

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE ARQUITETURA**  
**PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA**  
**PROPAR**



Victor Mateus Schulz

**CONTRIBUIÇÕES DA TECNOLOGIA BIM PARA O ENSINO-  
APRENDIZAGEM DE PROJETO ARQUITETÔNICO COM ÊNFASE EM  
ASPECTOS TÉCNICO-CONSTRUTIVOS**

**Porto Alegre**  
**2021**

Victor Mateus Schulz

**CONTRIBUIÇÕES DA TECNOLOGIA BIM PARA O ENSINO-  
APRENDIZAGEM DE PROJETO ARQUITETÔNICO COM ÊNFASE EM  
ASPECTOS TÉCNICO-CONSTRUTIVOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do título de Mestre em Arquitetura, na Área de Concentração: Projeto de Arquitetura e Urbanismo.

**Orientadora: Profa. Dra. Angelica Paiva Ponzio**

**Porto Alegre  
2021**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS EDUCACIONAIS OU DE PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-mail: [victorschulz.arq@gmail.com](mailto:victorschulz.arq@gmail.com)

## FICHA CATALOGRÁFICA

### CIP - Catalogação na Publicação

Schulz, Victor Mateus  
Contribuições da Tecnologia BIM para o  
Ensino-aprendizagem de Projeto Arquitetônico com  
Ênfase em Aspectos Técnico-construtivos / Victor  
Mateus Schulz. -- 2021.  
251 f.  
Orientadora: Angelica Paiva Ponzio.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa  
de Pós-Graduação em Arquitetura, Porto Alegre, BR-RS,  
2021.

1. Building Information Modeling. 2. BIM. 3.  
Ensino. 4. Arquitetura. 5. Woodframe. I. Ponzio,  
Angelica Paiva, orient. II. Título.

Victor Mateus Schulz

**CONTRIBUIÇÕES DA TECNOLOGIA BIM PARA O ENSINO-  
APRENDIZAGEM DE PROJETO ARQUITETÔNICO COM ÊNFASE EM  
ASPECTOS TÉCNICO-CONSTRUTIVOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do título de Mestre em Arquitetura, na Área de Concentração: Projeto de Arquitetura e Urbanismo.

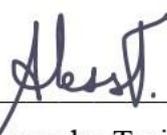
Porto Alegre, 17 de Março de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Profa. Dra. Neliza Maria e Silva Romcy – (UFC)



---

Profa. Dra. Alessandra Teribele – (UNISINOS)



---

Profa. Dra. Monika Maria Stumpp – (UFRGS)



---

Prof. Dr. Airton Cattani – (UFRGS)



---

Profa. Dra. Angelica Paiva Ponzio – Presidente da banca – (UFRGS)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me proteger e me cobrir com saúde, sabedoria, força e coragem durante esta caminhada, me permitindo percorrê-la com êxito.

Dedico este trabalho a todos aqueles que diretamente ou indiretamente estiveram comigo durante esta jornada.

Aos meus pais Lauro Alberto Schulz e Clair Leonida Dumke Schulz, que sempre foram meu maior exemplo de força, foco e superação. Deles eu recebi todas as formas de apoio e amor que se possa imaginar.

Aos meus irmãos Veligson Luis Schulz e Veridiana Vanessa Schulz, os primeiros amigos que a vida me deu. Tem sido uma honra crescermos juntos, em todos os sentidos.

Aos meus queridos amigos Guilherme e Daniel Pedo Flores, Mayara Barros e Andreza Lobatto. As minhas primas Rubia e Isa Schulz, e as minhas tias de coração Alda e Isabel Cristina. Não poderia deixar de mencionar e eternizar um nome, Otto. Vocês me acolheram em Porto Alegre, foram minha referência familiar nesta nova cidade e fizeram eu me sentir verdadeiramente em casa. A Willian Siqueira, que também me acompanhou em grande parte dessa trajetória. Vocês amenizaram os dias difíceis e se tornaram parte das minhas melhores lembranças.

Às minhas amigas Nathalia Lunardi Camacho, Letícia Mariane Signori e Luiza Trevisol Bridi. Apesar do tempo e da distância, vocês continuaram fiéis ao real significado da palavra amizade.

À minha orientadora Profa. Angelica Paiva Ponzio, que acolheu minha pesquisa e soube conduzi-la com excelência, confiando a mim um espaço que me permitiu crescer. E também a todas as vezes que de forma humana acolheu meus medos, incertezas e dias difíceis.

Ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura (PROPAR) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), incluindo a todos os professores, funcionários e equipe técnica, que proporcionaram um ambiente que contribuiu com meu crescimento e aperfeiçoamento como profissional, mestre e ser humano.

Ao Comitê de Ética em Pesquisa da Pró-Reitoria de Pesquisa da UFRGS que me forneceu subsídios para guiar meu trabalho com ética e integridade.

A todos os acadêmicos de Projeto Arquitetônico II turmas A e C do curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS entre 2018/2 e 2019/2, que confiaram em meu trabalho e contribuíram com a pesquisa. Lembro ainda do professor William Mog que se juntou à disciplina em 2019/2. Destaco também os monitores Pamela Calliari Milesi e Juliano Christofoli. Um agradecimento especial à acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade por ter auxiliado no desenvolvimento do modelo referência em *woodframe* e do *template* em ArchiCAD.

Ao engenheiro Alberto Fridman por contribuir com a revisão do modelo referência em *woodframe* garantindo a integridade da pesquisa.

À instrutora de ArchiCAD Raquel Smidt que por vezes se disponibilizou a orientar os acadêmicos de Projeto Arquitetônico II e amenizar as dificuldades encontradas no percurso.

Às pessoas queridas e novas amigas que fiz durante o mestrado nas aulas do PROPAR, que me proporcionaram muito mais que uma troca de conhecimento. Em especial a Cindy Lasso Stupinam, Juliana Lopes e Leonardo Prazeres Veloso de Souza.

A todos os membros das bancas de qualificação e defesa que contribuíram imensamente com o trabalho; Airton Cattani, Alessandra Teribele, Neliza Maria e Silva Romcy e Monika Maria Stumpp.

Ao curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), incluindo a todos os professores, funcionários e equipe técnica, onde me tornei Arquiteto e Urbanista, obtive motivação para pesquisar sobre o *Building Information Modeling*, e onde fui acolhido durante a pesquisa sempre que precisei de suporte.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida para realização da pesquisa.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Pesquisas de pós-graduação brasileiras BIM no ensino de AEC até 2018 .....	24
Figura 02: Pesquisas de pós-graduação brasileiras BIM no ensino de AEC até 2020 ....	25
Figura 03: Estrutura <i>Design Science Research</i> .....	38
Figura 04: Estrutura <i>Design Science Research</i> adaptada para a pesquisa .....	39
Figura 05: <i>Whirlwind I</i> , década de 1950 .....	49
Figura 06: <i>Sketchpad</i> , década de 1960 .....	49
Figura 07: IBM Model 5150 .....	52
Figura 08: Apple Macintosh .....	52
Figura 09: Escultura do Peixe, Barcelona .....	53
Figura 10: <i>Guggenheim Museum</i> , Bilbao .....	53
Figura 11: Síntese visual do conceito BIM por Azhar et al. (2012) .....	57
Figura 12: Comparação processo tradicional de projeto e o processo BIM .....	57
Figura 13: Estágios de adoção do BIM segundo Succar (2009) .....	61
Figura 14: Níveis de competência em BIM apresentados por Barison e Santos .....	66
Figura 15: Planta-baixa humanizada acadêmico Pedro Cohen Pereira .....	86
Figura 16: Render projeto acadêmico Pedro Cohen Pereira .....	86
Figura 17: Planta-baixa projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade .....	86
Figura 18: A espiral de projeto .....	89
Figura 19: Estratégia <i>Design Thinking</i> – 2014 .....	93
Figura 20: Métodos analógicos <i>design thinking</i> tema “Conceitual-ambiental” .....	93
Figura 21: Implantação digital desenvolvida no tema “Programático-formal” .....	94
Figura 22: Diagrama estrutural e maquete física tema “Material-construtivo” .....	94
Figura 23: Estratégia <i>Parametric Design Thinking</i> – 2017 .....	96
Figura 24: Imagens retiradas do polígrafo sobre <i>woodframe</i> .....	98
Figura 25: Modelo de referência utilizado preliminarmente em PA-II .....	99
Figura 26: Estratégia BIM – 2019 .....	102
Figura 27: Modelagem do terreno no ArchiCAD em LOD 100 .....	102
Figura 28: Partido arquitetônico desenvolvido no ArchiCAD em LOD 200 .....	103
Figura 29: Primeiro modelo desenvolvido e aplicado no exercício dirigido .....	107
Figura 30: Sequência da construção virtual do primeiro modelo .....	107
Figura 31: Janela de definições dos vegetais do <i>template</i> em ArchiCAD .....	109

Figura 32: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade .....	114
Figura 33: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade .....	114
Figura 34: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade .....	115
Figura 35: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade .....	115
Figura 36: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade .....	116
Figura 37: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade .....	116
Figura 38: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade .....	117
Figura 39: Percentual alunos preparados iniciar projeto em <i>software</i> BIM .....	121
Figura 40: Finalidades pretendidas na utilização do <i>software</i> BIM início semestre.....	121
Figura 41: Utilização <i>software</i> BIM em 2019/1 .....	122
Figura 42: Utilização <i>software</i> BIM em 2019/2 .....	122
Figura 43: Domínio operação <i>software</i> BIM 2019/1 .....	123
Figura 44: Domínio operação <i>software</i> BIM 2019/2 .....	123
Figura 45: Busca por conteúdo extraclasse 2019/1 .....	123
Figura 46: Busca por conteúdo extraclasse 2019/2 .....	123
Figura 47: Associação BIM e edifício real 2019/1 .....	124
Figura 48: Associação BIM e edifício real 2019/2 .....	124
Figura 49: Importância monitor em sala de aula 2019/1.....	124
Figura 50: Importância monitor em sala de aula 2019/2.....	124
Figura 51: BIM e a compreensão do <i>woodframe</i> 2019/1.....	127
Figura 52: BIM e a compreensão do <i>woodframe</i> 2019/2.....	127
Figura 53: Contribuições do exercício para conhecimentos sobre BIM 2019/1 .....	128
Figura 54: Contribuições do exercício para conhecimentos sobre BIM 2019/2 .....	128
Figura 55: Contribuições do exercício para compreensão do <i>woodframe</i> 2019/1 .....	128
Figura 56: Contribuições do exercício para compreensão do <i>woodframe</i> 2019/2 .....	128
Figura 57: Pretensão de seguir utilizando BIM na faculdade 2019/1 .....	129
Figura 58: Pretensão de seguir utilizando BIM na faculdade 2019/2 .....	129
Figura 59: Comparação detalhamento LOD 350 antes e depois da edição .....	132
Figura 60: Projeto acadêmico na versão BIMx .....	134
Figura 61: Prancha projeto acadêmica Luiza Carlotto Dala Rosa – 2019/1 .....	134
Figura 62: Prancha projeto acadêmica Luiza Carlotto Dala Rosa – 2019/1 .....	135
Figura 63: Prancha projeto acadêmica Luiza Carlotto Dala Rosa – 2019/1 .....	135
Figura 64: Prancha projeto acadêmica Luiza Carlotto Dala Rosa – 2019/1 .....	136
Figura 65: Prancha projeto acadêmica Luiza Carlotto Dala Rosa – 2019/1 .....	136

Figura 66: Prancha projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2 .....	137
Figura 67: Prancha projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2 .....	137
Figura 68: Prancha projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2 .....	138
Figura 69: Prancha projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2 .....	138
Figura 70: Prancha projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2 .....	139

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 01: Classificação das pesquisas relacionadas a BIM no ensino .....	26
Quadro 02: Panorama nacional trabalhos envolvendo BIM no ensino I ENEBIM .....	29
Quadro 03: Panorama nacional trabalhos envolvendo BIM no ensino II ENEBIM .....	30
Quadro 04: Meios utilizados para comunicação dos resultados da pesquisa .....	148

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AE	Arquitetura e Engenharia
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AIA	<i>American Institute of Architecture</i>
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BIM	<i>Building Information Modeling</i> , em português Modelagem da Informação da Construção, ver outras definições no item 2.3.1 desta dissertação
BIM	<i>Building Information Model</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> , em português Projeto Auxiliado por Computador
CAGD	<i>Computer-Aided Geometric Design</i>
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CIS/2	<i>CIMsteel Integration Standard Version 2</i>
CN	Controle Numérico
DAC	<i>Design Augmented by Computers</i> , em português Projeto Aumentado por Computadores
DXF	<i>Drawing eXchange Format</i>
EB	Estratégia BIM – estratégia (processo projetual) empregada na disciplina PA-II da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
EDT	Estratégia <i>Design Thinking</i> – estratégia (processo projetual) empregada na disciplina PA-II da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
EMM	Estratégia Matriz Morfológica – estratégia (processo projetual) estudada no escopo da disciplina PA-II da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
ENEBIM	Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM
EPDT	Estratégia <i>Parametric Design Thinking</i> – estratégia (processo projetual) empregada na disciplina PA-II da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
FARQ	Faculdade de Arquitetura
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
IAI	<i>International Alliance for Interoperability</i>

IBM	<i>International Business Machines</i>
IFC	<i>International Framework for Dictionaries</i>
IGES	<i>Initial Graphic Exchange Specification</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MLC	Madeira Laminada Colada
NBIMS	<i>National BIM Standards Committee</i>
NURBS	<i>Non-Uniform Rational B-Splines</i>
PA-I	Projeto Arquitetônico I – disciplina ministrada no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
PA-II	Projeto Arquitetônico II – disciplina ministrada no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
PA-II C	Projeto Arquitetônico II turma C – disciplina ministrada no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
PA-II AC	Projeto Arquitetônico II turmas A e C – disciplina ministrada no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
PC	<i>Personal Computer</i>
PDT	<i>Parametric Design Thinking</i>
PTC	<i>Parametric Technology Corporation</i>
RA	Realidade Aumentada
RFI	<i>Request for Information</i>
RG-I	Representação Gráfica I – disciplina ministrada no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
RG-II	Representação Gráfica II – disciplina ministrada no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS
RG-III	Representação Gráfica III – disciplina ministrada no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS

RV	Realidade Virtual
SAGE	<i>Semi-Automatic Ground Environment</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNOCHAPECÓ	Universidade Comunitária da Região de Chapecó

## SUMÁRIO

<b>1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA GERAL .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1 Motivação para o Estudo .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2 Apresentação do Tema e Relevância .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3 Justificativa / Estado da Arte .....</b>	<b>23</b>
<b>1.4 Problema .....</b>	<b>32</b>
<b>1.5 Objetivos .....</b>	<b>33</b>
1.5.1 Objetivo Geral .....	33
1.5.2 Objetivos Específicos .....	33
<b>1.6 Delimitação do Tema .....</b>	<b>34</b>
<b>1.7 Abordagem Metodológica .....</b>	<b>35</b>
1.7.1 Procedimentos Metodológicos .....	40
<b>1.8 Estrutura da Dissertação .....</b>	<b>42</b>
<b>2. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA .....</b>	<b>44</b>
<b>2.1 Antecedentes históricos: da obra a representação digital 16.000 a.C. a 1959 ....</b>	<b>44</b>
<b>2.2 <i>Computer-Aided Design</i> (CAD) e a representação gráfica digital - 1959 .....</b>	<b>48</b>
<b>2.3 <i>Building Information Modeling</i> (BIM) e a construção virtual - 1975 .....</b>	<b>54</b>
2.3.1 Significados e Definições .....	56
2.3.2 Modelagem Paramétrica baseada em objetos inteligentes .....	58
2.3.3 Interoperabilidade .....	59
2.3.4 <i>Integrated Project Delivery</i> (IPD) .....	60
2.3.5 Estratégias para adoção .....	60
<b>2.4 O processo geral de projeto .....</b>	<b>66</b>
<b>2.5 Contribuições do BIM para o processo geral de projeto .....</b>	<b>75</b>
<b>2.6 Considerações sobre o capítulo .....</b>	<b>82</b>
<b>3. ENTENDIMENTO DO CONTEXTO LOCAL .....</b>	<b>84</b>
<b>3.1 Projeto Arquitetônico II AC – Caracterização e Justificativa .....</b>	<b>85</b>
<b>3.2 Projeto Arquitetônico II AC – Modelos e Estratégias Didáticas .....</b>	<b>88</b>
3.2.1 Estratégia <i>Design Thinking</i> (EDT) – 2014 .....	89
3.2.2 Estratégia <i>Parametric Design Thinking</i> (EPDT) – 2017/2 .....	95
3.2.3 Projeto Arquitetônico II C – Potenciais de Desenvolvimento Estratégia BIM .....	97
<b>3.3 Considerações sobre o capítulo .....</b>	<b>99</b>
<b>4 PROPOSIÇÃO, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO ARTEFATOS .....</b>	<b>101</b>

<b>4.1 Tema Conceitual-ambiental .....</b>	<b>102</b>
<b>4.2 Tema Programático-formal.....</b>	<b>103</b>
<b>4.3 Tema Técnico-construtivo .....</b>	<b>104</b>
4.3.1 Exercício Dirigido .....	104
4.3.2 Modelo Referência em <i>woodframe</i> .....	105
4.3.3 <i>Template</i> em ArchiCAD .....	107
4.3.4 Polígrafo .....	110
4.3.5 Etapas do exercício dirigido .....	110
<b>4.4 Tema Material-construtivo .....</b>	<b>113</b>
<b>4.5 Considerações sobre o capítulo .....</b>	<b>117</b>
<b>5. AVALIAÇÃO RESULTADOS E EXPLICITAÇÃO APRENDIZAGENS .....</b>	<b>119</b>
<b>5.1 Questionários .....</b>	<b>119</b>
5.1.1 Questionário Inicial .....	119
5.1.2 Questionário Final .....	122
<b>5.2 Observação Direta e Análise Produtos Finais .....</b>	<b>131</b>
<b>5.3 Explicitação das Aprendizagens .....</b>	<b>139</b>
5.3.1 Potencialidades dos artefatos propostos .....	139
5.3.2 Limitações dos artefatos propostos .....	140
5.3.3 Potencialidades utilização BIM no ensino de projeto/técnicas construtivas .....	141
5.3.4 Limitações utilização BIM no ensino de projeto/técnicas construtivas .....	143
<b>5.4 Considerações sobre o capítulo .....</b>	<b>144</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>145</b>
<b>6.1 Discussões finais .....</b>	<b>145</b>
<b>6.2 Possibilidades de desdobramentos futuros .....</b>	<b>147</b>
<b>6.3 Comunicação dos resultados da pesquisa .....</b>	<b>148</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>150</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>159</b>
APÊNDICE A – Questionário Inicial PA-II .....	159
APÊNDICE B – Questionário Final PA-II .....	160
APÊNDICE C – TCLE acadêmicos PA-II .....	162
APÊNDICE D – Pranchas PDF Modelo referência em <i>woodframe</i> PA-II .....	166
APÊNDICE E – Polígrafo PA-II .....	174
<b>ANEXOS .....</b>	<b>246</b>
ANEXO A – Cronograma PA-II C 2018/2 .....	246

ANEXO B – Cronograma PA-II AC 2019/2 .....	247
ANEXO C – Grade Curricular do Curso de Arquitetura e Urbanismo UFRGS .....	248

## RESUMO

*Softwares BIM (Building Information Modeling)* englobam processos digitais que resultam na construção virtual de modelos que simulam características de edifícios reais. Isto porque, além de uma geometria composta por objetos paramétricos, os elementos podem ser alimentados por informações sobre as propriedades físicas dos materiais de construção e, inclusive sobre seus fornecedores e/ou fabricantes. Assim, um modelo tridimensional pode resultar em produtos como representações bidimensionais, realização de simulações, extração de quantitativos, detecção de conflitos, etc., tudo englobado em uma mesma plataforma, reduzindo erros de incompatibilização entre diferentes sistemas, otimizando custos, prazos, recursos, e incentivando práticas colaborativas e multidisciplinares. No que se refere ao âmbito do ensino, mais especificamente nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo, alguns autores abordam que processos BIM reduzem a abstração da atividade projetual, auxiliando, dessa maneira, na compreensão dos aspectos tectônicos do processo ao induzir o estudante a pensar no processo construtivo do edifício, e não somente em sua representação. Corroborando com isto, menciona-se também que plataformas BIM podem ser utilizadas como um instrumento pedagógico para o ensino-aprendizagem de conteúdos específicos, dentre os quais técnicas construtivas. Partindo desta hipótese, esta pesquisa possui como objetivo central investigar e propor estratégias que viabilizem a utilização de uma plataforma BIM como instrumento pedagógico de maneira a incrementar o processo de ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com ênfase em aspectos técnico-construtivos. Isto ocorreu no âmbito de uma nova fase do processo projetual destinada exclusivamente a compreensão de uma técnica construtiva específica (*woodframe*), somando dessa maneira, um maior aprofundamento relativo aos saberes técnicos-construtivos à aqueles já consolidados – conceitual, ambiental, programático, formal e material. Apesar desta pesquisa ter sido realizada visando os potenciais da tecnologia BIM no que se refere à tectônica arquitetônica no escopo de uma disciplina de projeto, espera-se que suas contribuições se estendam para as disciplinas de técnicas construtivas. Assim sendo, este trabalho vincula a aplicação de atividades práticas à construção do conhecimento teórico acerca do tema, em um contexto real.

Palavras-chave: BIM. Ensino-aprendizagem. Projeto Arquitetônico. Técnicas construtivas. *Woodframe*.

## ABSTRACT

Softwares BIM (*Building Information Modeling*) encompass digital processes that result in the virtual construction of models that simulate characteristics of real buildings. This is because, in addition to a geometry composed by parametric objects, the elements can be fed by information regarding the physical properties of the construction materials and, eventually, about suppliers and/or manufacturers. Thus, a three-dimensional model can result in products such as two-dimensional representations, simulations, quantitative extraction, and clash detection, all encompassed on the same platform, reducing incompatibility errors between different systems, therefore optimizing costs, time, resources and encouraging collaborative and multidisciplinary practices. In the academic field, more specifically in architecture undergraduate courses, according to certain authors, BIM processes are capable to reduce the abstraction of the design activity, thus helping to understand the tectonic aspects of the process by inducing the students to think about the building's construction process, and not only its representation. Moreover, BIM platforms can be used as a pedagogical tool for teaching and learning specific contents, including constructive techniques. Based on this hypothesis, this research has the main objective of investigating and proposing strategies that enable the use of a BIM platform as a pedagogical tool in order to increase the process of teaching-learning architectural design with an emphasis on technical-constructive aspects. This occurred through a new phase in the design process aimed exclusively at the understanding of a specific constructive technique (woodframe) employed in the design studio, therefore adding a deeper understanding of the technical-constructive aspects to those already consolidated, that are, conceptual, environmental, programmatic, formal and material. Although this research was carried out aiming at the potentials of BIM technologies regarding architectural tectonics within the scope of a design discipline, it is expected that its contributions will be able to reach the construction techniques courses within the architectural curriculum. Therefore, this work links the application of practical activities to the construction of theoretical knowledge about the theme, in a real context.

Keywords: BIM. Teaching-learning. Architectural Design. Constructive techniques. Woodframe.

# 1. Identificação do Problema Geral

## 1.1 Motivação para o Estudo

Esta pesquisa surgiu de um anseio pessoal enquanto graduando do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNOCHAPECÓ entre o período de 2010 e 2015. Nesta instituição uma plataforma BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção, segundo a ABNT 2010)<sup>1</sup> era ensinada em uma disciplina de instrumentalização digital isolada no 5º período do curso como parte integrante da antiga matriz curricular, através do *software* ArchiCAD, o qual posteriormente era utilizado no desenvolvimento dos projetos arquitetônicos. O curso estava em um período inicial de transição de ferramentas CAD (*Computer-Aided Design* ou Projeto Auxiliado por Computador) para BIM, e visando maior eficácia na adoção deste, o ensino de *softwares* 2D havia sido abolido. A disciplina que levava o nome do programa, ArchiCAD, era a única cadeira de instrumentalização digital disponibilizada, bem como este o único *software*. O foco da disciplina de instrumentalização digital era o ensino de comandos de operação da ferramenta para construção do modelo e geração da documentação arquitetônica. Consequentemente, nas disciplinas de projeto, assim como em outras, os potenciais desta tecnologia eram na época pouco explorados por docentes e acadêmicos.

Portanto, a motivação para este estudo foi direcionada à explorar estratégias alternativas para utilização da tecnologia BIM no âmbito do ensino de arquitetura, visando ampliar o aproveitamento de seus reais benefícios para a prática do ensino-aprendizagem bem como para o processo projetual, evitando se restringirem a capacitação no uso do *software* e sua utilização somente para fins de representação e modelagem.

## 1.2 Apresentação do Tema e Relevância

A década de 1960 foi marcada no campo da arquitetura pelo surgimento e desenvolvimento dos sistemas CAD no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Historicamente esta foi a primeira ferramenta digital a ser incorporada à prática arquitetônica, fazendo com que os desenhos que até aquele momento eram desenvolvidos analogicamente, passassem a serem digitalizados.

---

<sup>1</sup> Outras definições serão apresentadas no item 2.3.1 Significados e Definições

Já durante os anos 1970, investigações por parte do setor privado e das universidades visaram a exploração de potenciais que extrapolassem a capacidade de representação dos *softwares* CAD. De acordo com Charles Eastman et al. (2011) tais pesquisas vislumbravam a modelagem tridimensional da forma associada a extração de desenhos bidimensionais e informações do projeto, além da compatibilização com outros sistemas que compõem um edifício. Assim, em 1975 surge pela primeira vez no Instituto de Tecnologia da Geórgia por meio de pesquisas do professor Charles Eastman o conceito BIM. Em 1984, é desenvolvido o primeiro *software* BIM, que posteriormente se tornou o ArchiCAD da atual Graphisoft.

No que se refere ao campo do ensino de arquitetura no Brasil, a transição da representação gráfica analógica para a digital através de ferramentas CAD ocorreu somente após os anos 1990, quando em 1994 a portaria 1770/94 do Ministério da Educação e Cultura (MEC)<sup>2</sup>, fixou novas diretrizes e conteúdos mínimos tornando a informática aplicada a Arquitetura e Urbanismo uma disciplina obrigatória. Vivian Delatorre (2014) aborda que este acontecimento não resultou em mudanças significativas no que se refere a metodologias de ensino. Houve apenas a substituição da ferramenta utilizada para representação gráfica do projeto, garantindo maior agilidade e padronização dos documentos arquitetônicos. Este fato acarretou, no entanto, a formação de um novo ambiente físico nas faculdades de arquitetura – o laboratório de informática, que passou a dividir espaço com os tradicionais ateliers compostos pelas pranchetas de desenho.

Diferente do ocorrido anteriormente durante a adoção dos sistemas CAD, os quais continuaram focando na representação gráfica, a implementação da tecnologia BIM nas faculdades de arquitetura vem configurando-se como um paradigma enfrentado com maiores desafios. Maria Bernadete Barison e Eduardo Toledo Santos (2011) destacam que não refere-se apenas a substituição de uma ferramenta, pois uma vez que a tecnologia foca na construção virtual, além da capacitação dos docentes e investimentos em infraestrutura, ela exige também a revisão de matrizes curriculares, conteúdos, processos e metodologias de ensino.

---

<sup>2</sup> [http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/ar\\_geral.pdf](http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/ar_geral.pdf)

Erica Checucci (2019) destaca que na primeira década dos anos 2000 pesquisas pontuais se iniciaram no campo do ensino de arquitetura visando compreender e explorar as potencialidades da tecnologia BIM e sua aplicação no processo projetual. Inicialmente os trabalhos exploravam aspectos como modelo, representações e informações do projeto englobados em uma mesma plataforma, realização de simulações, compatibilização de diferentes sistemas que compõem o edifício favorecendo a aprendizagem multidisciplinar e práticas colaborativas, detecção de conflitos, etc. Justificava-se seu uso embasado em aspectos como maior agilidade, redução de erros de projeto e economia de recursos, além de poder ser utilizado durante todo o ciclo de vida do edifício – do projeto a execução da obra e sua posterior manutenção.

A partir da segunda década dos anos 2000 Checucci (2019) relata que as pesquisas passaram a direcionar seus esforços para viabilizar a implementação da tecnologia BIM na matriz curricular dos cursos de graduação. Experiências práticas de instituições de ensino superior começaram a ser compartilhadas relatando as mais diversas estratégias – planejamento de disciplinas e conteúdos BIM, inserção de modo isolado na grade curricular, bem como o desenvolvimento de novas grades curriculares, entre outros.

Recentemente, Sanderson Medeiros (2015), Neliza Maria e Silva Romcy (2017) e Bianca Leal (2018) vêm abordando usos alternativos da tecnologia BIM no âmbito do ensino da arquitetura, engenharia e construção (AEC), redirecionando as discussões para além daquelas inicialmente realizadas. Segundo estes autores, visando que um processo BIM envolve a construção virtual de modelos que simulam características de edifícios reais, os mesmos podem ser utilizados para induzir a compreensão de conteúdos específicos. Os autores destacam que um processo BIM se alinha ao pensamento construtivo; ao induzir o acadêmico a pensar na esfera da construção, e não somente da representação, este amplia o domínio do projetista sobre o artefato projetado, possibilitando, dessa maneira, a exploração de aspectos do processo projetual que ultrapassam aqueles já consolidados – conceitual, ambiental, programático e formal. Corroborando com isto, Helio Piñón (2008) aborda que modelos BIM se tornam mais próximos da tectônica arquitetônica, valorizando a lógica material e a construção física. Edson Mahfuz (2004), por sua vez, ressalta a importância do conhecimento construtivo no ensino de arquitetura. Segundo o autor:

“A importância da construção para a arquitetura é tanta que se poderia afirmar que não há concepção sem consciência construtiva. A construção é um instrumento fundamental para conceber, não apenas uma técnica para resolver problemas. É essa consciência que separa a verdadeira arquitetura da pura geometria e das tendências que preferem abstrair a realidade física dos artefatos que projetam. Muito relevante do ponto de vista do ensino e da prática da arquitetura é a identificação do problema central da criação arquitetônica na fricção entre estrutura física e estrutura visual, pois o desenvolvimento de um projeto consiste, em grande parte, no ajuste contínuo entre essas duas estruturas. Longe de constituir um entrave à criação arquitetônica, a construção introduz uma disciplina da qual a boa arquitetura tira proveito” (Mahfuz, 2004).

Assim, considerando a importância do conhecimento construtivo como parte integrante da prática e da formação arquitetônica, sugere-se nesta pesquisa o uso da tecnologia BIM como um possível meio para uma efetiva incorporação e exploração dos aspectos tectônicos no processo projetual, além de fornecer uma possibilidade de interação com as disciplinas específicas de técnicas construtivas. Visando verificar o que vem sendo investigado pelos trabalhos acadêmicos neste campo e, dessa maneira embasar teoricamente a justificativa desta pesquisa, realizou-se um levantamento do estado da arte dentro deste escopo.

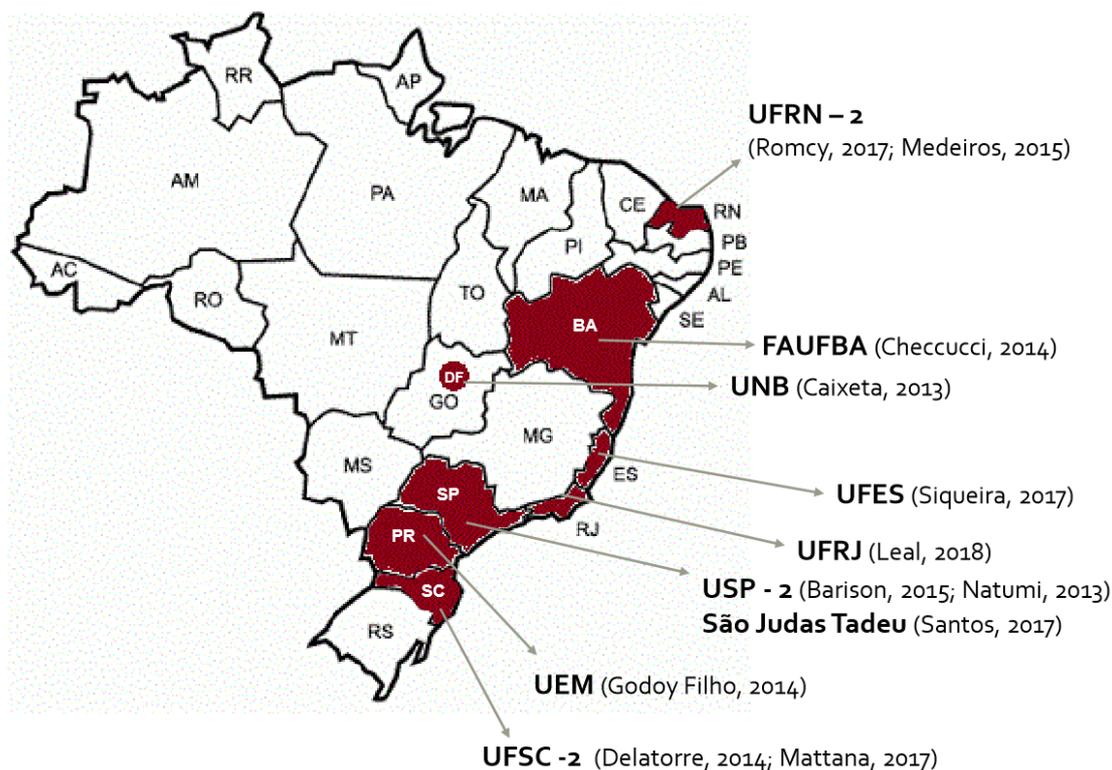
### **1.3 Justificativa / Estado da Arte**

O estado da arte desta pesquisa teve como ponto de partida dois trabalhos sobre o emprego de BIM no ensino de arquitetura/projeto no âmbito nacional, realizados pelas autoras de destaque na área - a Dra. Regina Coeli Ruschel (UNICAMP) e a Dra. Érica de Sousa Checcucci (UFBA).

Regina Ruschel juntamente de Fernanda Machado e Sergio Scheer (2017) realizaram uma análise da produção científica em BIM focada na realidade nacional no âmbito da indústria da arquitetura, engenharia, construção e operação (AECO). Dentre os resultados, cuja delimitação temporal englobou o período entre os anos de 2000 e 2015, os autores constataram que, embora o número de dissertações sobre a temática decaiu em nível de frequência, por outro lado houve um acréscimo na formação de novos doutores em BIM.

Checucci (2018), por sua vez, delimitou a abordagem de seu trabalho para uma análise sobre a produção brasileira de dissertações e teses defendidas entre o período de 2013 e 2018 sobre BIM no âmbito da AEC englobando a área de ensino. Na ocasião, a autora identificou uma produção de 8 dissertações de mestrado e 3 teses de doutorado, contextualizando as mesmas geograficamente, resultando na síntese espacial da figura 01.

Figura 01: Pesquisas de pós-graduação brasileiras sobre BIM no ensino de AEC até 2018



Fonte: Checucci (2018)

O trabalho desenvolvido por Checucci (2018) revelou que de todas as pesquisas realizadas sobre BIM entre o período de 2013 e 2018, 78,3% concentraram-se no eixo sul-sudeste, e que até aquele momento nenhuma pesquisa de pós-graduação havia sido produzida no Rio Grande do Sul, bem como em outros estados. Além disso, apenas 8,4% da totalidade de trabalhos estavam vinculados ao BIM no ensino.

O mapeamento realizado por Erica Checucci teve continuidade em 2020 através de uma ação virtual realizada pelo Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM (ENEBIM). Na ocasião, a autora apresentou um novo panorama no qual o estado do Rio Grande do Sul apareceu pela primeira vez na síntese espacial (Figura 02) através de trabalhos realizados nesta instituição – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e vinculados especificamente a esta pesquisa. Isto revela a carência e, portanto, a



leitura de todos os títulos dos trabalhos, prática a partir da qual pode-se identificar aqueles de interesse para esta pesquisa. Quando necessário, lia-se o resumo e as palavras-chaves. Ao fim identificaram-se 4 teses e 9 dissertações, classificadas a seguir quanto à temática.

Quadro 1: Classificação das pesquisas (teses e dissertações) relacionadas ao emprego do BIM no ensino da graduação entre 2013 e 2019

BIM NO ENSINO DE ARQUITETURA
CAIXETA, L. M. <b>Estudo Crítico sobre o uso de ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais BIM no ensino contemporâneo da arquitetura.</b> 25/07/2013 175 f. Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília.
DELATORRE, V. <b>Potencialidades e limites do BIM no ensino de arquitetura: uma proposta de implementação.</b> 17/03/2014 293 f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis
SANTOS, L. A. <b>Building information modeling no ensino de arquitetura e urbanismo: Percepção e disseminação do BIM nas Instituições de Ensino Superior do Estado de São Paulo.</b> 11/12/2017 138 f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade São Judas Tadeu, São Paulo
LEAL, B. M. F. <b>Propostas para o ensino dos conteúdos de arquitetura e urbanismo através de ferramentas digitais.</b> 21/03/2018 174 f. Mestrado em Arquitetura. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
BIM NO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL
CHECCUCCI, E. S. <b>Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em engenharia civil e o papel da expressão gráfica neste contexto.</b> 17/03/2014 235 f. Doutorado em Difusão do Conhecimento IFBA – SENAI/CIMATEC – LNCC – UNEB – UEFS. Universidade Federal da Bahia, Salvador.
SIQUEIRA, L. S. R. S. <b>Aplicação das metodologias building information modeling (BIM) e aprendizagem baseada em problemas (ABP) no curso de graduação em engenharia civil / UFES: diagnóstico e recomendações.</b> 23/11/2017 138 f. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória
BIM NO ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO
FILHO, A. A. G. <b>Contribuições para o ensino do projeto arquitetônico: por um novo paradigma.</b> 27/06/2014 234 f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Maringá, Maringá
MODELAGEM PARAMÉTRICA + BIM NO ENSINO DE ARQUITETURA
ROMCY, N. M. E. S. <b>Abordagem Paramétrica e Ensino de Projeto: Proposição de Diretrizes Metodológicas, considerando estratégias curriculares e o atelier de projeto.</b> 18/09/2017 317 f. Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
SOUZA, L. P. V. <b>Os caminhos do projeto na plataforma digital: uma investigação pedagógica do processo projetual no ambiente paramétrico.</b> 2018 176 f. Mestrado em Arquitetura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre
INTEROPERABILIDADE
MEDEIROS, S. C. S. <b>Integração de Projeto de Arquitetura e Estruturas no ensino através de BIM: uma abordagem dos cursos de arquitetura e urbanismo da UFRN e da UFPB.</b> 26/01/2015 95 f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal
OUTROS

NATUMI, Y. <b>O ensino de informática aplicada nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo no Brasil.</b> 28/08/2013 282 f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo
BARISON, M. B. <b>Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo: uma contribuição para a formação do projetista.</b> 03/02/2015 390 f. Doutorado em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo, São Paulo.
MATTANA, L. <b>Contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos.</b> 14/09/2017 279 f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

Fonte: Autoria própria (2019)

A partir da leitura das teses e dissertações mencionadas, destaca-se o trabalho realizado por Leal (2018). A autora aborda em sua dissertação como as tecnologias da informação e comunicação (TICs) podem ser utilizadas no processo de ensino-aprendizagem de disciplinas específicas. Faz-se referência ao uso de BIM, realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV) em cadeiras de projeto, construção, geometria descritiva, conforto ambiental e teoria e história. Destaca-se como cada tecnologia pode dar suporte às distintas áreas, revelando ainda sua subutilização no nível da graduação, onde normalmente as mesmas são empregadas apenas como ferramentas. Ressalta-se a relevância com que a autora cita a compreensão da geometria, das partes constituintes de um edifício e o domínio sobre as técnicas de construção ao abordar sobre BIM em cadeiras de projeto, construção e geometria descritiva. Apesar da contribuição teórica, não são abordadas ações práticas como desenvolvimento de metodologias e materiais didáticos para serem aplicados e avaliados, validando a hipótese.

Já a dissertação desenvolvida por Leonardo Prazeres Veloso de Souza (2018) destaca-se por utilizar como ambiente para proposição de atividades e coleta de dados o mesmo abordado nesta pesquisa – a disciplina Projeto Arquitetônico II turma C (PA-II C) do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, revelando por este motivo sua contribuição, assim como pela temática abordada – associação do *design* paramétrico com o BIM, pesquisa esta mais direcionada, no entanto, a etapa de concepção formal do processo projetual.

Romcy (2017), por sua vez, trata da integração do *design* paramétrico com o BIM, citando em uma passagem de sua tese que modelos paramétricos, e neste ponto deve-se ressaltar que a modelagem paramétrica é uma das bases que fundamenta a tecnologia BIM, podem ser utilizados para a explicação de conteúdos de uma disciplina por parte do professor em aulas expositivas, fazendo alusão de que o mesmo, além de ferramenta e

processo poderia ser utilizado como um instrumento pedagógico que induz a compreensão, concordando neste ponto com o trabalho de Leal (2018). Segundo Romcy (2017) o modelo paramétrico permite explicitar a lógica compositiva, realizar simulações, dar apoio a conhecimentos em geometria, matemática e processos construtivos, dando suporte para que os docentes façam uso disto para clarear questões complexas. Apesar dos indícios levantados pela autora, sua pesquisa focou na aplicação de atividades prático-teóricas envolvendo o *design* paramétrico.

Por fim, a dissertação desenvolvida por Medeiros (2015) aborda BIM como um potencializador para a integração e compreensão de projetos de arquitetura e estrutura em ateliers integrados. O autor ressalta a importância de ambos serem concebidos de forma paralela desde a etapa de concepção, e que um processo BIM de projeto se alinha com o pensamento construtivo, diminuindo o nível de abstração da atividade projetual e induzindo o acadêmico a pensar em como se constrói.

As demais pesquisas, dentre as teses e dissertações mencionadas no quadro 1, apesar de contribuírem com a construção de um panorama sobre BIM no âmbito do ensino da graduação, limitaram-se a tratar ou de disciplinas de instrumentalização digital que abordam BIM, ou seja, voltadas para um outro escopo, não aquele referente ao uso de BIM como um instrumento para o ensino, ou a questões mais abrangentes como matrizes curriculares.

Outro fator que contribuiu para o estado da arte e definição de um panorama quanto as experiências nacionais envolvendo BIM no ensino da graduação foram as participações e apresentações de trabalhos no I e II ENEBIM ocorridos nos anos de 2018 e 2019, sendo a primeira edição realizada em Campinas – SP e a segunda em Fortaleza – CE. Os encontros reuniram professores, pesquisadores, instrutores e consultores para compartilhar experiências didáticas, desenvolvimento de conteúdos e planejamento da incorporação do BIM em treinamentos, especializações e nos cursos de graduação de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, entre outros, contando com a participação de palestrantes de âmbito nacional e internacional.

Quanto ao conteúdo compartilhado em ambas as edições do ENEBIM, foram selecionados apenas aqueles referentes aos interesses desta pesquisa. Estes e todos os

demais trabalhos estão disponíveis *online* nos anais do evento<sup>4</sup>, e aqueles selecionados serão listados a seguir divididos por ano do evento e classificados em grupos. Estas classificações em grupos seguem os mesmos critérios propostos pelo evento.

Quadro 2: panorama nacional sobre trabalhos envolvendo BIM no ensino - I ENEBIM 2018.

<b>EXPERIÊNCIA DIDÁTICA REALIZADA</b>
<b>Ensino de BIM no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFG</b> Pedro Henrique Gonçalves, Lucas Costa
<b>Ensaio da aplicação BIM na matriz curricular do ensino superior</b> Poliana Figueira Cardoso, Rodrigo Scheeren, Marina Aparecida de Melo Andrade
<b>Blended Learning como suporte ao ensino de BIM na graduação: modelagem arquitetônica</b> Caio Magalhães Castriotto, Ana Regina Mizrahy Cupers Schmid
<b>Habilidades e competências BIM de alunos de Arquitetura e Urbanismo</b> Leticia Mattana, Lisiane Ilha Librelotto
<b>Experiência do ensino do BIM no IFRN – Campus Natal Central</b> Josyanne Pinto Giesta
<b>Aprendizados no ensino de BIM em uma universidade pública de interior</b> Leandro Tomaz Knopp
<b>Integração Digital aplicada ao ensino de projeto arquitetônico</b> Angelica Paiva Ponzio, Leonardo Prazeres Veloso de Souza, Victor Schulz, Aírton Cattani
<b>Experiência de ensino de BIM na disciplina desenho de arquitetura</b> Wilma Fernandes Pinheiro, Francisco Thiago Moreira Cavalcanti, Caroline Muñoz Cevada Jeronymo
<b>A difusão do paradigma BIM nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo no estado do Ceará</b> Ana Carolina dos Santos Barros
<b>Experiências do uso do BIM em disciplinas de projeto: a percepção para o Atelier III na UCPel</b> Mateus Treptow Coswig, Alexandre Pereira Maciel, Stifany Knop, Ricardo Brod Mendez
<b>Relatos da inserção de BIM em duas instituições de ensino parceiras</b> Sandra Albino Ribeiro, Josyanne Pinto Giesta
<b>PLANEJAMENTO DE EXECUÇÃO BIM EDUCACIONAL (DISCIPLINA OU CURSO)</b>
<b>Plano de execução BIM educacional para FEC-UNICAMP</b> Regina Coeli Ruschel, Ana Regina M. Cupers Schmid
<b>BIM e ensino de Arquitetura e Urbanismo e a visão de alunos de graduação sobre o tema</b> Luciano de Vasconcellos, Lourdes Maria Bragagnolo Frison
<b>BIM, autorregulação da aprendizagem e ensino de projeto arquitetônico</b> Luciano de Vasconcellos, Lourdes Maria Bragagnolo Frison
<b>Requisito para ensino do BIM do ponto vista dos empresários</b> Larsson Diogo Romagnoli, Francielle Coelho dos Santos, Maria Carolina Brandstetter, Cécile Guimarães Ulhôa
<b>Abrindo caminhos para o BIM nos cursos de Arquitetura e Urbanismo.</b> Gisele Pinna Braga
<b>Implantação de educação BIM: a experiência Firjan SENAI/RJ</b> Cristiane Ramos Magalhães

<sup>4</sup> I ENEBIM - <https://www.antaceventos.net.br/index.php/enebim/2018/schedConf/presentations>

II ENEBIM - <https://www.antaceventos.net.br/index.php/enebim2019/enebim/schedConf/presentations>

**Contribuições da tecnologia BIM para o ensino transdisciplinar de arquitetura**

Victor Mateus Schulz, Angelica Paiva Ponzio

Fonte: Autoria própria (2019)

Quadro 3: panorama nacional sobre trabalhos envolvendo BIM no ensino - II ENEBIM 2019.

<b>CONTEÚDO DIDÁTICO DESENVOLVIDO</b>
<p><b>Processo de projeto em BIM: da concepção algorítmica à modelagem da informação na construção</b> Leonardo Luna de Melo Jorge, Daniel Ribeiro Cardoso</p>
<p><b>Metodologia BIM para avaliação de projetos arquitetônicos no ensino acadêmico</b> Mariana Ribeiro Brito, Nicole Martins da Silveira, Gracy Costa Paz, Isi Monelline Figueiredo de Oliveira, Rogério Henrique Frazão Lima</p>
<p><b>Introdução ao BIM: uma experiência didática no curso de Arquitetura e Urbanismo</b> Max Lira Veras Xavier de Andrade, Cristiana Gris</p>
<b>EXPERIÊNCIA DIDÁTICA REALIZADA</b>
<p><b>Uma experiência com o uso de ferramenta BIM em disciplina de representação gráfica</b> Maria Bernardete Barison, Eduardo Toledo Santos</p>
<p><b>O planejamento do ensino de BIM na disciplina de Informática Aplicada à Arquitetura II do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRRJ</b> Ana Paula Ribeiro Araujo, Emília Martins Ribeiro, Maria Clara Moreira Escobar</p>
<p><b>Uso de referenciais arquitetônicos no ensino do BIM</b> Olavo Avalone Neto</p>
<p><b>Experiência de inserção de conteúdos BIM na disciplina de Construção Civil</b> Josyanne Pinto Giesta, Thalita Giesta Costa</p>
<p><b>Relatos da disseminação do BIM por meio de uma experiência didática de extensão</b> Josyanne Pinto Giesta, Tamms Maria da Conceição Morais Campos, Karine da Silva Morais, Thalita Giesta Costa</p>
<p><b>Contribuições da tecnologia BIM para o ensino de projeto arquitetônico</b> Victor Mateus Schulz, Angelica Paiva Ponzio</p>
<p><b>Ensino do BIM na arquitetura: uma didática pelo desenvolvimento de habilidades e competências</b> Denise Aurora Neves Flores, Sérgio Lima Saraiva Junior</p>
<p><b>Ensino do BIM no curso de Arquitetura e Urbanismo: integração de disciplinas e interesses discentes</b> Kelma Pinheiro Leite</p>
<p><b>Experiência de implementação e impactos da disciplina Modelagem da Informação da Construção (BIM) na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)</b> Josyanne Pinto Giesta, Maytê Tábata Nascimento Cunha</p>
<p><b>Experiência no uso de Modelos BIM no processo de ensino-aprendizagem de Projeto de Arquitetura no curso de Arquitetura e Urbanismo da UTFPR</b> Armando Luis Yoshio Ito, Sergio Scheer</p>
<p><b>A experiência da aplicação do BIM na disciplina Projeto Auxiliado por Computador da Unifor</b> Mayra Soares de Mesquita Mororó, Nathalie Guerra Castro Albuquerque</p>
<p><b>BIM como metodologia ativa interdisciplinar: uma experiência de Projeto Integrador</b> Jeferson Spiering Böes, Francisco Davi Pinto de Lima</p>
<p><b>O HBIM como caminho para o ensino-aprendizagem na Arquitetura</b> Sandra Albino Ribeiro, Yuri Simonini Souza</p>

<b>PLANEJAMENTO DE EXECUÇÃO BIM EDUCACIONAL DISCIPLINA OU CURSO</b>
<b>Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil: matrizes de formação estruturadas em inovação, tecnologia e integração</b> Bruno Leão de Brito, Luara Batalha, Carlos Alberto Andrade Bomfim
<b>Projeto integrado da construção civil: proposta de colaboração entre estudantes com uso do BIM</b> Bruno Leão de Brito, Luara Batalha, Carlos Alberto de Andrade Bomfim
<b>Project-led Education no ensino de BIM</b> Yuri Durval Trindade da Silva, Catarina Andrade Serafim Gomes, Lendisson da Conceição Silva, Reymard Savio Sampaio de Melo
<b>Projeto Pedagógico de Curso baseado em BIM: construindo um novo curso de Arquitetura e Urbanismo</b> Armando Luis Yoshio Ito, Sérgio Scheer, Gisele Pinna Braga, Fabiano Barreto Romanel
<b>Maturidade BIM das Instituições de Ensino Superior (IES) do Estado do Ceará</b> Jeferson Spiering Bões, Mariana Monteiro Xavier de Lima, José de Paula Barros Neto
<b>Disciplina de projeto colaborativo e processo projetual</b> Paula Katakura, Cássia Silveira de Assis
<b>O ensino de BIM no curso de Arquitetura e Urbanismo da UNOCHAPECÓ: um relato sobre as disciplinas de Desenho Arquitetônico I e II</b> Luana Peroza Piaia, Paola Avila
<b>A inserção do BIM no ensino do processo de projeto: estudos de caso das matrizes curriculares dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da Unochapecó</b> Luana Peroza Piaia, Paola Avila
<b>Proposta de plano de implantação BIM nas instituições de ensino superior</b> Jeferson Spiering Bões, Mariana Monteiro Xavier de Lima, José de Paula Barros Neto
<b>O elo entre mercado de trabalho e academia: a disciplina Modelagem da Informação e da Construção</b> Sabrina Rodrigues Gonçalves, Camily Vasconcelos Barbosa, Luciano Hamed Chaves Haidar Sousa
<b>PESQUISAS COM IMPACTO POTENCIAL NO ENSINO DE BIM</b>
<b>Análise da importância da inserção do BIM nas universidades</b> Francisca Ires Vieira de Melo, Thalia De cássia Dantas de Araújo, Sara Fernandes Rocha
<b>Experiência de colaboração simultânea em Building Information Modeling (BIM) entre duas instituições de ensino do RN</b> Josyanne Pinto Giesta, Suerda Campos da Costa, Carlos Eduardo de Lima, Márcia Beatriz Crusado
<b>A importância das ações para o desenvolvimento de BIM na Universidade Federal do Ceará</b> Sabrina Rodrigues Gonçalves, Camily Vasconcelos Barbosa, Luciano Hamed Chaves Haidar Sousa
<b>Introdução ao BIM - A nova realidade da AEC</b> Josivaldo Teixeira da Silva

Fonte: Autoria própria (2020)

Realizada a análise do conteúdo dos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos nacionalmente desde 2013, englobando teses, dissertações e os trabalhos apresentados no I e II ENEBIM, de acordo com Checucci (2019) os mesmos já fornecem algum subsídio para os cursos que estão em processo de pré-implantação da tecnologia, implementação, ou mesmo naqueles onde BIM já é um fato consolidado. Percebeu-se que o vem sendo discutido refere-se aos seguintes tópicos: 1. Identificação de potencialidades e limites da utilização de tecnologias e processos BIM no ensino de arquitetura e engenharia (AE); 2. Propostas de inserção no currículo envolvendo métodos e diretrizes; 3. Discussões sobre

mudanças culturais, capacitação de docentes, investimentos em infraestrutura, tecnologias e revisão dos currículos existentes; 4. Utilização do *design* paramétrico em conjunto com plataformas BIM; 5. O uso de BIM para extração de quantitativos e orçamentação; 6. Como trabalhar a interoperabilidade no ensino; 7. BIM como uma oportunidade de integrar o ensino de arquitetura; 8. Avaliação de disciplinas na qual BIM já é uma realidade consolidada; e por fim; 9. BIM como um potencializador da aprendizagem de projeto, como um instrumento para o ensino de conteúdos específicos e como um integrador entre arquitetura e projetos complementares.

Embora trabalhos a exemplo de Leal (2018), Romcy (2017) e Medeiros (2015) abordem a utilização de BIM como um meio para exercitar os aspectos tectônicos do processo projetual, ou ainda, como um instrumento pedagógico, estes ou estão mais direcionados ao *design* paramétrico, ou abordam esta exploração teoricamente. Portanto, não identificaram-se estratégias para a validação de tais hipóteses no âmbito do ensino de arquitetura. Sentiu-se falta de pesquisas com caráter experimental, normalmente aquelas que adotam metodologias baseadas em pesquisa construtiva (Kasanen, 1993) ou pesquisa-ação (Nunan, 1992), envolvendo a proposição, aplicação e avaliação de atividades práticas vinculadas a problemas reais, contribuindo ainda com a construção teórica acerca das potencialidades do BIM para o ensino-aprendizagem, revelando assim lacunas com potencial para exploração. Portanto, é a partir desta questão que parte-se para o problema da pesquisa.

#### **1.4 Problema**

Diversos autores defendem que o conhecimento técnico-construtivo deve ser considerado parte fundamental da formação acadêmica, pois fornece subsídios para o desenvolvimento de projetos cujas decisões formais, além de apoiadas em aspectos conceituais, ambientais, programáticos, sociais, culturais e econômicos, considerem sua materialidade e viabilizem sua construção. Neste contexto, processos BIM ao resultarem na construção de modelos virtuais que simulam características de edifícios reais, contribuem com os aspectos tectônicos do processo projetual, aumentando o domínio do projetista sobre o artefato projetado.

Autores como Leal (2018), Romcy (2017) e Medeiros (2015) abordam em passagens de seus trabalhos a utilização de plataformas BIM como possíveis instrumentos

para o ensino-aprendizagem de conteúdos específicos dentro da grande área da AE, dentre os quais mencionam técnicas construtivas. No entanto, como mencionado no estado da arte, não identificou-se até o momento, trabalhos que relatem experiências práticas sobre o ensino de disciplinas específicas utilizando BIM como um instrumento pedagógico, validando tal hipótese. Assim, optou-se pelo seguinte problema de pesquisa: como o emprego de uma plataforma BIM pode contribuir para o ensino-aprendizagem de uma técnica construtiva no contexto do processo projetual? Como seria possível viabilizar esta contribuição?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo Geral**

Investigar e propor estratégias que viabilizem a utilização de uma plataforma BIM como instrumento pedagógico de maneira a incrementar o processo de ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico com ênfase em aspectos técnico-construtivos.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- a) Revisar e desenvolver artefatos/materiais didáticos visando viabilizar o uso de uma plataforma BIM focada no ensino de uma técnica construtiva específica.
- b) Avaliar o uso de uma plataforma BIM como um instrumento para o ensino de uma técnica construtiva no escopo de uma disciplina de projeto arquitetônico.
- c) Analisar as alterações que um processo BIM pode acarretar no contexto do processo geral de projeto arquitetônico em disciplinas de atelier.
- d) Aproximar os acadêmicos ao canteiro de obras, as técnicas construtivas e aos materiais de construção por meio da construção virtual.
- e) Colaborar para a construção de diretrizes que propiciem o desenvolvimento de uma metodologia de ensino e aprendizado de projeto em plataforma BIM, assim como incentivar o conhecimento interdisciplinar.

## 1.6 Delimitação do Tema

Delatorre (2014) argumenta que o momento ideal para a inserção do BIM na matriz curricular é no início da graduação, pois neste período os alunos apresentam menor resistência ao aprendizado e utilização de novas tecnologias. Considerando o objetivo desta pesquisa, a disciplina de Projeto Arquitetônico II (PA-II turma C em 2019/1 e turmas A e C em 2019/2) do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS demonstrou-se como ambiente apropriado para o desenvolvimento desta pesquisa, conforme será explanado a seguir.

Atualmente PA-II faz parte do 4º período do curso, logo, é a primeira disciplina de projeto cursada pelos acadêmicos após o desenvolvimento inicial das habilidades em BIM<sup>5</sup>. PA-II, apesar de ser uma disciplina de projeto, possui uma carga horária que possibilita a abordagem de conhecimentos sobre técnicas construtivas em paralelo ao processo projetual. Desde 2015 o *woodframe* vem sendo empregado na materialização dos anteprojetos arquitetônicos como técnica exclusiva. Dessa maneira, na disciplina, além de serem ministradas aulas referentes ao processo geral de projeto, são fornecidas noções básicas sobre esse sistema construtivo visando garantir um conhecimento necessário que viabilize sua aplicação em um anteprojeto acadêmico de baixa complexidade programática. Deve-se ressaltar que o *woodframe* é um sistema a seco modular de certa complexidade espacial, requerendo um conhecimento mais abrangente quanto a sua montagem. Por fim, a disciplina de PA-II visa o constante contato dos estudantes com novos saberes digitais aplicados na construção do conhecimento, incentivando o uso conjunto de métodos analógicos e digitais, englobando tecnologias como *design* paramétrico, BIM, RV e RA visando favorecer todos os aspectos do processo projetual – conceitual, ambiental, programático, formal e material.

Assim, esta disciplina se apresentou como uma boa oportunidade para avaliar uma estratégia que faça uso da tecnologia BIM como um instrumento pedagógico para o ensino da técnica construtiva *woodframe* incorporando o aspecto tectônico ao processo projetual, pois além de ser receptiva aos processos digitais, aplica o conhecimento

---

<sup>5</sup> BIM/ArchiCAD passou a ser ministrado na disciplina Representação Gráfica II (RG-II) no 3º período em 2018/2. A partir de 2020/1 BIM/ArchiCAD passou a ser abordado parcialmente já no 2º período na disciplina de Representação Gráfica I (RG-I).

técnico-construtivo a uma situação de projeto, integrando disciplinas e utilizando um sistema estrutural modular de certa complexidade.

### 1.7 Abordagem Metodológica

Esta pesquisa se caracteriza como *design science research* ou *constructive research* (pesquisa construtiva). Segundo Aline Dresch, Daniel Lacerda e Jose Antunes Júnior (2015) sua abordagem tem como objetivo construções inovadoras que visam enfrentar problemas do mundo real e contribuir com a teoria da área em que é aplicada a partir de experiências práticas. Alan Hevner et al. (2004) relatam que o processo resulta na construção e aplicação de artefatos inovadores que permitem ao pesquisador melhor compreensão do problema e viabilidade da solução proposta. Para Eero Kasanen, Kari Lukka e Arto Siitonen (1993) os elementos essenciais da abordagem construtiva são demonstrar a inovação e o funcionamento dos artefatos propostos, vinculando o problema e sua solução ao conhecimento teórico acumulado.

Para auxiliar na condução da *design science research* Hevner et al. (2004) definem alguns critérios que devem ser seguidos pelos pesquisadores para que uma pesquisa se enquadre nesta metodologia. Primeiramente é obrigatório a **criação de um artefato**, ou um conjunto deles para um problema identificado. Um fator primordial é que o pesquisador realize **pesquisas teóricas** tanto para o **entendimento do problema** quanto para propor sua **solução**. Uma vez proposto o artefato, sua utilidade deve ser explicitada através da aplicação e avaliação em um **contexto real**. As contribuições da pesquisa devem ser esclarecidas tanto para os profissionais interessados envolvidos no contexto onde o problema foi identificado quanto para a academia, contribuindo assim para o avanço do conhecimento na área. Para garantir a validade da pesquisa e sua confiabilidade é fundamental que as investigações sejam conduzidas com rigor demonstrando que o artefato construído está adequado ao uso proposto. Por fim, os resultados da pesquisa devem ser comunicados a todos os interessados por meio de teses, dissertações, artigos e/ou eventos relacionados, entre outros.

Considerando artefatos como possíveis soluções para os problemas identificados, Salvatore March e Gerald Smith (1995) elencam cinco classes de artefatos: **constructos**, **modelos**, **métodos**, **instanciações** e **design propositions**. Portanto, um artefato não significa necessariamente um objeto físico.

**Constructos** também são chamados de elementos conceituais, são conceitos utilizados para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções. Os constructos definem os termos usados para descrever e pensar sobre as tarefas, podendo ser valiosos tanto para os profissionais quanto para os pesquisadores.

Já os **modelos** são considerados representações da realidade que apresentam tanto as variáveis de determinado sistema quanto suas relações. Embora um modelo possa ser impreciso quanto aos detalhes, ele precisa ter condições de capturar a estrutura geral da realidade, buscando assegurar sua utilidade.

**Métodos**, por sua vez, são um conjunto de passos necessários para desempenhar determinada tarefa. Estes podem ser representados graficamente ou encapsulados em heurísticas e algoritmos específicos. Os métodos podem estar vinculados aos modelos, e etapas do método podem utilizar partes do modelo como uma entrada que o compõem. Os métodos favorecem a transformação dos sistemas em busca de sua melhoria.

Quanto às **instanciações** são definidas como a “execução do artefato em seu ambiente”, ou seja, são artefatos que operacionalizam outros artefatos. É a operacionalização que demonstra a viabilidade e a eficácia dos artefatos produzidos. Elas informam como implementar ou utilizar determinado artefato e seus possíveis resultados em seu ambiente real. Podem ainda se referir a articulação de um conjunto de artefatos para a produção de um resultado em um contexto. Pode-se afirmar que a instanciação consiste em um conjunto consistente de regras que orientam a utilização de artefatos.

Por fim, as **design propositions** referem-se às contribuições teóricas resultantes da aplicação da *design science research*. Estas podem ser utilizadas para o desenvolvimento de soluções para uma determinada classe de problemas. A partir disso, o artefato que for uma contribuição teórica é apresentado como a generalização de uma solução para uma determinada classe de problemas, tornando-se um conhecimento que pode ser aplicado para diversas situações similares, desde que consideradas suas especificidades.

Uma vez identificado um problema em um contexto real e proposto um artefato (ou um conjunto deles) como uma possível solução, deve-se realizar a aplicação e avaliação do(s) mesmo(s) em seu ambiente. Dependendo da relação do pesquisador com

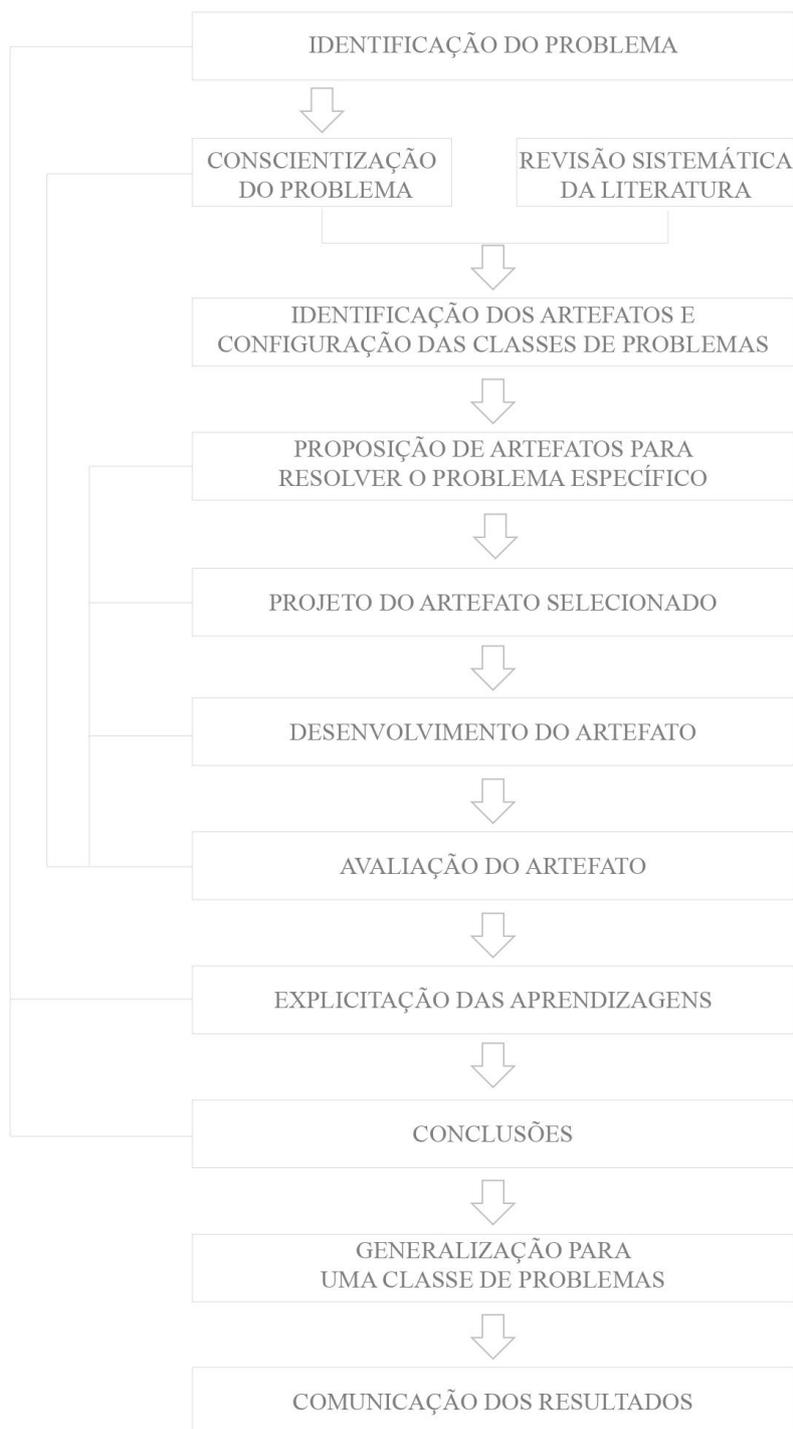
o ambiente, características de outras metodologias a exemplo da pesquisa-ação podem ser incorporadas a *design science research*. Como exemplo disto pode-se citar o fato de o pesquisador ser o construtor do artefato e também o indivíduo que realizará sua aplicação e avaliação, interagindo diretamente com o contexto, características estas da pesquisa-ação. Assim, pode-se dizer que a *design science research* é como uma espécie de pesquisa mestre que pode abrigar, caso necessário, outras metodologias.

Uma vez aplicado o artefato deve-se definir **técnicas para coleta de dados** com o objetivo de avaliar seu desempenho no contexto real. Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) citam algumas das quais podem ser utilizadas: **documental, bibliográfica, entrevistas, grupo focal, questionários e observação direta**. Os autores também mencionam a importância de elencar um **procedimento para a análise de dados**, podendo este ser **análise de conteúdo, análise do discurso** ou **estatística multivariada**.

Em relação a estrutura de uma *design science research* não existe um sistema rígido a ser seguido. Alguns autores que estudam esta metodologia propõem estruturas variadas<sup>6</sup>. Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), por sua vez, elencam os elementos comuns presentes nas teorias de diversos pesquisadores e sugerem uma nova estrutura. Cada pesquisador deve avaliar, no entanto, sua aplicabilidade de acordo com condicionantes como o problema estudado, contexto de aplicação, tipologia de artefatos propostos, técnicas para coleta e análise de dados, e até mesmo questões cronológicas e orçamentais. O importante é seguir os critérios fundamentais da pesquisa, mencionados anteriormente. Segue a estrutura sugerida por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015).

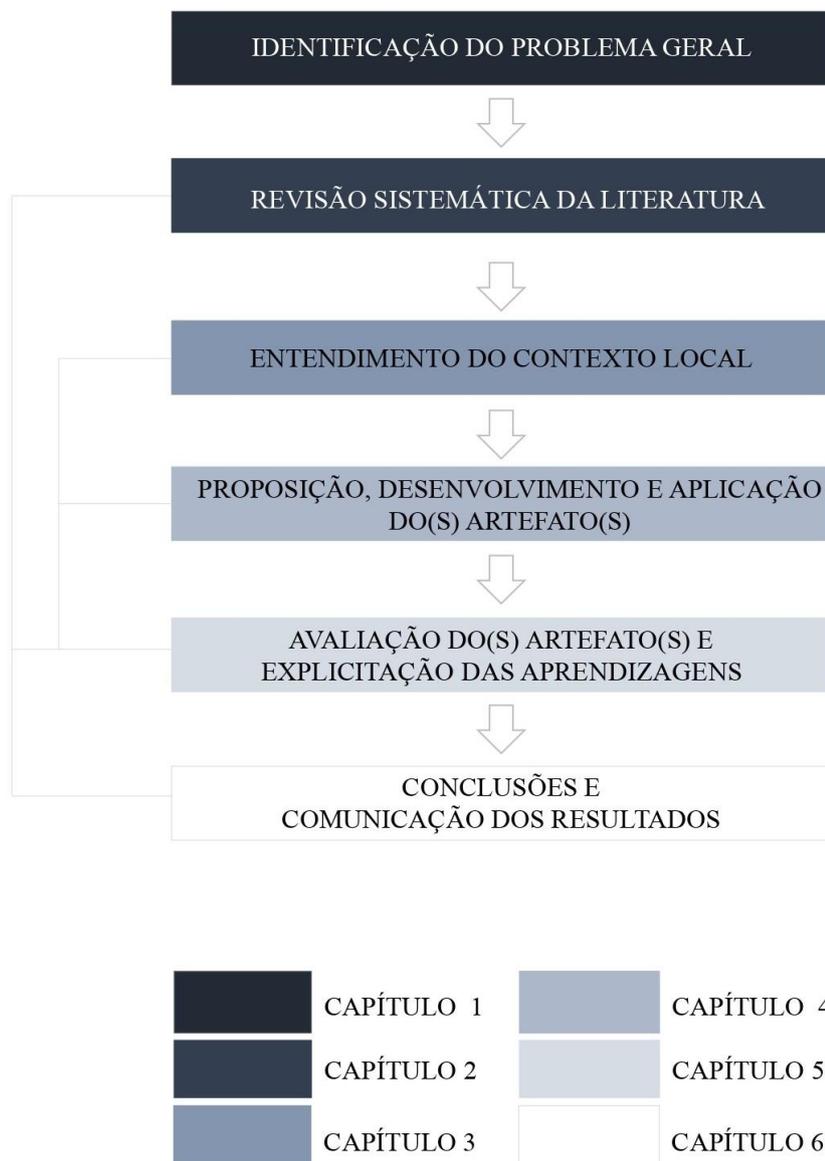
---

<sup>6</sup> Ver estruturas propostas por diferentes autores no capítulo 3 da bibliografia DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science Research**. Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia. 1 ed. Bookman, 2015. 181 p.

Figura 03: Estrutura *design science research*

Fonte: Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015)

A partir da estrutura proposta pelos autores, analisou-se os condicionantes particulares desta pesquisa – problema estudado, contexto de aplicação, tipologia de artefatos, técnicas para coleta e análise de dados e cronograma – e uma vez permitida sua adaptação, desenvolveu-se uma estrutura própria, um pouco mais simplificada, a qual é exibida a seguir.

Figura 04: Estrutura *design science research* adaptada para esta pesquisa

Fonte: adaptado de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015)

Diferente do realizado por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), esta pesquisa sugeriu uma etapa de identificação do problema geral referente ao BIM no ensino de projeto/técnicas construtivas, englobando uma conscientização acerca do problema apoiada em uma revisão sistemática da literatura. Posteriormente, incluiu-se uma etapa de entendimento do contexto local, ou seja, a compreensão da estrutura didática da disciplina abordada (Projeto Arquitetônico II AC Faculdade de Arquitetura UFRGS). Partindo disto, as etapas seguintes propostas foram a proposição e desenvolvimento de artefatos, a aplicação dos mesmos, sua posterior avaliação, explicitação das aprendizagens, conclusões, e por fim, a comunicação dos resultados da pesquisa. Os procedimentos metodológicos de cada etapa estão descritos sucintamente a seguir.

### 1.7.1 Procedimentos Metodológicos

- **Revisão Sistemática da Literatura:** este procedimento foi utilizado para o embasamento teórico da **Identificação do Problema Geral e da Revisão Sistemática da Literatura** através da revisão crítica da bibliografia permitindo construir um marco teórico e aproximar o pesquisador da temática. Os eixos de investigação selecionados consistiram em um primeiro momento em uma análise sobre o BIM e, logo após sobre o processo geral de projeto, para posteriormente estabelecer uma relação das contribuições do BIM para o processo geral de projeto.
- **Entendimento do Contexto Local/Modelo Pedagógico:** este procedimento consiste no entendimento do modelo pedagógico da disciplina Projeto Arquitetônico II AC do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, apontando a justificativa de escolha da mesma como ambiente de estudo além de identificar possíveis focos de desenvolvimento dentro de uma Estratégia BIM.
- **Proposição, desenvolvimento e aplicação de artefatos em PA-II AC:** como destacado, “artefato” é uma nomenclatura utilizada por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) para categorizar possíveis soluções para problemas identificados. Após o entendimento da estrutura didática abordada na disciplina em estudo, e identificados na mesma os possíveis focos de desenvolvimento, foram propostos os seguintes artefatos: um exercício dirigido, um polígrafo, um modelo de referência em *woodframe* e um *template* em ArchiCAD. Estes artefatos serão detalhados e enquadrados na classificação dos autores posteriormente no capítulo 4, e compreende a etapa de **Proposição, Desenvolvimento e Aplicação dos Artefatos**. É importante destacar que, desde 2015/2, quando PA-II C passou a adotar exclusivamente a técnica construtiva *woodframe* para materialização do anteprojeto, tem sido aprimorado e fornecido aos acadêmicos um polígrafo informativo como um guia de referência à montagem do sistema. Complementarmente, desde 2017/1, estava sendo disponibilizado um modelo de referência em *woodframe* nas versões ArchiCAD (BIM), AutoCAD, e *Sketchup*, possibilitando aos estudantes acesso ao conteúdo através de distintas plataformas, deixando livre a opção à qual cada aluno possuísse maior domínio. Ainda, em

momentos isolados previamente a esta pesquisa, foram oferecidos exercícios dirigidos passo a passo para modelagem do modelo de referência em *woodframe* através do *software* ArchiCAD, como forma de complementar o entendimento técnico-construtivo obtido através de aulas teóricas. É importante ressaltar, portanto, que este exercício já vinha sendo disponibilizado como parte integrante da didática da disciplina, e que coube ao autor desta pesquisa a revisão de sua metodologia e desenvolvimento de um material didático na forma de um novo polígrafo para sistematizar sua aplicação. Também foi responsabilidade do autor a revisão do modelo de referência em *woodframe* resultando na elaboração de um *template* em ArchiCAD. O material didático encontra-se no Apêndice E desta pesquisa.<sup>7</sup> Ao concordarem em contribuir com esta pesquisa, os acadêmicos opcionalmente poderiam ceder o modelo resultado do exercício dirigido para análise desta pesquisa através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice C).

- Coleta de dados através da observação direta: segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) a observação direta é uma técnica de coleta de dados que permite ao pesquisador identificar certas características de um fenômeno ou sistema em estudo que muitas vezes passam despercebidos pelos indivíduos que os integram. Durante 2019/1 e 2 esta técnica englobou a análise dos projetos finais dos acadêmicos visando verificar as influências da estratégia aplicada sobre os resultados dos projetos, contribuindo com a etapa de **Avaliação dos Artefatos e Explicitação das Aprendizagens**. O envolvimento dos acadêmicos foi opcional e a concordância em participarem da pesquisa e terem seus projetos analisados ocorreu através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice C).
- Coleta de dados através de questionários: a aplicação de questionários visou avaliar a estratégia, compreendendo a etapa de **Avaliação dos Artefatos e Explicitação das Aprendizagens**, complementarmente a observação direta. Segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) questionários consistem na aplicação de uma série de perguntas, as quais podem ser abertas, fechadas ou de

---

<sup>7</sup> Deve-se ressaltar que ao decorrer desta pesquisa foram desenvolvidos dois modelos de referência em *woodframe*. O primeiro, aplicado e avaliado no escopo de PA-II AC em 2019/1 e 2 pode ser observado no item 4.3.2 desta pesquisa. A partir da avaliação constatou-se que algumas alterações deveriam ser realizadas neste, resultando em um segundo modelo mais simplificado por questões didáticas. O polígrafo publicado nesta pesquisa (Apêndice E) faz uso deste segundo modelo, e atualmente (2021), encontra-se atualizado para a versão 24 do ArchiCAD.

múltipla escolha, a um entrevistado. Recomenda-se que ele responda ao questionário por escrito para facilitar a posterior análise das respostas pelo pesquisador. Aplicou-se um questionário ao final de 2019/1, um ao início e outro ao final do semestre letivo 2019/2. Os links relativos aos TCLE e questionários foram disponibilizados por meio de plataforma online (*Survey Monkey*) e enviados por e-mail para as amostras selecionadas, ficando disponíveis durante o período de 1 mês para que os estudantes pudessem respondê-los em horário extraclasse. O foco dos questionários foi coletar dados qualitativos quanto a relação da utilização de plataforma BIM para o desenvolvimento do projeto acadêmico, levantar como a tecnologia BIM interfere no processo projetual, e avaliar os resultados da aplicação dos artefatos que integram a estratégia proposta para verificar se a mesma alcançou o objetivo. O envolvimento dos acadêmicos nos questionários foi opcional, anônimo, e a concordância ocorreu através de um TCLE (Apêndice C). Os questionários encontram-se nos apêndices A e B desta pesquisa.

### **1.8 Estrutura da Dissertação**

A presente dissertação constitui-se em seis capítulos apresentando a seguinte estrutura:

- Capítulo 1 – Identificação do Problema Geral: o presente capítulo de introdução engloba a identificação e conscientização do problema, apresentando os aspectos gerais do trabalho com o objetivo de situar o leitor no contexto. Inicia-se com a apresentação do tema e sua relevância, se estabelece um estado da arte que contribuiu com a definição do problema de pesquisa, elencam-se os objetivos, delimita-se o tema, apresenta-se a abordagem metodológica utilizada juntamente de seus procedimentos, e finaliza-se com a estrutura da dissertação.
- Capítulo 2 – Revisão Sistemática da Literatura: o segundo capítulo engloba a revisão sistêmica da literatura, apresentando uma base teórica para questões relevantes ao tema divididos nos eixos de investigação BIM e processo geral de projeto, posicionando o BIM no contexto do processo de projeto arquitetônico digital e identificando suas contribuições para o processo geral de projeto.
- Capítulo 3 – Entendimento do Contexto Local: este capítulo analisa o processo projetual aplicado na disciplina de Projeto Arquitetônico II AC do curso de

graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS. Inicialmente é realizada uma apresentação do cenário geral do processo de instrumentalização digital do curso, seguido da caracterização da temática da disciplina e justificativa de sua escolha como ambiente de estudo. Posteriormente é analisada a estrutura didática da disciplina para, por fim, identificar-se os possíveis focos de desenvolvimento dentro de uma estratégia BIM.

- Capítulo 4 – Proposição, Desenvolvimento e Aplicação de Artefatos: este capítulo visa a proposição de uma estratégia que faz uso de uma plataforma BIM como um instrumento para introduzir e exercitar os aspectos tectônicos durante o processo projetual, bem como para a compreensão técnico-construtiva. Isto ocorreu através do desenvolvimento e aplicação de quatro artefatos. Os artefatos serão apresentados, justificados e classificados segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015).
- Capítulo 5 – Avaliação dos Resultados e Explicitação das Aprendizagens: este capítulo engloba a avaliação dos resultados e explicitação das aprendizagens obtidas a partir da aplicação dos artefatos no contexto local. Como métodos para coleta de dados utilizou-se da observação direta e a aplicação de questionários.
- Capítulo 6 – Conclusões e Comunicação dos Resultados: o último capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, e a comunicação dos resultados, assim como possíveis desdobramentos para trabalhos futuros contribuindo com a construção do conhecimento teórico acerca do tema.

## 2. Revisão Sistemática da Literatura

Desde que os atos de projetar e construir se tornaram atividades distintas no Alto Renascimento, os arquitetos sempre fizeram uso de algum instrumento para a materialização de suas ideias (Jung, 2014). Dessa maneira, ao longo da história foram diversas as tecnologias, técnicas e processos que integraram e colaboraram com o ato de projetar, cada qual ligada a realidade social, cultural, econômica e tecnológica de seu tempo. Porém, apesar de essas novas tecnologias contribuírem para o avanço da arquitetura como um todo, ainda assim nesta transição houveram algumas perdas por parte dos arquitetos em relação ao domínio de conhecimentos construtivos.

Este capítulo apresenta a base teórica dividida em dois eixos de investigação – aquele relativo ao BIM e outro ao processo geral de projeto, para finalmente estabelecer uma relação das contribuições da tecnologia BIM para o processo geral de projeto. Em relação ao primeiro parte-se de uma análise sobre as tecnologias que apoiaram o processo projetual ao longo da história, englobando a transição dos métodos analógicos para os digitais na década de 1960. Posteriormente aborda a mudança cultural ocorrida no ato de projetar a partir de uma alteração no foco da representação gráfica digital para a construção virtual envolvendo a modelagem paramétrica baseada em objetos inteligentes em sistemas BIM, o que até hoje se apresenta como um paradigma de difícil aceitação. Quando se tratando do processo geral de projeto aborda-se em um primeiro momento sua descrição segundo diversos autores, para posteriormente posicionar o BIM no contexto denominado por Andrade e Ruschel (2011) como processo de projeto arquitetônico digital, a fim de identificar como tecnologias e processos BIM colaboram com tal. Apresentadas as temáticas, conclui-se com uma análise das possíveis contribuições da tecnologia BIM para o processo geral de projeto.

### 2.1 Antecedentes históricos: da obra a representação digital | 16.000 a.C. a 1959

O desenho foi uma das primeiras manifestações do homem. Por volta de 16.000 a.C. os homens primitivos já desenhavam nas cavernas buscando relatar cenas do cotidiano, seu estilo de vida, suas crenças e pensamentos. Posteriormente, por volta de 4.000 a.C., tendo como base os desenhos iconográficos, desenvolveu-se outra forma de comunicação, a escrita, partindo de formas figuradas para relatar determinadas ações, e utilizando disto, inclusive, para a construção das primeiras cidades. Já os egípcios

relacionaram pela primeira vez (1.650 a.C.) os desenhos aos problemas matemáticos na busca de soluções para as questões construtivas das pirâmides. Os gregos, por sua vez, contribuíram para o desenvolvimento da geometria e da perspectiva; a qual durante anos ficou esquecida sendo posteriormente retomada por Brunelleschi (Caixeta, 2013).

O primeiro registro sobre arquitetura que se tem notícia fora na forma de dez livros intitulados *De architectura libri decem*; escritos por Marco Vitrúvio Polião, arquiteto e engenheiro romano, por volta de 40 a.C. (Katinsky, 1997). O primeiro livro de Vitrúvio descreve passos a serem seguidos para construir edifícios fazendo uso de instrumentos de desenho, da geometria e da representação. Neste mesmo livro, Vitrúvio faz citação a plantas, elevações e perspectivas como formas de representação para a execução da obra:

As imagens da disposição, que em grego chamam-se *ιδέια*, são estas: planta, elevação e perspectiva. Planta é o uso metricamente definido da régua e do compasso, pelo qual se descrevem as formas das áreas do solo. Elevação, por sua vez, é a imagem da fachada metricamente representada segundo o partido da futura obra, assim como perspectiva é o esboço da fachada e das laterais em fuga, concorrendo todas as suas linhas para o ponto central de uma circunferência (Katinsky, 1997, p. 54).

Robbins (1997) relata que durante a Idade Média, entre os séculos V e XV, são poucos os relatos e desenhos relativos à representação da arquitetura. No entanto, os desenhos de Sansedoni, descobertos em 1340 por Franklin Toker, representam um marco por serem os primeiros registros de representações escalonadas e com ortogonalidade, ou seja, desenhados com o auxílio de instrumentos, contendo ainda cotas e textos explicativos. Apesar da rica quantidade de informações e precisão para a época, ainda não eram suficientemente detalhados para serem utilizados como instrumento único para construção do edifício. A partir das evidências contidas nos desenhos de Sansedoni, é possível observar que uma nova relação estava surgindo entre arquitetos que projetavam e os mestres que construíam, sugerindo uma possível separação entre profissões e atribuições. Mais ainda, de acordo com Robbins (1997), durante o período em que os arquitetos estavam presentes nas obras e dominavam as técnicas construtivas, eram poucos os relatos de representações. Isto pode ter sua explicação no fato de que a presença do profissional *in loco* dispensava os documentos que compõem o projeto arquitetônico (como o temos conhecimento hoje). À medida que os profissionais se afastaram da obra e passaram a trabalhar em ateliers ou escritórios, o número de relatos de documentos que

continham representações passou a aumentar, uma vez que este artefato se tornou um intermediador entre o pensamento arquitetônico e o objeto construído.

Posteriormente, o período renascentista representou uma fase de grande importância para a pintura, escultura, e arquitetura, também considerada um tipo de arte por meio dos artesãos-construtores (Costa 2005). A necessidade de atender a uma crescente demanda aliada ao fascínio pela representação do edifício resultou no início do processo de separação entre a concepção por meio da representação e a construção do artefato. Garber (2009, p. 92) atribui grande parte dessa separação a Alberti, ao citar que:

Ao escrever seu tratado, Alberti se tornou um defensor dos arquitetos envolvidos com o projeto, mas não na construção. Este codificou uma divisão, ou uma lacuna entre o projeto e o fazer que existe até hoje, mais de 600 anos depois, e frequentemente coloca os arquitetos em desacordo com aqueles que constroem o seu trabalho (Garber, 2009, p. 92).

Simultaneamente ocorreu a aproximação dos arquitetos com as artes, pintura e escultura. No período renascentista grandes nomes como Da Vinci e Michelangelo eram pintores, escultores e arquitetos. A partir deste ponto, a relação entre arquitetura, desenhos e arte tornou-se próxima e complementar, e a representação passou a tornar-se a expressão de uma ideia. Robbins (1997) ressalta que o desenho tornou-se fundamentalmente um instrumento que fez dos arquitetos trabalhadores intelectuais, os separando definitivamente daqueles que realizavam o trabalho braçal. Foi ainda durante a renascença que a organização dos trabalhos na construção possibilitou, através dos desenhos dos arquitetos, o acompanhamento de mais de uma obra de forma simultânea, ampliando seu campo de atuação. No entanto, a obra passou a depender da interpretação destes desenhos por parte dos construtores, os quais, segundo Caixeta (2013), nem sempre estavam preparados para tal.

Brunelleschi foi um importante arquiteto renascentista conhecido principalmente por dois feitos, um para os métodos construtivos e outro para a representação. Com relação ao primeiro possibilitou a construção da cúpula da Catedral de Florença, Itália (1420 a 1436) por meio de um método de sustentação fazendo uso de formas de madeira e suporte de arcos e abóbadas. Com relação a representação, se tornou famoso pelo desenvolvimento dos princípios da perspectiva, que embora já fosse conhecida dos gregos e romanos, ficou esquecida durante toda a Idade Média. Esta técnica de representação

bidimensional possibilitou, por meio da utilização de pontos de fuga, uma alusão a tridimensionalidade através de uma relação entre distância e redução do tamanho dos objetos (Caixeta, 2013).

Kolarevic (2009) destaca que embora o redescobrimto da perspectiva e a organização dos desenhos ortográficos tenham se constituído como um grande marco dentro do processo da representação em arquitetura, significaram, paradoxalmente, o avanço da separação entre arquitetura e edifício, distanciando por consequência o arquiteto da prática de construir, e empobrecendo seu conhecimento em relação a tectônica.

Na França, por volta de 1794, destacam-se o surgimento da geometria descritiva por Gaspar Monge e o nascimento das primeiras escolas politécnicas de engenharia francesas e das academias de arquitetura. Montaner (2001) relata que, a partir dos ensinamentos dados por Durand nas aulas de arquitetura da *Ecole Polytechnique* de Paris, passou-se a dar ênfase ao aprendizado da arquitetura como espaço, e não mais como processo de construção da obra.

Com o surgimento das escolas de engenharia e arquitetura o aprendizado foi formalizado. Independentemente deste acontecimento ter contribuído ou não para o afastamento entre fazer arquitetura e construir arquitetura, o fato é que isto já havia se formalizado bem antes, precisamente no Alto Renascimento, quando o conhecimento a respeito de técnicas de representação era mais valorizado como trabalho intelectual e *status* que o conhecimento a respeito da execução da obra (Caixeta, 2013). Dessa forma, conforme relata Celento (2010), os arquitetos abandonaram seu papel no processo de construção da obra, e confiaram em desenhos bidimensionais para descrever suas visões para os construtores.

A partir do final do século XIX os enfoques foram outros. Em um primeiro momento a arquitetura se viu obrigada a acompanhar a velocidade do crescimento populacional e da expansão urbana, principalmente em função da revolução industrial. Após os períodos I e II Guerra Mundial, a reconstrução das cidades e a oferta de moradias de forma urgente se tornaram prioridade principalmente na Europa. A pré-fabricação passou a ser priorizada refletindo em uma arquitetura produzida em série, sem ornamentos e tampouco processos projetuais artísticos. Paralelamente a este período, o movimento

moderno tomou partido das máquinas e consagrou-se pelo racionalismo das formas (Caixeta, 2013). Após a Revolução Industrial, o surgimento das ferramentas computacionais e sua inserção no processo de projeto foi um dos eventos recentes mais significativos da história, mudando a maneira de se pensar e representar a arquitetura, conforme ressalta Souza (2018, p. 36):

A perspectiva científica está para o período renascentista assim como a ferramenta computacional está para o período contemporâneo, ambos nasceram como ferramentas de auxílio à representação gráfica arquitetônica, porém, em pouco tempo começaram a influenciar a própria maneira de conceber a arquitetura (Souza, 2018, p. 36).

## **2.2 Computer-Aided Design (CAD) e a representação gráfica digital - 1959**

Ruschel e Bizello (2011) relatam que o termo CAD (*Computer-Aided Design*), ou Projeto Auxiliado por Computador foi criado por Douglas Ross e Dwight Baumann em 1959. Weisberg (2008), por sua vez, relata que os anos 1960 se caracterizaram por dois acontecimentos: a automação do processo industrial com a utilização de máquinas de Controle Numérico (CN) e a criação das interfaces gráficas computadorizadas. No entanto, acontecimentos ocorridos na década de 1950 foram fundamentais para tal.

O primeiro dispositivo a fazer a automação do processo de tradução de formas geométricas em dados numéricos foi o *Whirlwind I* (Figura 05), desenvolvido pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) em 1951, e ocupando uma área aproximada de 230 m<sup>2</sup>. Manssour e Cohen (2007) destacam que posteriormente, em 1955, este computador evoluiu para o *Semi-Automatic Ground Environment* (SAGE), o primeiro sistema a converter informações de radar em imagens e utilizado para o monitoramento e controle de voo, concretizando o surgimento da interface gráfica bem como a tradução de dados em imagens e formas geométricas.

Em 1963 durante sua tese de doutorado intitulada “*SKETCHPAD: a Man-Machine Graphical Communication System*” Ivan E. Sutherland cria no MIT o *Sketchpad* (Figura 06), primeiro programa de interface interativa que permitia a modelagem geométrica digital de volumes. A interação ocorria a partir de uma caneta óptica e um conjunto de aproximadamente 40 botões e interruptores que instruíam o computador a interpretar o movimento da caneta (Wills, 2014).

Figura 05: *Whirlwind I*, década de 1950

Fonte: <https://computerworld.com.br/2015/07/03/conheca-seis-itens-tecnologicos-historicos-resgatados-do-lixo/>

Figura 06: *Sketchpad*, década de 1960

Fonte: <https://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html>

Weisberg (2008) aborda que o *Sketchpad* foi considerado o primeiro *software* CAD por permitir ao usuário a produção de formas geométricas com interação em tempo real e simultânea tradução destas em dados numéricos. Já em 1963 Timothy Johnson, pesquisador patrocinado pelas forças aéreas americanas desenvolveu o *Sketchpad III*, uma versão tridimensional do *software* anterior, e o primeiro a implementar vistas ortográficas de um objeto juntamente de uma vista perspectiva do mesmo. Mitchell (2006) destaca que foi a partir deste momento que se começou a vislumbrar os potenciais de representação desta plataforma na arquitetura e na engenharia civil.

Porém, Pozzatti et al. (2014) destacam que em um primeiro momento as indústrias automobilística, aeronáutica e mecânica foram as únicas detentoras da tecnologia devido ao elevado custo para adquirir e manter *hardwares e softwares* e contratar profissionais especializados. Souza (2018) complementa que as primeiras empresas a adotar a tecnologia CAD foram grandes multinacionais a exemplo da *Bendix, General Electric, General Motors e Boeing*, algumas delas inclusive contribuindo através de pesquisas para a evolução dos primeiros *softwares*.

Weisberg (2008) relata que a primeira versão CAD disponibilizada para comercialização em meados dos anos 1960 foi o *Design Augmented by Computers (DAC-1)* desenvolvido pela *International Business Machines (IBM)*, criado inicialmente pela *General Motors* para aprimorar e aumentar a produção de veículos. Posteriormente, porém, uniu-se a IBM para desenvolver uma configuração de *hardware* compatível ao DAC-1.

Souza (2018) destaca que foi durante a década de 1970 que intensificaram-se as pesquisas da plataforma CAD, dividindo o processo em dois eixos, um liderado pelas indústrias automobilística, aeronáutica e mecânica, e outra por profissionais envolvidos com a construção civil, gerando duas categorias de ferramentas CAD. Paradoxalmente, enquanto o primeiro eixo já vislumbrava a tecnologia a partir de potenciais como a compatibilização, extração de dados e quantitativos, entre outros, a indústria da AEC se limitava a utilizá-la para finalidades de representação.

No *Sketchpad III* era possível desenhar objetos tridimensionais a partir de formas definidas por linhas e pontos em *wireframe*<sup>8</sup>, no entanto, a geração de superfícies contínuas ainda não era possível. Em 1972 é desenvolvido o sistema UNISURF<sup>9</sup> pela *Renault*, baseado na definição matemática de superfícies, que posteriormente se tornou parte importante do *software* CATIA, produzido pela *Dassault Systèmes*. Este sistema de descrição para curvas e superfícies, desenvolvido por Pierre Bézier é bastante consistente e utilizado por alguns *softwares* gráficos até os dias atuais.

De acordo com Piegl (1991) em 1973 Richard Riesenfeld desenvolve o conceito de B-Splines<sup>10</sup>, e pouco depois, em 1975 Ken Versprille cria o “rational B-Splines”. Segundo o Piegl (1991), a tese de doutorado de Ken Versprille continha o primeiro relato escrito do conceito *Non Uniform Rational B-Splines* (NURBS), que foi de grande importância para o avanço da modelagem geométrica.

Weisberg (2008) relata que paralelamente aos estudos e evoluções da modelagem de superfícies havia pesquisas orientadas a modelagem de sólidos. O autor destaca que em 1972 foi desenvolvido o primeiro *software* que operava baseado neste conceito, chamado de *SynthaVision*, produzido pela MAGI. Este ficou conhecido por sua aplicação no filme TRON da *Walt Disney*.

---

<sup>8</sup> Armação de arame, em tradução livre. Refere-se aqui aos objetos tridimensionais desenhados no *Sketchpad III* a partir de linhas e pontos representando apenas os limites das formas, sem gerar, no entanto, superfícies contínuas.

<sup>9</sup> O sistema UNISURF começou a ser desenvolvido já na década de 1960 por Pierre Bézier e foi um dos primeiros pacotes de *software* CAD. Baseado na definição matemática de superfícies, sua criação destinou-se inicialmente a projetos da indústria automobilística.

<sup>10</sup> O termo B-Splines é uma abreviação de “basis spline”. Refere-se a uma curva formada por vários pontos, os quais recebem o nome de “nós”. As curvas splines são contínuas nos nós, e as suas derivativas também, dependendo da ordem da spline e da multiplicidade dos nós. A vantagem das curvas b-spline em relação às curvas bézier é a propriedade da modificação local, ou seja, a alteração de um nó afeta a curva apenas de forma local, dependendo o grau da curva para determinar o alcance da alteração.

Segundo Weisberg (2008) em 1973 Ian Braid, integrante do grupo de pesquisas CAD do laboratório de computação de Cambridge cria o sistema *Build-1*, baseado em sólidos geométricos que faziam uso da lógica booleana, com representações em tons de cinza e *hidden lines*, ou desenhos com linhas escondidas. De acordo com o autor, no ano seguinte este grupo de pesquisas lançou uma empresa de tecnologia chamada *Shape Data*, criando em 1978 o primeiro *software* comercial cuja operação era baseada em modelagem sólida chamado *Romulus*. Posteriormente esta empresa foi incorporada pela Evans e Sutherland, formada por Ivan Sutherland e David Evans.

Em 1974 Robert Barnhill e Richard Riesenfeld organizaram em Utah uma conferência que recebeu o nome de *Computer-Aided Geometric Design* (CAGD), que também era o nome de uma área de pesquisa relacionada a representação geométrica de sólidos e superfícies a partir de descrições matemáticas da forma. Portanto, como mencionado por Souza (2018) durante a década de 1970 houve um contínuo aprimoramento e relevantes pesquisas para novas formas de representação gráfica tridimensional, expressas por descrições matemáticas. Neste período também houve evolução nos métodos de construção de superfícies tridimensionais e na sua forma de representação, possibilitando a construção de formas curvas e complexas por meio do ambiente virtual. Assim, diversos profissionais começaram a realizar experimentos formais com uso de novas tecnologias. Dentre estes pode-se citar Greg Lynn, William Mitchell e Peter Eisenman.

Foi na década de 1980 que ocorreu a aproximação das plataformas CAD com um mercado consumidor mais amplo. Conforme aborda Natividade (2010) neste período surgiu o conceito de *Personal Computer* (PC), ou computador pessoal, lançado por empresas como IBM (Figura 07) e Apple (Figura 08). Foi o avanço da microeletrônica, a consequente diminuição do tamanho e custo dos *hardwares* e, o surgimento de indústrias específicas de *softwares* que tornaram isso possível. Vale ressaltar que em 1982 surge a versão 1.0 do AutoCAD Autodesk.

Figura 07: IBM Model 5150



Fonte: <http://oldcomputers.net/ibm5150.html>

Figura 08: Apple Macintosh



Fonte: <https://macmagazine.uol.com.br/post/2010/01/24/parabens-macintosh-por-seus-26-anos-de-existencia/>

De acordo com Mitchell (1990), inicialmente a tecnologia CAD foi pensada como “sistemas de projeto de edificação”, ou seja, como auxiliares de projeto, conseqüentemente deveriam inferir no processo. No entanto, o autor ressalta que esta foi uma década em que se buscou popularizar os sistemas CAD para que estivessem disponíveis para o maior número de usuários possíveis. Com isso, visando diminuir os custos, simplificações ocorreram nos *softwares*, resultando no decaimento da qualidade dos programas direcionados a construção civil, mais uma vez limitando-os a função de representação gráfica.

Souza (2018) relata que ao final dos anos 1980 e início da década de 1990 as ferramentas CAD passaram a ser utilizadas para representação gráfica digital do projeto, adentrando ao mercado da AEC e substituindo gradativamente o desenho de prancheta pelo desenho computacional. Com isso, Jung (2014) destaca que no mercado profissional a ocupação do tradicional “desenhista” entra em declínio e é substituída pelo popular “cadista”, um desenhista especializado em plataforma CAD, envolvido com a representação do projeto em prancheta virtual devido ao seu domínio do *hardware* e do *software*, e conforme aborda o autor, sem necessariamente possuir conhecimentos específicos sobre arquitetura.

Adentrando aos anos 1990 no Brasil, os sistemas CAD passam a ser implementados gradativamente no ensino de arquitetura, quando em 1994 a portaria 1770/94 do MEC<sup>11</sup> fixa novas diretrizes e conteúdos mínimos tornando a informática aplicada à arquitetura e urbanismo uma disciplina obrigatória nos cursos de formação. No que se refere ao processo de projeto perante a aparição destes novos instrumentos,

<sup>11</sup> [http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/ar\\_geral.pdf](http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/ar_geral.pdf)

segundo Hernández (2011), em um primeiro momento a documentação do projeto tinha início com o arquiteto desenvolvendo o mesmo de forma tradicional, analógica, para posteriormente ser redesenhado em um *software* CAD, e finalmente ser renderizado. As duas últimas funções normalmente não eram executadas pelos arquitetos por uma crença inicial de que estas ferramentas limitariam a criatividade dos profissionais. Nas faculdades de arquitetura isto não acarretou em contribuições ou alterações no processo projetual, atuando principalmente em uma maior eficiência do processo e padronização das representações, e no estabelecimento de um novo espaço físico presente nos ambientes de ensino de arquitetura – o laboratório de informática.

Conforme aborda Natividade (2010) foi também na década de 1990 que se consolidou mundialmente a expressão “arquitetura digital”, sendo Frank Gehry considerado o arquiteto pioneiro desta corrente devido a utilização de ferramentas digitais para a concretização de obras com formas complexas. Em 1992 Gehry constrói a Escultura do Peixe (Figura 09) para a Vila Olímpica de Barcelona. Inicialmente faz uso de um programa chamado *Alias*, que mostrou-se apto para conceber digitalmente a forma complexa desejável, sem no entanto fornecer dados que possibilitassem sua construção, mostrando-se logo limitado por não permitir interação entre modelo e documentos. Caneparo (2014) relata que foi na indústria aeronáutica, mais especificamente na *Boeing* que Gehry encontrou a tecnologia que necessitava, denominada CATIA, que satisfizesse a necessidade de modelar superfícies complexas bem como analisar, planificar e documentar a forma.

Foi a partir desta primeira obra que o arquiteto construiu outras arquiteturas digitais, como o museu *Guggenheim* em Bilbao (1992-1997) (Figura 10), e o *Walt Disney Concert Hall*, projetado entre 1989 e 1990 mas construído somente em 1998 quando as ferramentas digitais (a exemplo do CATIA) possibilitaram tal tarefa.

Figura 09: Escultura do Peixe, Barcelona



Figura 10: *Guggenheim Museum*, Bilbao



Fonte: <https://www.reviderd.com.br/edicoes/editores/arquitetura/internacional/referencia-modernista-4>

Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/786175/classicos-da-arquitetura-museu-guggenheim-de-bilbao-gehry-partners>

Souza (2018) relata que na virada do século os *softwares* CAD se consolidaram definitivamente no mercado da construção civil e consequentemente no ensino de arquitetura. Paralelamente surgiram novos programas a exemplo do *Sketchup*, direcionado a modelagem de superfícies cujo processo de desenvolvimento envolveu arquitetos na equipe, se popularizando devido a facilidade de operação da ferramenta e a sua interface intuitiva. Esta, no entanto, ainda não englobava aos modelos dados e informações sobre o projeto pois utilizava de objetos genéricos. Também não estabelecia relação entre o modelo tridimensional e as representações bidimensionais, bem como com outros sistemas e disciplinas, limitando sua utilização a modelagem de geometrias euclidianas.

Por fim, vale ressaltar que mesmo tecnologias como CAD ou programas tridimensionais a exemplo do *Sketchup*, comumente utilizadas durante o processo de projeto de forma paralela, sendo o primeiro para gerar as representações bidimensionais e o segundo para a modelagem, ambas se tratam conforme abordado por Delatorre (2014) de representações desenvolvidas em *softwares* distintos, consequentemente fragmentando o processo em partes e aumentando o risco de incompatibilidades.

Como uma possível solução para tais problemas, seja na esfera da construção civil ou do ensino, começou a ser desenvolvido já na década de 1970 o conceito BIM, e posteriormente as primeiras ferramentas BIM (anos 1980), resultando em novos processos e modelos que preveem contribuições para a prática projetual. Estes, além de unir em uma mesma plataforma modelo, representações, informações, propriedades, e permitir a realização de simulações, compatibilização, extração de dados e quantitativos, se apresenta como uma oportunidade de aproximar principalmente os estudantes de arquitetura das técnicas construtivas por meio de o que Souza (2018) denomina como um “canteiro de obras virtual”.

### **2.3 Building Information Modeling (BIM) e a construção virtual – 1975**

Como citado anteriormente, a década de 1970 foi caracterizada por uma série de pesquisas relacionadas a plataforma CAD, uma vez que a partir da criação dos sistemas de modelagem de sólidos, passou-se a vislumbrar a possibilidade de extrair a partir dos modelos os desenhos técnicos e os dados necessários para a construção do edifício (Eastman et al., 2011). No entanto, as primeiras versões tridimensionais dos sistemas

CAD geravam representações geométricas abstratas, ou seja, os objetos que representavam elementos arquitetônicos não eram alimentados por informações construtivas. Como cita Souza (2018) “era um trabalho de abstração entender que um determinado volume modelado, na verdade, representava uma viga de concreto e não uma viga de madeira, por exemplo”.

Alguns autores apontam com base em um documento publicado no antigo *AIA Journal* em 1975, o professor Charles Eastman do Instituto de Tecnologia da Geórgia como responsável pela criação do conceito BIM (Eastman et al., 2011). O conceito *building information modeling* integra as informações construtivas e as informações de modelagem, tornando possível obter uma representação bidimensional a partir de uma representação tridimensional, bem como seus dados e informações. Eastman et al. (2011) abordam que em um processo convencional de projeto é responsabilidade do projetista realizar a tradução entre o significado dos objetos modelados e suas respectivas informações construtivas. Já em um processo BIM a tradução e gerenciamento de dados entre os objetos modelados e as informações construtivas respectivas a cada elemento é de responsabilidade do *software* BIM, permitindo ao profissional acessar tais informações de maneira instantânea, bem como realizar alterações simultâneas em ambientes tridimensional e bidimensional.

Eastman et al. (2011) destacam que os primeiros sistemas *building information modeling* surgiram no final dos anos 1970 e início da década de 1980 como resultado de pesquisas de empresas privadas e universidades. No entanto, devido a fatores como alto custo dos *softwares* e alta capacidade de processamento computacional que tais sistemas demandavam, fizeram com que em um primeiro momento a indústria da construção postergasse o uso de tais tecnologias. Como resultado, a adesão aos sistemas CAD se tornou a regra, já que eram mais acessíveis financeiramente e operacionalmente, além de fornecer suporte para o desenvolvimento das representações bidimensionais aumentando a produtividade interna.

Foi ao longo da década de 1980 que se desenvolveram as primeiras plataformas BIM nas versões como as conhecemos hoje (Souza, 2018). A União Soviética trouxe grandes contribuições para a concretização de tal feito. Neste contexto o nome de Gábor Bojár deve ser ressaltado, uma vez que foi este quem desenvolveu o Radar CH, lançado em 1984, e que posteriormente tornou-se o *software* ArchiCAD da atual Graphisoft,

primeiro *software* BIM disponível para PC. No entanto, como destaca Souza (2018) o *software* ArchiCAD passou por um longo período de incubação devido às limitações das primeiras versões e da capacidade de processamento dos primeiros computadores, tornando-se apenas recentemente um dos grandes representantes da plataforma BIM.

Segundo Bergin (2012), simultaneamente a criação do ArchiCAD, em 1985 a *Parametric Technology Corporation* (PTC) é fundada e, no final de 1987 lança a primeira versão do sistema Pro/ENGINEER, tendo como participantes da equipe de desenvolvimento da PTC Irwin Jungreis e Leonid Raiz. Estes, munidos dos conhecimentos adquiridos na produção do Pro/ENGINEER, decidem criar sua própria companhia de *softwares* chamada *Charles River Software*, em Cambridge. No ano de 2000 a empresa apresenta ao mercado o *software* Revit, que empregava mecanismos de modelagem paramétrica. Em 2002 o Revit é comprado pela Autodesk, uma das empresas gigantes do setor, também detentora do AutoCAD, impulsionando a partir da virada do século a quantidade de vendas e o aumento do número de usuários globais de plataformas BIM.

### 2.3.1 Significados e Definições

Ao longo dos anos distintos significados foram atribuídos ao acrônimo BIM, acarretando no desenvolvimento de trabalhos como o de Gaspar e Ruschel (2017) intitulado “A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo”. De acordo com Wong (2019) existem primordialmente dois significados para o termo, sendo eles *Building Information Modeling* que se refere ao processo, e *Building Information Model*, que faz referência ao produto resultante do processo. No Brasil o termo é traduzido pela ABNT 2010 como Modelagem da Informação da Construção.

Quanto as suas definições o *National BIM Standards Committee* (NBIMS, 2007)<sup>12</sup> o descreve como “uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação”, o classificando ainda como **produto, processo e ferramenta** de gerenciamento - **produto** remete a construção de uma representação digital inteligente de dados, **processo, por sua vez, ao fato de** abranger diferentes disciplinas e estabelecer

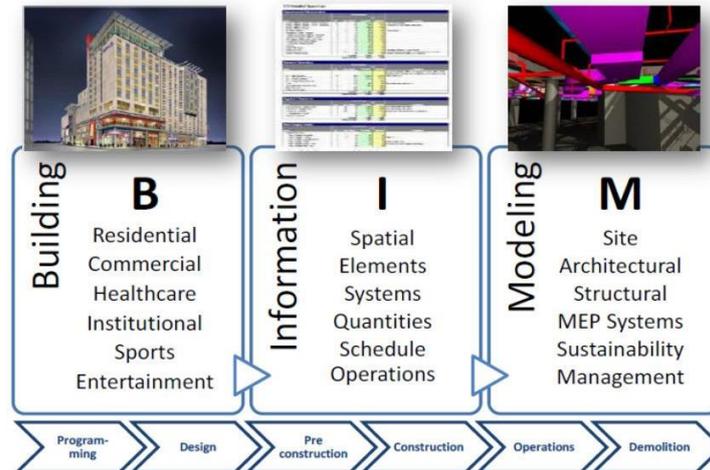
---

<sup>12</sup> <https://www.nationalbimstandard.org/>

processos automatizados de troca de dados, e **ferramenta** por ser instrumento/ferramenta de gestão de fluxo de trabalho e procedimentos em equipe.

Importante destacar a contribuição de Salman Azhar et al. (2012), que exploram os conceitos de BIM como processo e tecnologia através de uma síntese visual (figura 11), elencando construção (*building*), informação (*information*), e modelo (*modeling*).

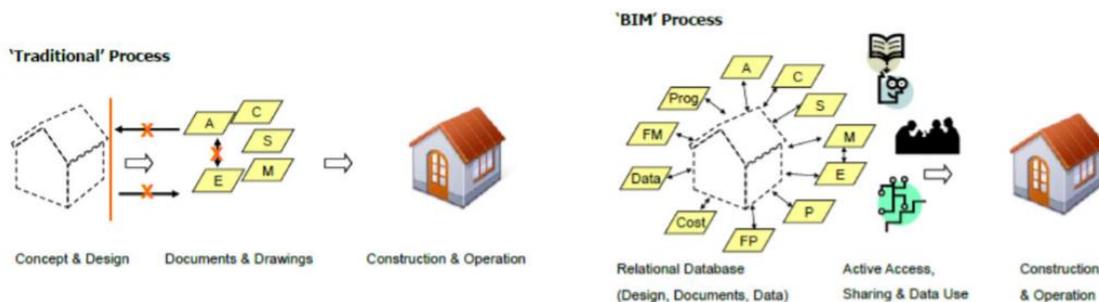
Figura 11: Síntese visual do conceito BIM por Azhar et al. (2012)



Fonte: Azhar et al. (2012)

Para os autores (Azhar et al., 2012) o processo BIM envolve disciplinas e sistemas em um único modelo virtual, corroborando com a integração e colaboração entre os diferentes agentes envolvidos no projeto. Segundo eles, diferente de um processo tradicional de projeto, um processo BIM requer o envolvimento de diversas áreas e profissionais já nas fases iniciais do projeto, conforme demonstra a imagem a seguir.

Figura 12: Comparação processo tradicional de projeto e processo BIM segundo Azhar et al. (2012)



Fonte: Azhar et al. (2012)

Já a tecnologia BIM (ferramenta) envolve a construção virtual de um modelo a partir de objetos paramétricos inteligentes. As informações incluídas neste modelo

formam um banco de dados facilitando a comunicação entre as diferentes fases de projeto, planejamento, construção e operação.

Eastman et al. (2011) ao diferenciarem BIM de sistemas CAD, apontam para as tecnologias que fundamentam o BIM: a **modelagem paramétrica** e a **interoperabilidade**. O BIM ainda pode ser utilizado como ferramenta que possibilita e facilita o *Integrated Project Delivery (IPD)*.

### 2.3.2 Modelagem Paramétrica baseada em Objetos Inteligentes

A **modelagem paramétrica baseada em objetos inteligentes** passou a ser desenvolvida originalmente na década de 1980. Segundo Eastman et al. (2011), a modelagem paramétrica ocorre quando os objetos produzidos não são mais representados com geometria e propriedades fixas, mas com parâmetros e regras que determinam a forma, além de propriedades não geométricas, como dados e informações construtivas. Tais parâmetros e regras são informações que se relacionam com outros objetos, ou seja, se algum parâmetro for alterado em um primeiro objeto, refletirá nos demais conectados e ele, sendo por este motivo considerados objetos inteligentes. É importante destacar que em BIM a modelagem é orientada a objetos paramétricos, ou seja, os elementos possuem informações que podem ser alteradas, porém os parâmetros são pré-definidos, o que limita de certa maneira a exploração de formas não convencionais.

Woodburry (2010) ressalta que comumente ferramentas convencionais de modelagem utilizam conceitos genéricos como copiar, colar e cortar associados a operações de subtração e adição de partes para dar apoio às rápidas alterações da geometria. Isto funciona fluidamente em projetos convencionais devido a independência das partes constituintes. Em um projeto baseado na modelagem paramétrica, no entanto, o projetista não realiza alterações por manipulação direta, mas altera os parâmetros de determinado objeto, conseqüentemente inferindo nas relações entre distintos elementos. Ou seja, projetar em um *software* paramétrico fundamenta-se em atividades relacionadas a editar parâmetros que resultam em geometrias e em relações com demais objetos.

Como exemplo desta situação pode-se citar uma janela; esta possui altura, largura e peitoril – variáveis. Seus pormenores são constituídos por diferentes materiais; vidro, pvc, madeira, alumínio – variáveis que resultam em propriedades que a qualifica quanto a aspectos como conforto térmico, acústico, custos, entre outros, dados estes utilizados

para simulações, análises e avaliações como resultantes das variáveis selecionadas. Também pode-se adicionar informações referente ao fornecedor; valores e quantidade de material – variáveis, e extrair tabelas orçamentárias – resultantes das variáveis selecionadas. Por se tratar de um objeto inteligente, automaticamente a janela cria uma relação direta com uma parede, elemento secundário que a abriga. Se dimensões forem alteradas na janela, simultaneamente as mesmas refletirão nas plantas, cortes e elevações – objeto inteligente. Se a espessura da parede que abriga a janela for aumentada ou diminuída, automaticamente a espessura da janela irá se adaptar à esta nova dimensão – relação entre objetos inteligentes.

Florio (2012), por sua vez, destaca que um projeto baseado em modelagem paramétrica pode ser considerado como um sistema dinâmico de relações entre objetos, permitindo maior interação entre usuário e modelo substituindo modelagens baseadas na definição de objetos para modelagem baseada na definição de características, restrições e variáveis de um objeto, com foco nas relações entre as partes.

### 2.3.3 Interoperabilidade

Pereira et al. (2009) definem **interoperabilidade** como “dois ou mais sistemas que podem interagir e intercambiar, permitindo que os projetos sejam alterados de forma simultânea por qualquer um dos profissionais envolvidos melhorando o fluxo de trabalho e a comunicação”, resultando conseqüentemente na interdisciplinaridade do projeto por possibilitar uma “conversa fluída” entre as diversas áreas envolvidas.

Normalmente em um sistema CAD as trocas podem ocorrer por meio de arquivos de geometria como DXF (*Drawing eXchange Format*) ou IGES (*Initial Graphic Exchange Specification*). De acordo com Eastman et al. (2011), os modelos de dados foram desenvolvidos nos anos 1980 para dar suporte a troca de arquivos de produtos e objetos de diferentes indústrias contando com apoio da ISO (*International Organization for Standardization*). Os autores destacam dois principais modelos de dados: o IFC (*Industry Foundation Classes*) direcionados para o planejamento, projeto, construção e gestão, e o CIS/2 (*CIMsteel Integration Standard Version 2*), voltado a engenharia e fabricação de aço estrutural. Segundo a IAI (*International Alliance for Interoperability*, 2008) O IFC é o principal instrumento de interoperabilidade entre *softwares* para a AECO, e também um formato aberto para intercâmbio de dados entre plataformas BIM.

A interoperabilidade ainda é considerada um dos grandes desafios para a implementação efetiva do BIM, principalmente devido a questões relacionadas a padronização dos dados a serem compartilhados entre diferentes sistemas. Neste sentido, nos Estados Unidos o NBIMS vem reunindo esforços para padronizar o formato de troca de dados, englobando aspectos como formato de arquivo, tipos de informações compartilhadas, quantidade de informações, etc. Andrade e Ruschel (2011) ainda mencionam um desinteresse das empresas desenvolvedoras de *softwares* na interoperabilidade uma vez que a partir dela empresas não terão mais necessidade de utilizar pacotes de *softwares* de um mesmo desenvolvedor.

#### 2.3.4 *Integrated Project Delivery* (IPD)

Partindo do conceito de interoperabilidade, o *Integrated Project Delivery*, ou IPD, foi desenvolvido pelo IAI em 2007 e definido como “uma abordagem de entrega de projeto que integra pessoas, sistemas, estruturas empresariais e práticas visando um processo colaborativo”. No intuito de explorar melhores resultados de projeto, este visa agregar valor, reduzir desperdícios e agilizar as etapas de projeto, fabricação e construção, tornando a tecnologia BIM, por estes motivos, um meio potencializador para o alcance de tais objetivos. Andrade e Ruschel (2011) corroboram que o IPD refere-se ao nível máximo de desenvolvimento de um projeto no que refere-se a integração e comunicação durante todas as fases de projeto, da sua concepção a construção, passando pela manutenção durante sua utilização, e por fim, esporadicamente a reciclagem. Alguns dos princípios relacionados a integração do projeto derivaram da empresa Toyota sob liderança de W. Edwards Deming nos anos 1950. Para Wright e Charalambides (2011) os projetos integrados são distinguidos pela comunicação e colaboração entre três níveis de agentes: proprietário, projetista e construtor, da fase de concepção a finalização da obra, pensamento este que contrasta com a atual prática de fragmentação das disciplinas de construção envolvidas.

#### 2.3.5 Estratégias para adoção do BIM

Com relação as estratégias de implementação de BIM destacam-se três classificações na literatura abordada, dependendo do nível de interoperabilidade, de detalhamento de projeto e, especificamente no ensino, níveis de competência.

## Estágios de adoção – Succar (2009)

Para Succar (2009) o BIM é um conjunto integrado de políticas, processos e tecnologias, gerando uma metodologia de gerenciamento do projeto e de seus dados digitais. O autor estabelece três estágios de adoção do BIM em relação ao processo de projeto, conforme a imagem abaixo.



Fonte: <https://www.bimthinkspace.com/2008/06/episode-9-bim-s.html>

Estágio 1: caracterizado pela modelagem baseada em objeto, é uma fase que geralmente envolve apenas uma disciplina de projeto no processo, resultando no modelo tridimensional e na documentação arquitetônica (desenhos técnicos, quantitativos, relatórios, etc). Segundo Succar (2009), por este primeiro estágio estar relacionado a modelagem paramétrica ele exige necessariamente o uso de um *software* BIM, no entanto, o mesmo pode ser limitante se resultar no uso do BIM apenas como ferramenta.

Estágio 2: este estágio envolve o compartilhamento multidisciplinar do modelo, ou seja, a colaboração entre minimamente duas disciplinas (ex: projeto arquitetônico e projeto estrutural). Os produtos resultantes, além do modelo tridimensional e da documentação arquitetônica são modelos em 4D (análise de tempo) e 5D (análise de custos), além da compatibilização do modelo por meio da verificação de conflitos (*clash detection*). Nesta etapa o trabalho envolve uma mudança cultural voltada para o trabalho em equipe.

Estágio 3: neste estágio o processo de projeto requer práticas colaborativas, compartilhamento do modelo e integração das fases de concepção, construção e operação. O processo ocorre de forma simultânea e envolve várias disciplinas, além de análises complexas desde a etapa de concepção, a exemplo de simulações, que auxiliam na tomada de decisões inclusive do lançamento do partido. Este estágio requer a adoção do IPD.

### *Level of Development (LOD) - AIA*

O AIA, aborda o conceito de LOD (*Level of Development*) que estabelece níveis de desenvolvimento a serem utilizados durante as etapas de projeto. Estas estabelecem

um mínimo dimensional, espacial, dados qualitativos, quantitativos, e outros elementos que devem estar presentes no modelo virtual em cada uma das etapas. O objetivo de tais especificações é criar referências para os profissionais da AEC auxiliando as equipes na especificação das entregas BIM em diferentes estágios do processo (concepção a manutenção) de maneira a se obter clareza e precisão sobre os elementos e tipos de informações que devem ser incluídas nos modelos em cada etapa, uniformizando o processo e aumentando a qualidade do projeto. O LOD está dividido em seis níveis, sendo eles LOD 100, 200, 300, 350, 400 e 500. Segue abaixo uma descrição de cada nível:

LOD 100: esta etapa refere-se a um nível de desenvolvimento extremamente baixo, podendo ser uma representação esquemática do volume total da edificação, ou utilizando elementos construtivos como paredes, lajes, coberturas, entre outros, porém não distinguíveis por meio da atribuição de materiais por exemplo. Isso permite flexibilidade nas tomadas de decisões por deixar informações como profundidades, espessuras, localizações, definição de materiais ainda em aberto. No âmbito do ensino ou mesmo do processo de projeto este nível pode ser utilizado na etapa de estudos iniciais.

LOD 200: a partir desta etapa o nível de definição passa a aumentar. Elementos construtivos (paredes, lajes, coberturas, etc.) devem ser utilizados para construir a geometria do modelo, bem como os atributos passam a ser estabelecidos a partir da definição de materiais para cada plano. A partir deste ponto quantitativos relacionados a áreas em metro quadrado ou metro cúbico podem ser extraídos. Mesmo assim um alto grau de flexibilidade se apresenta nas tomadas de decisões uma vez que o projeto ainda possui um nível de detalhamento esquemático. No âmbito do ensino ou mesmo do processo de projeto este nível pode ser utilizado na etapa de lançamento do partido arquitetônico.

LOD 300: nesta etapa a geometria precisa ser definida a partir de elementos construtivos com dados precisos. Paredes, lajes, coberturas, etc., devem possuir as dimensões corretas, pode-se atribuir também às diversas camadas de materiais das quais uma parede é constituída, por exemplo, e a partir daqui se passa a inserir as esquadrias. Além das áreas em metro quadrado ou metro cúbico, outros dados podem ser extraídos, a exemplo de quantitativos de materiais, tabelas de esquadrias, etc. *Layouts* e localizações ainda são flexíveis. No âmbito do ensino ou mesmo do processo de projeto este nível pode apoiar

o desenvolvimento de um anteprojeto arquitetônico, composto por toda documentação arquitetônica incluindo detalhamentos.

LOD 350: no âmbito do ensino ou mesmo do processo de projeto este refere-se ao maior nível de desenvolvimento, uma vez que os dois últimos (LOD 400 e LOD 500) referem-se as etapas de construção e pós ocupação. Nesta etapa além do alto grau de detalhamento de todos os elementos construtivos, o projeto arquitetônico faz interface com outros sistemas (estrutural, hidrossanitário, elétrico, etc.). É neste nível que, além dos benefícios citados anteriormente, pode ser realizada a identificação de erros por meio do *clash detection*, simulações, extração de quantitativos exatos e documentação arquitetônica com alto grau de detalhamento. No âmbito do ensino ou mesmo do processo de projeto este nível pode apoiar o desenvolvimento de um projeto executivo.

LOD 400: este é um nível na qual o projeto já está definido e com um alto grau de desenvolvimento, e que tem por objetivo apoiar exclusivamente as fases de preparação da obra, construção e montagem. Sendo assim, as informações de projeto resultantes estão relacionadas a localização dos elementos por meio de plantas de locação da estrutura por exemplo, dimensionamento das peças, e todos os dados que darão suporte a construção *in loco*.

LOD 500: nesta etapa a obra já foi concluída e o modelo tridimensional com um alto grau de definição tem como objetivo realizar a operação e manutenção do edifício ao longo de sua vida útil, resultando em produtos como o *as built*.

Embora não identificada em nenhuma bibliografia durante o processo de revisão, a estratégia abordada acima pode ser aplicada também no âmbito do ensino, uma vez que diferentes níveis de desenvolvimento podem ser estabelecidos para a entrega dos produtos resultantes de diferentes etapas do processo de projeto ao longo do semestre, como estudos iniciais, partido arquitetônico, anteprojeto arquitetônico, detalhamentos, etc.

Níveis de Competência no Ensino – Barison e Santos (2011)

Quando se tratando especificamente do campo do ensino, Barison e Santos (2011) sugerem uma proposta de implementação gradativa do BIM, dividida em níveis de competências a serem alcançados em cada uma das três etapas, sendo elas introdutória, intermediária e avançada.

Nível introdutório: neste nível, um *software* BIM pode ser ensinado em uma disciplina de representação gráfica digital uma vez que a meta é desenvolver as competências do modelador e do facilitador BIM. Para tal, não é necessário ter conhecimentos prévios em relação a CAD, conforme já comprovado por Sacks e Barak (2010) em uma pesquisa na *Technion-Israel Institute of Technology*.

O objetivo neste nível é aprender ferramentas BIM, tendo como fundamentação a exposição dos alunos ao conceito. As ferramentas podem ser ensinadas em palestras, *workshops* ou laboratório. Nesta fase os exercícios podem ser desenvolvidos individualmente, e segundo Barison e Santos (2011) em um primeiro momento recomenda-se que o aluno faça modificações em um modelo existente, antes de partir para a modelagem de um novo projeto. Posteriormente os acadêmicos podem desenvolver um modelo de um pequeno edifício de até 600 m<sup>2</sup> para a partir dele aprimorar os conhecimentos sobre comandos de operação para modelagem, aprender a manipular o modelo, aprimorar a visualização dos componentes construtivos e extrair quantitativos. A avaliação pode ser realizada de forma individual, e além da apresentação do modelo desenvolvido em ateliê ou laboratório, pode incluir uma prova escrita sobre conceitos BIM.

Nível intermediário: neste nível, BIM pode ser ensinado em atelier de projeto integrado com outras disciplinas de tecnologia da construção. O objetivo agora é desenvolver as competências do analista BIM e aperfeiçoar as competências do modelador BIM. Como pré-requisitos, segundo Barison e Santos (2011), o aluno deve conhecer fundamentos de projeto, representação gráfica e de uma ferramenta BIM.

O objetivo neste nível é aprender técnicas avançadas de modelagem, conhecer sistemas específicos do edifício, explorar funcionalidades das famílias da ferramenta BIM e expor os acadêmicos as práticas em grupo e ao trabalho colaborativo, sendo o maior desafio nesta abordagem o fator tempo. Como atividade os alunos podem desenvolver um modelo BIM em grupo onde cada indivíduo assumirá um papel específico.

Se houver tempo para o aluno modelar, indica-se que o professor forneça a documentação 2D para tal, bem como uma descrição detalhada do projeto a ser modelado. Os acadêmicos devem modelar o projeto na ordem: terreno, arquitetura, estrutura, ar-condicionado, instalações sanitárias, proteção contra incêndio, hidráulica, elétrica,

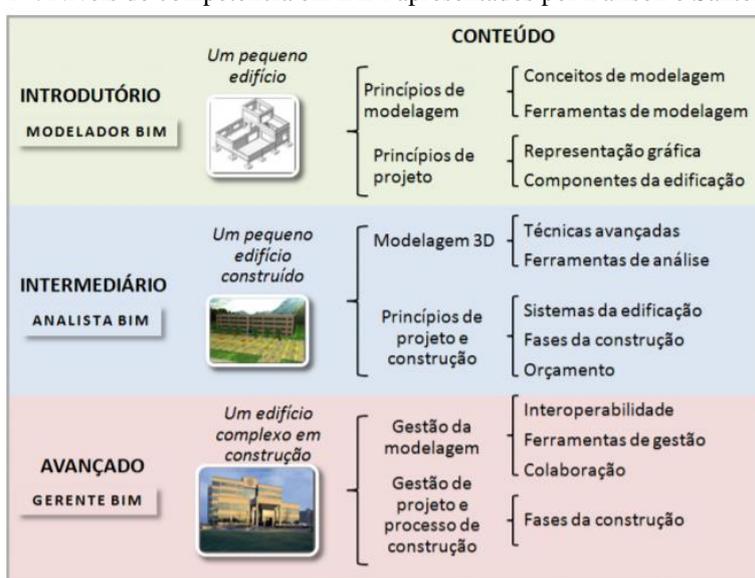
automação, telefonia, etc. Cada equipe une modelos individuais em um modelo BIM comum, detecta interferências, gera relatórios de revisão, soluciona os conflitos, extrai quantitativos, planeja etapas da obra e custos. As equipes podem se reunir uma vez por semana para coordenar o projeto. Segundo Kornan e Simonian (2010) cada aluno revisa seu projeto e pode apresentar pedidos de informação ou *Request for Information* (RFI) sobre os problemas detectados, sendo o professor quem representa o engenheiro, responsável por responder aos RFI. A avaliação pode incluir uma apresentação dos arquivos, demonstração do modelo, processos utilizados para a modelagem e lições aprendidas.

Nível avançado: neste nível BIM deve ser ensinado em disciplinas relacionadas ao gerenciamento da construção ou em atelier de projeto multidisciplinar. O objetivo é desenvolver algumas das competências de um gerente BIM, sendo pré-requisitos ter conhecimentos de tecnologia da construção, materiais e técnicas construtivas, práticas profissionais, a exemplo do estágio docente, e experiência da utilização de ferramentas BIM. As atividades neste estágio envolvem a aproximação do praticante a processos relacionados a interoperabilidade, a conceitos e ferramentas de gerenciamento BIM, ao processo de implementação do BIM, análise de estudos de caso, e processos de formação e dinâmicas de equipes.

Devido a magnitude da disciplina o desenvolvimento de um projeto é suficiente. Os acadêmicos desenvolvem um modelo BIM em equipe porém com alunos de outros cursos. Estas equipes são criadas pelos próprios estudantes por meio de auto-seleção baseada em preferências e habilidades individuais, cabendo ao professor apenas orientar tal formação. Quanto ao projeto abordado, este deve apresentar um grau de complexidade mais elevado, uma área entre cinco e quinze mil metros quadrados e preferencialmente que esteja em processo de construção, em local de acesso fácil para visitas dos estudantes, com disponibilidade de informações (documentação arquitetônica completa), e se possível que seja escolhido pelos próprios acadêmicos. Para tal a universidade deve possuir uma parceria com construtoras locais para permitir o uso das informações do projeto e acompanhamento da obra. As desvantagens desta abordagem é o menor controle do professor sobre os projetos e a variação na experiência dos acadêmicos ou grupos devido ao nível de colaboração do representante da empresa e o tamanho variável dos projetos escolhidos.

Como avaliação pode-se constituir uma banca final composta por professores, consultores do projeto real, e se possível o proprietário do empreendimento e o construtor, que fariam uma revisão do projeto apresentado e uma comparação de aspectos como cronograma, quantitativos e custos do projeto real com a proposta apresentada. Os modelos BIM apresentados podem ser avaliados ainda em questões como superação de problemas de compatibilização de arquitetura com outras disciplinas, nível de conteúdo de informação do modelo BIM/IFC, precisão e organização do(s) arquivo(s). A figura a seguir sintetiza os três níveis de competência em BIM apresentados por Barison e Santos (2011).

Figura 14: Níveis de competência em BIM apresentados por Barison e Santos (2011)



Fonte: [http://www.uel.br/pessoal/barison/Artigos\\_Tese/bic2013P.pdf](http://www.uel.br/pessoal/barison/Artigos_Tese/bic2013P.pdf)

## 2.4 O processo geral de projeto

Segundo Broadbent (1973) os anos 1960 foram marcados por uma série de eventos e pesquisas envolvendo os métodos de projeto como uma nova disciplina no campo da arquitetura. Andrade, Ruschel e Moreira (2011) destacam que estas investigações possibilitaram compreender alguns dos modelos mentais de projeto e desenvolver métodos para aprofundar as pesquisas em cada um dos estágios do processo. Resultando em mapas de processos de projeto, muitas dessas pesquisas consistiam na descrição de uma sequência de atividades distintas que ocorriam seguindo uma ordem lógica, geralmente partindo da **definição do problema** até sua **resolução**.

Andrade, Ruschel e Moreira (2011) abordam que um dos trabalhos que ganhou destaque nesta época foi o livro *Introduction do Design* publicado em 1962 por Morris Asimow, o qual descreveu o projeto como um **processo de informação**. Os autores destacam com base em Asimow (1962) que projetar consiste em reunir, tratar e organizar de forma criativa informações importantes envolvendo a situação-problema, verificar os efeitos das decisões tomadas, comunicadas, testadas e avaliadas, além de ter um caráter interativo, uma vez que alterações podem resultar em novas informações, repetindo assim as operações iniciais.

De acordo com Andrade, Ruschel e Moreira (2011) o método proposto por Morris Asimow era composto por duas escalas de operações: uma maior, envolvendo uma sequência de atividades e denominada morfologia do projeto, e outra menor, que esboçava um processo geral, denominado processo de projeto, com a finalidade de solucionar um determinado problema. A primeira escala de operações era constituída por uma estrutura vertical compreendendo uma sequência cronológica de passos, partindo dos elementos mais abstratos, até os mais concretos e particulares. Durante o processo várias realimentações eram incorporadas visando responder às novas dificuldades. Esta escala era constituída pelos seguintes estágios de operação: estudo de viabilidade, projeto preliminar, detalhamento, planejamento do processo de produção e distribuição, consumo e retirada do produto de circulação. Já a segunda escala de operações tinha uma estrutura horizontal, funcionando como um ciclo composto pelos seguintes estágios: análise, síntese, avaliação e decisão, otimização, revisão e implementação. Estes modelos foram influenciados por pesquisas operacionais, consistindo em atividades gerais para resolução de problemas através de técnicas processuais, e embora com pouca aplicabilidade em arquitetura, influenciariam os métodos de projeto arquitetônico.

Diversos métodos e estruturas de processo de projeto foram criados especificamente para o campo da arquitetura. Jones (1971) os classificou a partir de três pontos de vista – criatividade, racionalidade e controle de processo de projeto. Os dois primeiros deram origem aos conceitos de “**caixa preta**” e “**caixa de vidro**”. O autor utilizou o termo “caixa preta” para se referir aos aspectos criativos, pois segundo ele, o processo de projeto está fora do controle consciente, ou seja, retiram-se as restrições do sistema nervoso e estimula-se a produção de resultados variados. Já o conceito de “caixa de vidro” foi utilizado para descrever a racionalidade, uma vez que refere-se a um processo que pode ser explicado, o projetista atua com pleno conhecimento do que está

fazendo e por qual motivo. O terceiro ponto de vista elencado por Jones (1971) referente ao controle do processo de projeto trata-se de uma maneira de criar um sistema capaz de substituir a busca cega de alternativas por uma busca inteligente, utilizando critérios externos e resultados de buscas parciais com o objetivo de encurtar caminhos em territórios desconhecidos.

Em 1962 durante uma conferência sobre métodos de projeto, Page (1963) relatou os perigos envolvidos em processos de projetos que consistem em sequências contínuas de fases constituídas por análise, síntese e avaliação. Isto porque a maior parte dos casos práticos envolvendo projeto não são lineares. O autor demonstrou que em vários momentos, o processo de projeto possui um movimento circular. Page destaca ainda que existe uma diferença essencial entre processo de projeto e sequência de decisões. Andrade, Ruschel e Moreira (2011) relatam que em 1967 durante um simpósio sobre metodologia de projeto arquitetônico (*Design Methods in Architecture Symposium*) foi definido que **processo de projeto** engloba uma sequência íntegra de acontecimentos que parte das primeiras concepções e vai até sua realização total, e que **sequência de decisões** refere-se a um intervalo individual do processo de projeto.

Corroborando com o exposto anteriormente por Page, Markus (1971) abordou que um processo completo de projeto envolve um processo de projeto associado a sequências de decisões. O autor propôs um método composto por um processo de projeto crescente no que se refere ao nível de detalhamento, passando por sequências de decisões envolvendo síntese, análise, avaliação e decisão. Assim, o processo partiria de uma lógica mais abstrata contemplando um estudo inicial da volumetria e organização dos espaços, para uma mais concreta, como a definição dos materiais de construção e detalhamento de pormenores. Lawson (2005), no entanto, demonstrou que o projeto não necessariamente precisa ir **do geral ao particular**. Para o autor, arquitetos como Mies Van Der Rohe, por exemplo, tinham no detalhe um ponto de partida que guiava todo o projeto, invertendo o processo – **do particular ao geral**.

Posteriormente, Broadbent (1973) propôs um modelo esquemático envolvendo uma sequência de análise, síntese e avaliação em forma de **espiral**. Para este autor, cada nova decisão leva a uma mudança nas decisões iniciais. Andrade, Ruschel e Moreira (2011) abordam com base em Broadbent (1973) que nenhum processo de projeto deve ser completamente linear pois deve incorporar *feedbacks*, *return loops* e articulações, e

que informações obtidas em qualquer fase do processo podem ser incorporadas a qualquer momento na sequência de decisões.

Andrade, Ruschel e Moreira (2011) abordam com base em experiências sobre metodologia de projeto encontradas na literatura que, embora os processos de projeto variem muito, grande parte deles inclui a sequência de decisões compostas pela **análise, síntese e avaliação**. Segundo os autores esta sequência deve ser parte de um processo de projeto flexível, articulado e com ciclos interativos.

A **análise**, segundo Andrade, Ruschel e Moreira (2011), refere-se a fase de identificação dos principais elementos que constituem o problema de projeto. Nesta são estabelecidas as principais metas e objetivos que o projeto deve alcançar, critérios de desempenho do edifício, restrições e possíveis impactos das soluções propostas aos usuários, meio ambiente, sociedade, etc. – passíveis de serem verificados na fase de avaliação. Os autores abordam ainda que a partir da análise é possível estabelecer uma lista detalhada de especificações sobre requisitos que devem ser atendidos pelo edifício: dimensionamento, custos, configuração e relação entre espaços, fluxos, orientações predominantes, visuais, articulações com o entorno, entre outros. Jones (1971) aborda que como resultado da fase de análise tem-se a definição de um programa arquitetônico.

Portanto, a análise, como um processo racional, está vinculada a obtenção e **gerenciamento de informações** variadas que podem ser obtidas através de visitas a campo, análise da legislação, entrevistas com clientes e usuários, estudos de caso, etc., englobando fatores culturais, econômicos, ambientais, entre outros. Embora não sejam o principal objetivo da fase de análise, essas informações são úteis para a definição do programa arquitetônico e para os estágios seguintes.

De acordo com Andrade, Ruschel e Moreira (2011) a **síntese** refere-se a **etapa criativa da tomada de decisões**, dentro da qual os arquitetos geram **ideias** como possíveis soluções que venham a atender os objetivos lançados na etapa de análise. Lawson (2011) aborda que para gerar tais ideias o arquiteto seleciona algumas questões centrais do problema para concentrar seus esforços, sendo comum de um bom projeto ter apenas algumas ou mesmo uma única ideia dominante. Esta ideia central, segundo o autor, comumente refere-se ao “conceito” ou ao “partido”, definido por Lawson como o conceito materializado. Corroborando com tal, Mahfuz (1995) aborda o “partido” como

um estágio intermediário que realiza a transição do conceito para o plano material, e que após a sua definição o processo projetual envolve graus de definição cada vez maiores.

Durante a fase de síntese a utilização de técnicas criativas a exemplo do *brainstorming* pode auxiliar na tomada de decisões, assim como o emprego de formas precedentes, o uso de metáforas, regras de composição e estilos, entre outros. Andrade, Ruschel e Moreira (2011) reforçam ainda que tais técnicas podem apoiar-se em ambos os métodos que explorem tanto os processos criativos envolvendo o conceito de caixa preta, quanto os mais racionais, relacionados a caixa de vidro.

A **avaliação**, segundo Andrade, Ruschel e Moreira (2011), visa garantir que uma **solução proposta** seja a **mais adequada ao problema apresentado**, detectando deficiências do projeto antes de sua construção, quando alterações resultam em atrasos no cronograma e custos. Segundo estes autores, nesta etapa a solução proposta é comparada com as metas e restrições que o projeto deveria atender, avaliando com que grau a mesma atende aos requisitos de desempenho estabelecidos na fase de análise.

Medir e avaliar aspectos qualitativos como desempenho, estética, comportamento humano e percepção do usuário são atividades restringidas, porém o uso de alguns métodos de avaliação auxilia os projetistas a medir o potencial de uma solução. Kalay (2004) sugere como meios para avaliação a quantificação, a simulação, o raciocínio, a extrapolação ou a suposição. Complementarmente, Jones e Thornley (1963) propõem o uso de métodos estatísticos a partir da coleta e avaliação de experiências anteriores; da simulação, através de modelos reduzidos, desenhos, técnicas computacionais e experimentos; da previsão lógica, utilizando mapas de interação e redes para simulação de situações que o edifício pode enfrentar ao longo de seu ciclo de vida; e por fim, o desenvolvimento de pré-engenharias, usando protótipos em escala reduzida antes da construção, venda e operação do edifício.

Andrade, Ruschel e Moreira (2011) destacam que uma das maiores dificuldades em avaliar uma solução é conciliar os conflitos entre diferentes aspectos concorrentes – ventilação, iluminação, eficiência energética, ruído, desempenho térmico, etc., e que portanto, a fase de avaliação deve garantir a **conciliação entre diferentes qualidades** levantadas na fase de análise.

Por fim, Andrade, Ruschel e Moreira (2011) acrescentam o item **representação** como o elemento articulador entre as fases de análise, síntese e avaliação. Os autores

destacam a importância de esta sequência de decisões serem **contínuas** e **articuladas**. Reforçam ainda que para a articulação entre estas etapas ser bem sucedida, deve ocorrer constante **comunicação** entre as fases, permitindo que os participantes envolvidos no processo de projeto, internos ou externos, sejam informados **continuamente** e **instantaneamente** sobre mudanças. Como instrumento para exercer a comunicação utiliza-se da **representação**, expressa por desenhos, perspectivas, modelos, especificações, etc. Kalay (2004) aprofunda ainda mais a definição reforçando que se refere a um **processo complexo** de codificação e decodificação de **informações**, utilizando da representação como um meio para comunicar e transferir dados e ideias.

Atualmente, com o aumento contínuo na complexidade dos edifícios, é cada vez maior o número de novos profissionais e sistemas que compõem um edifício e seu processo de concepção, resultando em um fluxo de informações intenso e variado, e exigindo o aperfeiçoamento da comunicação entre as diversas especialidades. Corroborando com tal, a rápida evolução que vem ocorrendo no setor da comunicação e tecnologia da informação vem possibilitando a expansão ao acesso das informações do projeto e explicitação das mesmas aos diversos profissionais envolvidos.

Como observado, projetar implica em um ato de busca por uma solução que satisfaça a um determinado problema, ou, de uma maneira mais concreta, aos objetivos estabelecidos pelos clientes. Uma vez que arquitetos trabalham buscando constantemente novas soluções, seu trabalho, de acordo com Andrade, Ruschel e Moreira (2011) é realizado dentro de uma esfera de antecipações. Neste âmbito, segundo os autores, para reduzir dificuldades e incertezas, o profissional pode fazer uso de **métodos de busca de soluções de projeto**. De acordo com o método escolhido para encontrar uma solução, pode-se variar a maneira de estruturar o problema. Os métodos podem ser classificados em: **métodos de tentativa e erro; métodos de satisfação de restrições; métodos baseados em regras; e métodos baseados em precedentes**.

Para Andrade, Ruschel e Moreira (2011) os **métodos de tentativa e erro** visam encontrar ou desenvolver soluções a serem avaliadas com a finalidade de verificar se atendem aos objetivos estabelecidos. Os autores citam que refere-se a um processo repetitivo, até que se encontre a solução mais adequada ao problema proposto. Pode-se ainda identificar a necessidade de mudar as metas e restrições estabelecidas para o projeto, resultando no recomeço do processo. Este método é muito comum na atividade

projetual principalmente quando o artefato projetado deve atender a diferentes critérios de desempenho. Para tal, o arquiteto utiliza de um processo contínuo de geração, simulação e avaliação, até atender ao desempenho estabelecido. Os métodos de busca por tentativa e erro são divididos em duas categorias.

A primeira categoria refere-se ao processo de tentativa e erro, um método totalmente aleatório para encontrar uma solução, onde tentativas contínuas são realizadas independentemente dos resultados anteriores, ou seja, cada tentativa implica em uma solução completamente nova e desconhecida. Comumente utilizada em problemas complexos ou em situações na qual o processo não é capaz de direcionar a uma solução específica. A segunda refere-se ao processo de geração e teste, se diferenciando da primeira no aspecto em que os resultados da tentativa anterior são utilizados para guiar tentativas de novas soluções. Como ponto de partida para a utilização deste método tem-se um problema bem definido e delimitado, ou seja, não refere-se a um processo aleatório, mas sim de decisões baseadas em regras. Rowe (1998) denomina este processo como “subidas” uma vez que refere-se a um movimento de melhoria e aperfeiçoamento da solução até o melhor resultado.

Já os **métodos de satisfação de restrições**, segundo Andrade, Ruschel e Moreira (2011), referem-se a aplicação de um progressivo número de restrições com o objetivo de fazer do processo de seleção mais exequível ao arquiteto. Kalay (2004) relata que em vez de buscar um número elevado de soluções possíveis para um problema de projeto, busca-se através do acréscimo de restrições resultar em poucas, ou até mesmo em uma única solução. Para Lawson (2005) as restrições podem ser classificadas de acordo com o gerador de restrições, os domínios das restrições e as funções das restrições.

No que se refere ao gerador de restrições, Lawson (2005) aborda que no geral a principal fonte é o cliente, embora o projetista, o legislador, o usuário e o sítio também possam contribuir para tal. No caso dos edifícios públicos, Andrade, Ruschel e Moreira (2011) relatam que o cliente não é o usuário, e que nestes casos é importante identificar os problemas dos usuários para se estabelecer as restrições. Os autores abordam ainda que o arquiteto, no processo de busca da forma e do espaço, também se coloca na posição de gerador de restrições. Já o legislador é considerado um gerador de restrições ao estabelecer normas, diretrizes e recomendações que devem ser articuladas com as demais restrições. Assim, Lawson (2005) identifica diferentes graus de rigor de restrições,

partindo das mais flexíveis e opcionais, estabelecidas pelo arquiteto, até mesmo as mais rígidas e obrigatórias, estabelecidas pelo legislador.

Quanto ao domínio das restrições, Andrade, Ruschel e Moreira (2011) citam que pode estar relacionado a um fator interno ao problema de projeto (restrição interna), ou um fator externo (restrição externa). No geral as restrições internas estão vinculadas a necessidades do cliente e são abordadas pelo arquiteto já nos primeiros estágios do processo de projeto, normalmente possuindo um alto grau de liberdade por estarem sob o controle do projetista, ou seja, são restrições flexíveis. Já as restrições externas costumam estar fora do domínio do arquiteto, se tornando por este motivo mais complexas e de grande impacto na solução ao influenciar ou mesmo determinar o caráter formal do edifício.

Lawson (2005) aborda que outra classificação das restrições pode estar vinculada a sua função no projeto. Segundo o autor elas podem ser consideradas radicais, quando estão relacionadas aos fundamentos do projeto. Como exemplo Lawson menciona o plano político-pedagógico de uma escola que pode exercer forte impacto na estrutura morfológica e funcional do edifício educacional. Também podem ser classificadas como práticas, quando relacionadas ao projeto, produção e construção, envolvendo questões tecnológicas e de desempenho técnico do objeto durante seu ciclo de vida. Podem ainda estar enquadradas como formais, se envolverem a organização formal do objeto projetado, incluindo regras relacionadas a forma, proporção, cor, textura, luz, sombra, etc. A última categoria de acordo com o autor é a de simbólica, se relacionadas ao simbolismo do edifício.

Por fim, Lawson (2005) sintetiza as restrições apresentadas em um modelo de problema de projeto composto por três eixos – um respectivo aos geradores de restrições, outro aos domínios das restrições, e um terceiro relativo às funções das restrições. Segundo o autor um projeto é definido pelas relações entre estas restrições, e que quanto maior o número de restrições, menor o número de possíveis soluções. No entanto com o aumento do número de restrições, aumentam as possibilidades de ocorrerem conflitos entre as elas.

Os **métodos baseados em regras**, segundo Andrade, Ruschel e Moreira (2011), são aqueles que utilizam de instrumentos para realizar passo a passo as atividades de projeto, e referem-se aos métodos mais utilizados entre os projetistas. Historicamente

pode-se citar arquitetos como Alberti, Palladio, Vignola e Vitruvius, que desenvolviam métodos de projeto, na maioria das vezes, baseados em regras próprias. Os autores acrescentam que os métodos baseados em regras visam reduzir a quantidade de problemas utilizando informações fornecidas por heurísticas. Rowe (1998) classifica as heurísticas em cinco grupos.

O primeiro grupo refere-se as analogias antropométricas, que envolvem a resolução de problemas de projeto com a utilização de regras direcionadas especificamente a questões antropométricas. Reduz-se a variedade de problemas de projeto a aspectos mais próximos da experiência humana – andar, sentar, deitar, subir, descer, etc. O segundo grupo envolve as analogias literais, um tipo de heurística que utiliza conhecimentos de edifícios existentes como ponto de partida para a estruturação de problemas. Tais informações podem ser utilizadas na criação de regras que guiam uma gramática da forma, por exemplo. As relações ambientais representam o terceiro grupo, e envolvem regras que visam estabelecer uma conexão homem, meio ambiente e edifício. O ponto de partida para a estruturação do problema são fatores ambientais – clima, fisiografia, recursos disponíveis, etc., e são indicados para problemas de projeto com finalidades específicas, estabelecendo uma ligação entre o problema e suas possíveis soluções. Já as tipologias referem-se ao quarto grupo, no qual invariantes de projeto visam a aplicação de informações de projetos passados em novos problemas. Segundo Andrade, Ruschel e Moreira (2011), a vantagem de utilizar tipologias para resolução de problemas é passar de um método de projeto baseado na tentativa e erro para outro baseado em tentativa e acerto. O quinto e último grupo é denominado de linguagens formais, e são consideradas linguagens pois estabelecem regras bem definidas que implicam diretamente sobre a distribuição e relação dos elementos formais de projeto. Um exemplo disto são os tratados clássicos, que apresentam repertórios próprios de elementos arquitetônicos e regras de distribuição e composição.

O último dos métodos refere-se aos **métodos baseados em precedentes**, nos quais Kalay (2004) denomina precedentes os casos de projeto no qual antecedentes apresentam similaridades com a atual proposta. De acordo com Andrade, Ruschel e Moreira (2011) o uso de métodos baseados em precedentes se apoiam na teoria de que a maioria dos problemas de projeto apresentam similaridades com outros problemas já solucionados. Alguns aspectos dos problemas são particulares, como por exemplo a localização, no entanto a estrutura geral do problema costuma ser a mesma. Os autores concluem que

quanto mais detalhado e específico for um caso precedente, mais difícil será sua utilização em novos projetos.

Fabricio e Melhado (2011) apontam que a conformação do processo de projeto na contemporaneidade é resultado de um desenvolvimento histórico tecnológico que migra em direção a ampliação da complexidade dos conhecimentos e métodos empregados. Kowaltowski, Bianchi e Petreche (2011) complementam que não existe uma maneira única de resolver os problemas, e que diferentes métodos, ferramentas, técnicas e formas de representação se fazem necessária para trabalhar com variáveis sociais, culturais, legais, funcionais, estéticas, econômicas, psicológicas, tecnológicas e de conforto ambiental, considerando ainda escalas variadas. Verificou-se portanto, que apesar de as discussões apresentadas neste item terem ocorrido ao longo da segunda metade do século passado, algumas questões ainda se mantêm atuais. Grande parte da literatura direcionada ao processo de projeto na atualidade continua de forma crescente a abordar e reforçar a incorporação das informações do projeto e sua gestão como um elemento fundamental do processo.

## **2.5 Contribuições do BIM para o processo geral de projeto**

Paralelamente às discussões advindas dos anos 1960 sobre métodos de projeto, ocorreu o surgimento, desenvolvimento e incorporação das tecnologias computacionais ao ato de projetar, alterando procedimentos até então completamente analógicos. Inicialmente focadas nas capacidades gráficas de representação dos sistemas CAD, Natividade (2010) relata que tais tecnologias passaram a desempenhar uma função mais direta sobre o processo de projeto a partir dos anos 1990, o que pode ser observado em experimentos realizados por arquitetos como Peter Eisenman, Marcos Novak, Greg Lynn, entre outros. Mais recentemente, novas abordagens vêm emergindo através de *softwares* baseados em modelagem paramétrica a exemplo dos sistemas *Building Information Modeling*, e *softwares* de programação visual como o Grasshopper e Dynamo. Complementarmente a isso, técnicas de visualização como a realidade virtual, realidade aumentada e fabricação digital vem de forma crescente se tornando acessíveis aos projetistas. Incentivados por tais fatores, pesquisadores como Rivka Oxman (2006, 2008 e 2012), Gabriela Celani (2002, 2008 e 2012) e Neil Spiller (2014), entre outros, passaram a estudar novos modelos cognitivos de projeto digital no âmbito da arquitetura (Ponzio et al., 2020).

Neste contexto, julga-se necessário situar o *Building Information Modeling* dentro do cenário do projeto digital (*digital design*), apresentando-se para tal duas classificações desenvolvidas por Oxman (2006, 2017). Inicialmente Oxman (2006) propôs cinco classes de modelos de projeto digital: **Modelo CAD** (*CAD model*); **Modelo de Formação** (*Formation Model*); **Modelo Generativo** (*Generative Model*); **Modelo de Desempenho** (*Performance Model*); e **Modelo Integrado Composto** (*Integrated Compound Model*).

O **Modelo CAD** (*CAD model*) faz alusão aos modelos tradicionais de CAD, e referem-se a transição da representação gráfica analógica para a digital, ou seja, desempenham pouco impacto no processo projetual. Oxman (2006) subdivide esta classe em três subclasses. A primeira é denominada de **Modelo CAD descritivo**, e caracteriza-se pelo uso de diferentes *softwares* com finalidades distintas – representação, modelação e renderização, por exemplo. A segunda subclasse é denominada de **Modelo CAD para avaliação**, e refere-se a modelos que além das representações, modelagem e renderização permitem a avaliação de aspectos como custos, tempo, desempenho, estrutura, entre outros. A autora destacou que o modelo BIM enquadrava-se nesta subclasse do modelo CAD, o que gerou algumas controvérsias entre autores. A última subclasse do modelo CAD refere-se ao **Modelo CAD descritivo bidirecional**, semelhante ao modelo descritivo, porém permite uma relação bidirecional entre modelos digitais e físicos. Modelos físicos podem ser gerados a partir dos modelos digitais através da prototipagem, assim como modelos digitais podem ser gerados a partir de modelos físicos através do escaneamento. Esta metodologia já foi muito utilizada por Frank Gerry em seus projetos.

O **Modelo de Formação** (*formation model*) refere-se a um projeto digital que se afasta da abstração dos meios tradicionais de representação migrando em direção a um processo de geração formal onde a interação entre o projetista e o ambiente digital ocorre de maneira não explícita. Oxman (2006) subdivide esta classe em três subclasses. A primeira é denominada **Modelo de Formação topológica**, onde as coordenadas estáticas que definem geometrias são substituídas por construtos computacionais dinâmicos através de comandos como “*loft*” ou a manipulação de pontos de controle em modelos NURBS. A segunda subclasse refere-se ao **Modelo de Formação associativo**, que fundamenta-se no uso de ferramentas de modelagem paramétrica explorando conceitos como a geometria associativa, que permite a reconfiguração de parâmetros da estrutura geométrica. Por fim está o **Modelo de Formação baseado em movimento** que segundo

Romcy (2017) aborda conceitos alternativos de espaço e forma dinâmicos através do uso de animações e técnicas de *morphing*.

No **Modelo Generativo** (*generative model*) o projeto é baseado em algoritmos computacionais e o processo de geração da forma ocorre a partir de regras, relações e princípios. Uma das principais características deste modelo é a interação, fornecendo ao projetista controle e alternativas na busca de soluções. Oxman (2006) estabelece duas subclasses de modelos generativos. A primeira refere-se a **Gramática da Forma** (*shape grammar*), que propõe dispositivos generativos baseados em regras de composição formal. A segunda subclasse é denominada **Modelos Evolucionários** (*evolutionary models*), que referem-se a geração da forma como resultado de um processo evolucionário resultado de um algoritmo genético.

O **Modelo de Desempenho** (*performance model*), por sua vez, refere-se a um processo onde tecnologias dão suporte para a geração da forma a partir da utilização do desempenho desejado como um dado de entrada. Oxman (2006) o divide em duas subclasses. A primeira refere-se ao **Modelo de Formação baseado no desempenho**, no qual um processo que simulam as forças externas é utilizado para guiar o processo de formação do edifício. A segunda subclasse é denominada de **Modelo de Geração baseado no desempenho**, onde processos generativos são aplicados baseados em critérios de desempenho estabelecidos vinculados a processos de formação.

Por fim, o **Modelo Integrado Composto** (*Integrated Compound Model*) refere-se a uma especulação de Oxman (2006) sobre um possível encaminhamento do projeto digital, integrando processos de formação, geração, avaliação e desempenho. Delatorre (2014) aborda que independentemente de o BIM estar enquadrado por Oxman na categoria CAD, ele pode vir a integrar um modelo composto.

Posteriormente, Oxman (2017) estabelece uma nova classificação direcionada exclusivamente a projetos paramétricos (*parametric design*), excluindo portanto, a categoria anteriormente proposta pela autora de modelo CAD (*CAD model*). Embora previamente Oxman (2006) tenha enquadrado BIM na classe de modelo CAD de avaliação, subentende-se que a tecnologia BIM ao fundamentar-se em modelagem paramétrica baseada em objetos inteligentes, também se enquadraria em uma das categorias de projetos paramétricos propostos, sendo elas: **Modelo de Avaliação**

(*Evaluation Model*); **Modelo de Geração** (*Generation Model*); e **Modelo de Desempenho** (*Performance Model*) (Oxman, 2017).

Basicamente o que as três categorias possuem em comum em um primeiro momento, é o emprego de ferramentas de *design* paramétrico para o processo de concepção formal. Posteriormente, o processo se direciona a uma finalidade distinta que o enquadrará em uma das três categorias propostas, podendo esta finalidade ser meramente a exploração formal, ou avaliação de critérios como desempenho. Neste sentido uma ferramenta de *design* paramétrico otimizaria o processo ao flexibilizar a exploração de alternativas e resultados variados por possibilitar maior controle da forma através de parâmetros. Apesar de Oxman (2017) não mencionar o BIM, sabe-se com base em trabalhos a exemplo dos desenvolvidos por Romcy (2017) e Souza (2018) de seu potencial para ser utilizado paralelamente a ferramentas de *design* paramétrico para documentar a forma, extrair quantitativos, analisar custos, realizar simulações, etc.

Quando se tratando do âmbito do ensino, Oxman (2008) aborda que a proposição de princípios didáticos que envolvem processos digitais de projeto enfrenta certos obstáculos no ensino tradicional. Segundo a autora os principais problemas estão vinculados a influência de modelos e metodologias que caracterizam o processo de projeto, as bases de conhecimento e teorias que estabelecem paradigmas, conceitos e abordagens, e por fim, a influência dos meios de representação utilizados nos processos de concepção e investigação projetual. Considerando e reconhecendo tais dificuldades, e longe de priorizar o uso exclusivo de BIM como um processo digital durante a atividade projetual, esta pesquisa buscou aporte no trabalho desenvolvido por Romcy (2017). A autora reconhece a importância de serem estabelecidas possíveis interfaces entre ferramentas, processos e modelos digitais e outros meios de representação, incluindo os analógicos.

Neste contexto, buscou-se elencar as possíveis contribuições do *Building Information Modeling* para o processo geral de projeto em suas respectivas fases de Análise, Síntese e Avaliação, estabelecendo interfaces com outros métodos e técnicas sempre que necessário, considerando as principais características identificadas através da revisão da literatura – o processo projetual como uma prática espiral, que se inicia de forma abstrata e aumenta seu grau de definição gradativamente, passando por constantes fases de análise, síntese e avaliação, e a incorporação de novas informações sempre que

necessário. Esta reflexão é importante ao corroborar com o exposto por Rocha (2009) que aborda que *softwares* para projeto paramétrico, BIM e prototipagem rápida vêm sendo introduzidos ao ensino no Brasil, mas na maioria das vezes sem uma reflexão teórica e projetual, limitando sua utilização como ferramenta e não como meio.

A fase de análise é elencada por autores como Jones (1971) e Andrade, Ruschel e Moreira (2011) como a fase inicial do processo onde são levantadas informações relevantes para a definição do problema de projeto. Algumas destas informações são dados advindos de fontes como legislações ou mesmo expectativas e necessidades dos clientes/usuários que podem ficar registradas em documentos textuais. Outros dados, advindos do ambiente onde o projeto será construído podem ser armazenadas no próprio *software* BIM. O modelo do terreno, por exemplo, refere-se a um condicionante que pode ganhar “materialidade” e estar armazenado em uma plataforma BIM desde a fase de análise. Outros dados que podem ficar armazenados em plataformas BIM são aqueles referentes a localização do projeto. O arquivo pode ser georreferenciado para que posteriormente na fase de avaliação, simulações sejam realizadas para avaliar o desempenho das soluções propostas. As simulações também podem ser realizadas já nas fases iniciais do processo, assim BIM auxiliará nas decisões projetuais. Portanto, neste estágio inicial o *software* BIM pode dar apoio para a criação de uma simulação virtual do ambiente físico onde o projeto será construído.

A palavra informação, mencionada já na década de 1960 por Morris Asimow ao descrever a atividade projetual, é um dos pilares que fundamentam o conceito BIM ao incorporar o item *information* ao acrônimo. Andrade e Ruschel (2011) abordam BIM como um processo de projeto fundamentado no gerenciamento das informações do edifício através do modelo digital. A incorporação da informação ao modelo virtual ainda facilita outras atividades posteriores do processo, como a extração de quantitativos ou a realização de simulações. Neste contexto, BIM pode ser considerado como um gerenciador das informações do projeto, as quais ficam armazenadas em uma plataforma estando à disposição de qualquer agente envolvido no processo de maneira simultânea. No entanto, Andrade e Ruschel (2011) destacam que a falta de interoperabilidade ainda se apresenta como um desafio, uma vez que impede o fluxo de informações entre diferentes plataformas.

Após levantadas as informações relevantes para definição do problema de projeto, que segundo Jones (1971) resultam no programa arquitetônico, a fase seguinte denominada síntese refere-se a etapa criativa do processo, onde trabalha-se com a geração de múltiplas ideias a partir de princípios como o “conceito” e o “partido”. Ruschel (2014) aborda que ferramentas BIM são mais recomendadas para as etapas posteriores de desenvolvimento do projeto do que para a concepção, uma vez que sua representação é baseada em categorias de objetos direcionados para a construção civil, o que pode limitar os processos criativos. Recentemente, no entanto, alguns *softwares* BIM a exemplo do ArchiCAD vêm incorporando novas funções a exemplo da ferramenta “*morph*”, que permite criar e manipular geometrias de forma livre e direta através de elementos genéricos, possibilitando a realização de estudos iniciais dentro da plataforma. Utilizar um nível de desenvolvimento baixo dentro desta etapa, a exemplo do LOD 100, também permite maior flexibilidade a geração de ideias.

Andrade e Ruschel (2011) ressaltam que a modelagem paramétrica pode substituir a singularidade de um objeto gerado com apoio dos convencionais sistemas CAD, por uma multiplicidade de opções de variações deste objeto. Isto permite verificar através da avaliação qual dos modelos soluciona de forma mais satisfatória ao problema de projeto. Neste contexto, os autores destacam que o uso da modelagem paramétrica possibilita a geração de variações sem a necessidade de apagar ou criar outro desenho, tornando a busca por soluções de projeto mais rápida e flexível.

Por fim, ainda sobre a etapa criativa do processo projetual denominada síntese, como já mencionado não estimula-se o uso isolado de plataformas BIM, pelo contrário, o projetista ou estudante deve desenvolver a habilidade de estabelecer interfaces com outros meios. Isto vai de encontro ao colocado por Kowaltowski et al. (2006) ao recomendar o uso de diferentes ferramentas ao permitir uma colocação maior de exigências sobre o projeto e o aprofundamento de análise durante o desenvolvimento do produto. Os autores complementam ainda que a concepção que viaja várias vezes entre o papel e os modelos digitais e físicos deve ser estimulada ao prever aspectos qualitativos para o processo e o produto resultante. Corroborando com isso Rheingantz (2016) aborda que no ensino de projeto o caminho a ser seguido nos ateliers deveria ser a substituição da conjunção “ou” pela conjunção aditiva “e”, resultando em uma possibilidade promissora de “concepção e ensino de projeto: analógico e digital”.

A etapa da avaliação é responsável pela realização de simulações para verificar quais das soluções propostas na etapa de síntese atende mais satisfatoriamente ao problema de projeto. Deve-se ressaltar que o modelo resultante de um processo BIM por si só é considerado uma simulação de um edifício real, a partir do qual várias interferências podem ser verificadas através da capacidade de visualização destes *softwares*. No âmbito do ensino, Andrade e Ruschel (2011) consideram a falta de interoperabilidade um limitante para a troca de dados e informações entre diferentes *softwares* possibilitando a realização de simulações para avaliações das soluções propostas pelos acadêmicos nos mais variados aspectos. Outros condicionantes referem-se ao grande número de itens e critérios a serem atendidos pelos acadêmicos durante o desenvolvimento do projeto em um período relativamente curto de tempo, onde normalmente são priorizadas as questões de desenvolvimento formal e representação do objeto arquitetônico, sendo as avaliações deixadas para disciplinas mais específicas, normalmente aquelas relativas ao conforto e habitabilidade.

Posteriormente a definição da solução mais satisfatória, a atividade projetual envolve um constante aumento do grau de definição do objeto arquitetônico, até o detalhamento de seus pormenores. Nos *softwares* BIM o conceito de LOD pode ser utilizado para dar apoio a definição do nível de desenvolvimento ou detalhamento de cada uma das etapas do processo, conforme abordado no item 2.3.5 – sendo o LOD 100 indicado para o desenvolvimento dos estudos iniciais; LOD 200 para definição do partido arquitetônico; LOD 300 para o anteprojeto arquitetônico; e LOD 350 para o projeto executivo. O LOD 400 e o LOD 500, como já mencionado estão relacionados ao apoio da execução da obra e manutenção durante a ocupação do edifício.

Destaca-se portanto que cabe ao projetista ou estudante escolher quais fases do processo projetual serão desenvolvidas em *software* BIM, a partir de condicionantes como tipologia do problema estudado, escala do projeto, entre outros. Percebe-se que *softwares* BIM apresentam potencialidades que viabilizam a realização de todas as etapas do processo projetual, ou como abordado em pesquisas como a de Romcy (2017) e Souza (2018), com o uso conjunto de métodos analógicos associados ainda a ferramentas paramétricas a exemplo do Grasshopper, permitindo uma conexão em tempo real com o ArchiCAD, durante as etapas de concepção formal.

Outro fator a ser observado é que processos BIM de projeto costumam direcionar a maior carga de trabalho para as fases de análise e síntese, uma vez que eles demandam a construção virtual do modelo, onde a arquitetura já deve estar bem definida para estabelecer as relações entre seus elementos construtivos, definição de materiais, tipos de esquadrias, etc. Por outro lado, a etapa destinada a geração da documentação arquitetônica tende a ser mais compacta uma vez que elas são automatizadas ao passo que o modelo é construído. Outro fator positivo deste aspecto é que uma única plataforma pode ser utilizada durante o processo projetual para produtos variados, reduzindo o número de erros de projeto por incompatibilização, fator este de grande importância para edifícios complexos, formados por um grande número de sistemas que precisam estar espacialmente relacionados.

Por fim, os modelos virtuais em BIM podem dar apoio a prototipagem de modelos físicos e ao uso de técnicas de realidade virtual e realidade aumentada através de aplicativos como o BIMx ou *twinmotion*, que possibilita uma renderização rápida e relativamente simples do projeto.

## **2.6 Considerações sobre o capítulo**

A revisão de literatura permitiu construir um panorama histórico acerca das contribuições e perdas ocorridas na prática profissional e no ensino de arquitetura ao passo que sistematizou-se a representação tendo apoio sobre as tecnologias disponíveis em cada período.

Verificou-se que as abordagens referentes ao processo geral de projeto baseados nas convenções tradicionais de representação, normalmente analógicos ou apoiadas em sistemas CAD, englobam aspectos referentes ao domínio do projetista sobre o programa arquitetônico, lançamento formal e representação do objeto projetado. BIM ao corroborar para um novo método projetual vem trazer novas contribuições as consolidadas etapas de análise, síntese e avaliação ao dar apoio ao armazenamento e gerenciamento de informações, mas também ao introduzir um novo aspecto ao processo projetual, aquele referente ao domínio técnico-construtivo. Ao ser desenvolvido em *software* BIM o modelo virtual se torna mais próximo da tectônica arquitetônica, introduzindo ao processo projetual aquele aspecto referente a lógica material da construção física. No que se refere ao campo da prática projetual, no entanto, esta discussão é recente, e pouco se encontra disponível na bibliografia sobre o domínio da tectônica arquitetônica como um elemento

integrante do processo projetual. Neste contexto, o capítulo seguinte apresentará a didática da disciplina de estudo – um atelier de projeto arquitetônico do quarto semestre de um curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, visando explicitar o processo projetual empregado no ensino e propor possíveis estratégias a fim de facilitar um entendimento maior dos aspectos técnicos-construtivos abordados.

### 3. Entendimento do Contexto Local

A identificação de um contexto real é parte fundamental de pesquisas construtivas. Assim sendo e compreendido o problema geral deste trabalho, este capítulo aborda o processo projetual didático empregado na disciplina de estudo – o Atelier de Projeto Arquitetônico II do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS<sup>13</sup>. Isto será feito através de uma apresentação do cenário geral do processo de instrumentalização digital do curso, seguida da caracterização da disciplina e justificativa de escolha como ambiente de estudo para, após a explanação de sua estrutura didática ao longo do tempo, apontar os possíveis focos de desenvolvimento dentro de uma estratégia BIM.

Conforme esclarecido, antes de adentrar na caracterização de PA-II AC julga-se necessário uma breve compreensão de como ocorre o processo de instrumentalização digital dentro deste curso. Analisando a grade curricular (Anexo C) do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, juntamente da súmula das disciplinas, percebe-se que na estrutura inicialmente proposta para 2020/1 (anterior à implementação do Ensino Remoto devido a pandemia) três cadeiras integram um grupo responsável pela capacitação digital, sendo elas: Representação Gráfica I (RG-I) no 2º período, Representação Gráfica II (RG-II) no 3º período, e Representação Gráfica III (RG-III) no 4º período. Em RG-I são abordadas normas de desenho técnico para representação de projetos de arquitetura através do desenho de plantas, cortes e elevações em diferentes escalas e convenções, utilizando programas gráficos do sistema CAD. A partir de 2020/1, no entanto, esta iniciou uma revisão de conteúdos no intuito de apresentar aos acadêmicos conceitos básicos da tecnologia BIM através do *software* ArchiCAD. RG-II, por sua vez, foca desde 2017/1 exclusivamente na representação de desenhos técnicos, detalhamentos e modelagem tridimensional utilizando tecnologia BIM/ArchiCAD. Por fim, a disciplina de RG-III desde 2017/1 vem passando por mudanças que a direcionaram ao entendimento do objeto

---

<sup>13</sup> Em 2019/1 somente PA-II turma C sob orientação da Profa. Angelica Paiva Ponzio foi ambiente de estudo desta pesquisa contando com 15 alunos, um monitor e um estagiário docente – este pesquisador. Em 2019/2, no entanto, as turmas A – Prof. William Mog, e C – Profa. Angelica Paiva Ponzio, uniram-se, aumentando a amostra para 24 acadêmicos, um monitor e dois estagiários docentes, incluindo este pesquisador.

arquitetônico e sua representação através de novas tecnologias de fabricação digital e desenho paramétrico através de *softwares* de programação visual como Rhinoceros/Grasshopper. Assim, em Projeto Arquitetônico I (PA-I) no 3º período, os alunos ainda estão desenvolvendo suas habilidades em BIM, resultando em uma mescla na utilização de ferramentas CAD/Sketchup e BIM para o desenvolvimento do projeto. Em PA-II, no entanto, RG-I e RG-II já foram concluídas, sendo esta uma oportunidade em potencial do emprego de BIM em uma disciplina de projeto.

### **3.1 Projeto Arquitetônico II AC – Caracterização da Disciplina e Justificativa de Escolha**

Atualmente, Projeto Arquitetônico II turmas AC (PA-II AC) faz parte do 4º período do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, sendo ministrada três vezes por semana com aulas que variam entre 2h30min a 3h20min, totalizando 150 horas semestrais. Apresenta um número médio de 15 alunos para um professor, contando ainda com um monitor de graduação e a possibilidade de estagiários docentes de mestrado e/ou doutorado. É importante ressaltar que em 2019/1 apenas a turma C era ambiente de estudo deste trabalho. Em 2019/2, no entanto, as turmas A e C uniram-se, consequentemente aumentando a amostra<sup>14</sup>, e contando também com um segundo professor. O tema abordado nesta disciplina é um hotel *design* onde cada aluno desenvolve o anteprojeto arquitetônico de uma unidade de hospedagem de aproximadamente 60 m<sup>2</sup>, com até dois pavimentos, contemplando um programa mínimo de áreas de dormir, banho, refeições e lazer, e adotando como técnica construtiva o *woodframe*. O uso desta técnica construtiva modular a seco tem sido empregada em PA-II desde 2015/2. Quanto ao sítio utilizado para o projeto, este possui aproximadamente 45.000 m<sup>2</sup> e fica localizado no distrito de Itapuã, município de Viamão, região metropolitana de Porto Alegre, em local integrado a natureza às margens do rio Guaíba. As figuras 15 a 17 caracterizam a tipologia programática abordada no projeto da disciplina, referentes a trabalhos acadêmicos.

---

<sup>14</sup> Número de acadêmicos matriculados na disciplina que aceitaram participar da pesquisa através da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice C).

Figura 15: Planta-baixa humanizada projeto acadêmico Pedro Cohen Pereira



Fonte: Pedro Cohen Pereira (2019)

Figura 16: Render projeto acadêmico Pedro Cohen Pereira



Fonte: Pedro Cohen Pereira (2019)

Figura 17: Planta-baixa projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade



Fonte: Ravel Pahola Brevia de Andrade (2019)

Inicialmente, a escolha de PA-II como ambiente de estudo foi pautada por características gerais referentes ao curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, bem como por especificidades da disciplina, sendo elas:

- Conforme aborda Souza (2018), “os conhecimentos e técnicas projetuais neste ponto da formação acadêmica (4º período) ainda estão se sedimentando, logo, há espaço para a aceitação de novas abordagens projetuais”;
- No 4º semestre os acadêmicos já apresentam certa bagagem técnica, construtiva e conceitual. Já cursaram disciplinas de cálculo e geometria descritiva, história, representação gráfica, projeto arquitetônico, habitabilidade e resistência dos materiais, além de cursarem paralelamente disciplinas como técnicas de edificação e instalações hidráulicas. O percurso percorrido pelos estudantes até este ponto da formação acadêmica pode ser analisado na grade curricular do curso presente no anexo C desta pesquisa;
- A disciplina é cursada após concluídas RG-I e RG-II, fazendo com que os acadêmicos já apresentem certo domínio de conceitos e ferramenta BIM;
- PA-II aborda um projeto de área reduzida e baixa complexidade programática, corroborando com o exposto por Delatorre (2014) de que BIM deve ser implantado de forma gradual, partindo de projetos menores, e aumentando o nível de complexidade e detalhamento ao passo que o acadêmico adquire maior conhecimento;
- A disciplina se propõe a funcionar como um atelier integrado unindo conhecimentos sobre projeto arquitetônico e técnica construtiva, se tornando uma boa oportunidade de adentrar durante o processo projetual ao nível de competência Intermediário abordado por Barison e Santos (2011), bem como no estágio 2: Colaboração abordado por Succar (2009). Pode-se ainda avaliar a possibilidade de desenvolver os anteprojetos arquitetônicos seguindo o nível de desenvolvimento LOD 350 – ver o item 2.3.5 desta pesquisa.
- A técnica construtiva adotada (*woodframe*) apresenta certa complexidade de compreensão e representação, se tornando uma boa oportunidade de aprimorar e avaliar dentro da disciplina uma estratégia que utilize a tecnologia BIM como um

instrumento pedagógico para o ensino-aprendizagem de conteúdos específicos, como abordado por Leal (2018), Romcy (2017) e Medeiros (2015), além de estimular a prática dos aspectos tectônicos durante o processo projetual.

### 3.2 Projeto Arquitetônico II AC – Modelos e Estratégias Didáticas

Os modelos didático-teóricos de processo projetual empregados na disciplina de PA-II AC são resultado dos estudos desenvolvidos em um projeto de pesquisa<sup>15</sup> - aqui chamada de Pesquisa de Referência, que tem como objetivo principal discutir e estudar o uso de métodos criativos para a solução de problemas complexos visando a inovação no processo de projeto arquitetônico. Dentro de seus procedimentos encontram-se a análise, sistematização e comparação de dados e modelos didático-teóricos do processo projetual. Nesse contexto, partindo inicialmente em 2014 do estudo de uma estratégia focada em técnicas analógicas de estímulo ao pensamento criativo, a Pesquisa de Referência individualizou inicialmente o Modelo *Design Thinking* (*Estratégia Design Thinking* – EDT). A partir de 2016 a Pesquisa de Referência orientou-se para o campo dos saberes digitais, desdobrando-se no chamado Modelo Tecnológico focado no estudo de um novo paradigma - aquele referente ao impacto de tecnologias digitais inovadoras de representação, simulação e fabricação no processo criativo de projeto arquitetônico. Neste âmbito foram individuadas até o momento duas estratégias – a *Estratégia Parametric Design Thinking* (EPDT) e a *Estratégia BIM* (EB); atualmente encontra-se em fase de estudo uma terceira estratégia– a *Estratégia Matriz Morfológica* (EMM) (Ponzio et al., 2020).

Para um melhor entendimento da didática da disciplina, será apresentada uma revisão das estratégias empregadas no período de 2014 até 2018.<sup>16</sup>

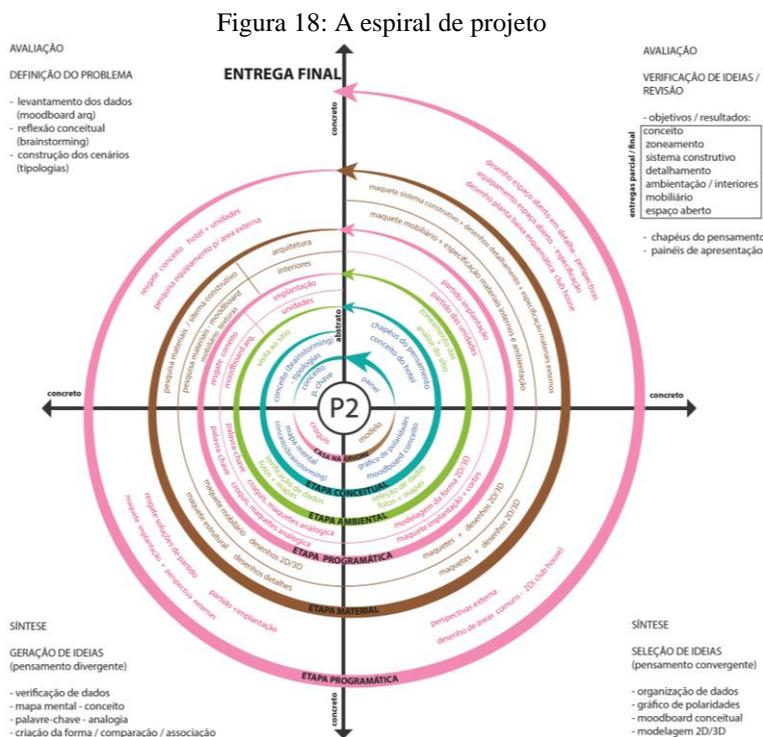
---

<sup>15</sup> O projeto de pesquisa intitulado “Uso de Métodos Criativos Visando a Inovação no Processo de Projeto Arquitetônico” é coordenado pela Profa. Dra. Angelica Paiva Ponzio e está no âmbito do Grupo de Pesquisa do CNPQ intitulado: “Criatividade e Inovação no Processo de Projeto Arquitetônico”. Associados com estes estudos estão as dissertações de mestrado de autoria de Leonardo Prazeres Veloso de Souza (“Os Caminhos do Projeto na Plataforma Digital: uma investigação pedagógica do processo projetual no ambiente paramétrico”) - trabalho desenvolvido no PROPAR com orientação do Professor Dr. Airton Cattani, tendo realizado estagio docente em PA-II C com a Profa. Dra. Angelica Paiva Ponzio em 2017, e a presente dissertação.

<sup>16</sup> Estes modelos foram recentemente apresentados na Conferência Anual do eCAADe com o trabalho: “Digital Understandings in the Construction of Knowledge: Report of experiences in contemporary architectural design teaching”, sob autoria de Angelica Paiva Ponzio, Leonardo Prazeres Veloso de Souza, Victor Mateus Schulz e Cindy Lasso Estupinam.

### 3.2.1 Estratégia *Design Thinking* (EDT) – 2014

Sistematizada a partir de 2014<sup>17</sup>, esta estratégia projetual caracteriza-se a partir de três grandes temas correspondentes a diferentes escalas de trabalho que vão do geral ao particular, gradualmente aumentando o nível de complexidade e detalhamento, sendo eles o “conceitual-ambiental”, “programático-formal” e “material-construtivo”. O modelo cognitivo deste processo projetual segue as bases daquele originalmente proposto por Broadbent (1973), o qual descreve um movimento em espiral onde a cada volta se logra um maior nível de complexidade e definição, passando por constantes fases de análise, síntese e avaliação (Ponzio e Machado 2015), conforme demonstra a figura 18. A EDT foca principalmente em estratégias para o lançamento da temática do hotel e seu conceito, exercitado em grupos durante o desenvolvimento do tema “conceitual-ambiental”. A partir dos temas “programático-formal” e “material-construtivo”, cada integrante do grupo possui autonomia para desenvolver uma unidade de hospedagem que corresponda ao conceito do hotel e a um programa de necessidades direcionado a um público-alvo específico, definido e justificado pelo próprio estudante.



Fonte: Ponzio e Machado (2015)

<sup>17</sup> No período de 2012 até 2014/2 a disciplina de PA-II refere-se as turmas C e D, ministradas pelas professoras Angelica Paiva Ponzio e Andrea Machado. A partir de 2015/1 refere-se somente à turma C, orientada pela profa. Angelica Paiva Ponzio em turma única até 2019/1. De 2014/2 em diante as estratégias de PA-II passaram a ser sistematizadas na “Pesquisa de Referência” citada.

Na sequência serão abordados cada um dos temas mencionados, assim como as técnicas, tecnologias e produtos resultantes de cada um.

**Tema Conceitual-ambiental:** apresentado o problema de projeto da disciplina, este período é dedicado a uma visita ao sítio e análise das condicionantes ambientais e pré-existências locais, juntamente de estudos de caso. Estas atividades apoiam a definição do conceito do hotel, que ocorre com o auxílio da aplicação de técnicas analógicas de *design thinking* a exemplo de mapa mental, *brainstorming*, gráfico de polaridades, *storytelling*, construção de cenários, e elaboração de um *moodboard* conceitual, os quais serão explicados na sequência. Tais práticas resultam no conceito, palavra-chave, nome e *slogan* do hotel, apresentados em grupo na forma de painel e avaliados pela turma através de um método chamado Chapéus do Pensamento (De Bono, 2008).

Construção de Cenários: segundo Ponzio e Machado (2015), esta etapa tem como objetivo a construção de repertório que resulta na geração de novas propostas e na construção de um novo cenário, uma vez definido o conceito de projeto. Isto ocorre por meio da pesquisa de tipologias e materiais análogos a proposta projetual apresentada (estudos de caso).

Mapa Mental + *Brainstorming*: segundo Kowaltowski, Bianchi e Petreche (2011) o mapa mental foi desenvolvido nos anos 1960 por Tony Buzan e é conhecido como diagrama em árvore ou fluxograma. É um diagrama que representa palavras, ideias, atividades, sensações ou itens ligados a um conceito central. O *brainstorming*, por sua vez, foi enunciado por Osborn em 1953 e é aplicado contemporaneamente em várias áreas do conhecimento. Pode ser traduzido de forma literal como “tempestade cerebral” ou “tempestade de ideias”, normalmente realizado em grupo, na qual se busca suspender temporariamente o senso crítico para gerar uma grande quantidade de ideias. Nesta etapa se aplica o *brainstorming* para gerar o Mapa Mental.

Gráfico de Polaridades: também conhecido como diagrama de Matrix, trata da estruturação das ideias geradas de forma livre na etapa do mapa mental e do *brainstorming* através de um diagrama com dois eixos cartesianos que conformam polos opostos. Em PA-II estes polos correspondem aos aspectos organizacionais do projeto (dentro, fora, público, privado), e no centro do quadrante é utilizada a

palavra central do mapa mental, normalmente correspondente ao conceito geral do projeto. Em cada quadrante todas as palavras escritas no mapa mental devem ser “encaixadas” da maneira mais adequada (Ponzio e Machado, 2015).

*Moodboard* Conceitual: nesta etapa os estudantes selecionam algumas palavras do gráfico de polaridades e buscam imagens em sites ou revistas que as representem. Pode-se ainda utilizar objetos como folhas, galhos, fios, tecidos etc., atribuindo um caráter tridimensional ao *moodboard*. O objetivo aqui é o de transmitir o “estado de espírito” ou “atmosfera” do projeto. A maneira como as imagens são transpostas é livre e individual.

Chapéus do Pensamento: criada por Edward De Bono na década de 1980, esta técnica é utilizada na etapa de avaliação do tema “conceitual-ambiental” e tem como finalidade a ordenação do pensamento crítico ao neutralizar a “confusão mental” que pode ocorrer durante um debate ou sessão de avaliação. Cada estudante deve criar um chapéu com uma determinada cor. Seis cores de chapéus são utilizadas dentro desta técnica, cada qual com uma finalidade. Há a sessão de identificação de riscos (chapéus pretos), a de gerar ideias (chapéus verdes), a de apresentar as informações (chapéus brancos), a de expor emoções (chapéus vermelhos), a de buscar uma visão positiva (chapéus amarelos) e a de ordenar a apresentação (chapéus azuis, usados pelos professores) (De Bono, 2008). A medida que ocorre a apresentação dos trabalhos os estudantes vão trocando de chapéus para poderem participar de todos os enfoques da crítica. Segundo Ponzio e Machado (2015) “esta técnica rompe barreiras de comunicação e isenta o interlocutor de uma carga pessoal comumente atribuída à crítica”.

Conceito e Palavra-chave: as definições de conceito são amplas e muitas vezes abstratas quando se tratando de projeto arquitetônico. Ponzio e Machado (2015) abordam que conceito pode ser traduzido por uma sensação ou ação que o projetista quer evocar. Citam ainda que atua como uma linha guia e pode gerar uma ou mais palavras-chave, a partir das quais surgem os primeiros croquis e modelos que auxiliarão na geração de ideias iniciais, posteriormente materializadas através do partido arquitetônico.

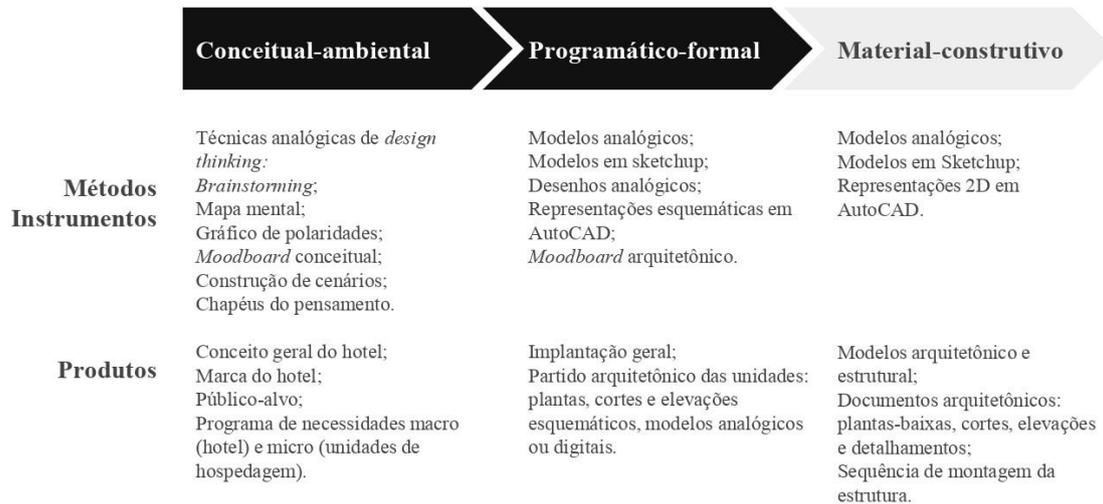
Ao final desta etapa são definidos conceito, palavras-chave, nome e *slogan* do hotel, além de um estudo preliminar de zoneamento das atividades integrantes do programa de necessidades do hotel, estabelecendo caminhos principais e secundários, bem como a localização das unidades de hospedagem no terreno. Toda esta etapa é desenvolvida em grupo resultando na elaboração de uma maquete analógica ou digital, croquis, renders e/ou fotomontagens para representar as ideias iniciais da proposta.

**Tema Programático-formal:** realizados os estudos iniciais, esta fase engloba o lançamento de uma proposta de implantação em maior definição, bem como do partido arquitetônico das unidades de hospedagem individuais. A proposta de implantação aqui tem como produtos desenvolvidos em grupo uma planta de implantação, maquete analógica ou digital, croquis, renders e/ou fotomontagens. Em relação ao partido arquitetônico das unidades, este apresenta baixo nível de detalhamento nesta etapa, (sendo desenvolvido até 2015/1 sem restrições quando a técnica construtiva), visando incentivar um processo criativo mais amplo e maior liberdade formal. Apesar de o anteprojeto arquitetônico ser desenvolvido individualmente a partir deste ponto, as unidades devem corresponder ao conceito geral do hotel, portanto estimula-se o debate dentro dos grupos. Como produtos resultantes se encontram um *moodboard* arquitetônico das unidades, plantas-baixas e cortes esquemáticos e, maquete da volumetria, utilizando-se métodos analógicos e/ou digitais.

**Tema Material-construtivo:** Segundo Ponzio e Machado (2015), “a etapa Material preconiza os aspectos tectônicos na caracterização da forma e da identidade conceitual. Tem por objetivo promover uma arquitetura centrada nas suas qualidades materiais e construtivas e produzir uma série de documentos que detalham e especificam esta materialidade”. Esta etapa ocorre de forma individual compreendendo o desenvolvimento dos modelos 3D (um arquitetônico e um estrutural), além dos documentos que integram o anteprojeto arquitetônico – plantas-baixas, cortes, elevações e detalhamentos. Estas atividades eram necessariamente desenvolvidas digitalmente visando uma maior precisão em *softwares* CAD (a exemplo do AutoCAD) para as representações bidimensionais e, opcionalmente para os modelos tridimensionais de volume e estrutura, por *softwares* de desenho de superfícies – a exemplo do Sketchup. Importante ressaltar também que a partir de 2015/2 a disciplina optou por adotar exclusivamente a técnica construtiva a seco *woodframe*, visando um maior enfoque nas questões tectônicas na didática empregada.

O esquema da figura 19 representa o caminho percorrido pelos acadêmicos no processo projetual aplicado durante o emprego exclusivo da Estratégia *Design Thinking*, assim como os métodos, instrumentos e produtos resultantes de cada etapa. As setas marcadas em preto correspondem ao enfoque dado por esta estratégia.

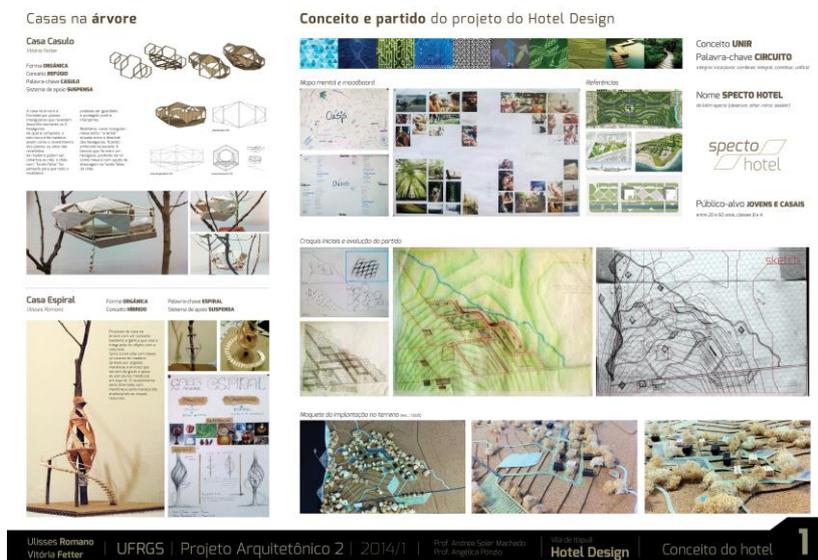
Figura 19: Estratégia *Design Thinking* – 2014



Fonte: Ponzio et al. (2020)

A figura 20 demonstra alguns métodos, instrumentos e produtos resultantes do tema “conceitual-ambiental” durante a aplicação da Estratégia *Design Thinking*. Já a figura 21 é respectiva a implantação desenvolvida no tema “programático-formal”. Por fim, a figura 22 representa o diagrama estrutural desenvolvido pelo acadêmico no Sketchup juntamente de imagens da maquete física, integrantes do tema “material-constructivo”.

Figura 20: Métodos analógicos de *design thinking* empregados durante o tema “Conceitual-ambiental”



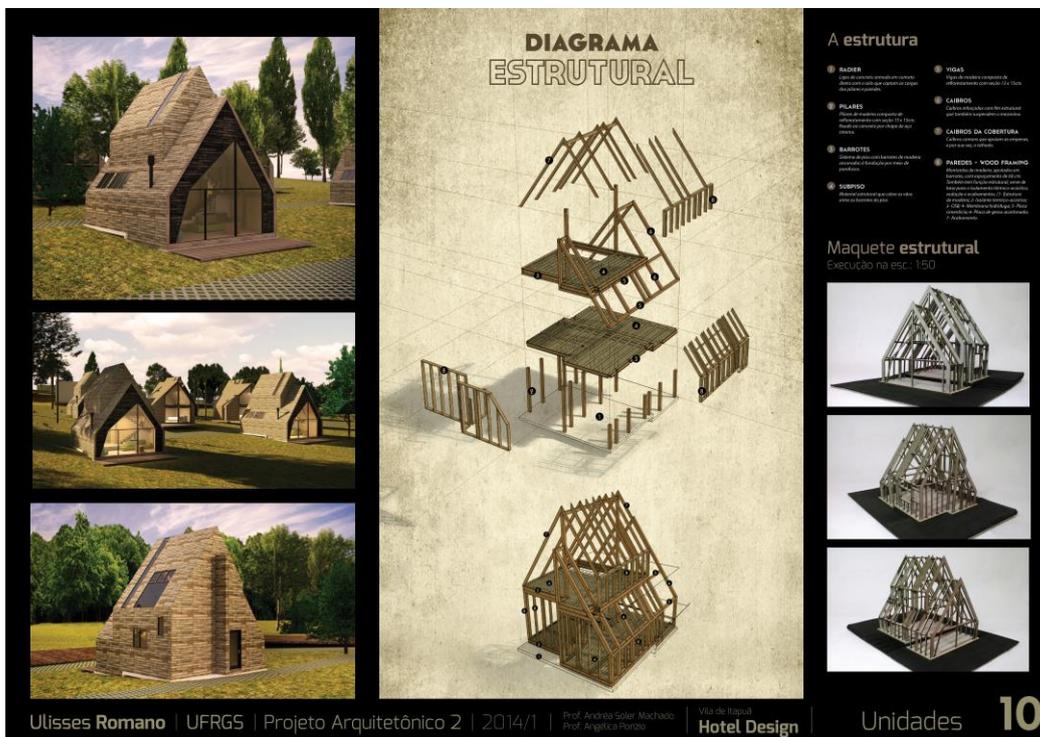
Fonte: Ulisses Romano e Vitória Fetter (2014)

Figura 21: Implantação digital desenvolvida no tema “Programático-formal”



Fonte: Ulisses Romano e Vitória Fetter (2014)

Figura 22: Diagrama estrutural e maquete física desenvolvidos no tema “Material-constructivo”



Fonte: Ulisses Romano (2014)

Apesar do potencial apresentado pela aplicação das técnicas analógicas de *design thinking* para a definição do conceito, o uso de ferramentas CAD para as representações

bidimensionais – plantas, cortes e detalhamentos, ocorria dissociado dos exercícios anteriores de lançamento da montagem do sistema estrutural em 3D, realizado, em sua maioria, através de *softwares* de modelagem de superfícies como o Sketchup. Como resultado, ocorriam eventuais problemas de incompatibilização de desenhos. Além disso, o processo de exploração formal transposto a essas plataformas limitavam de certa maneira o desenvolvimento de geometrias não euclidianas.

### 3.2.2 Estratégia *Parametric Design Thinking* (EPDT) – 2017/2

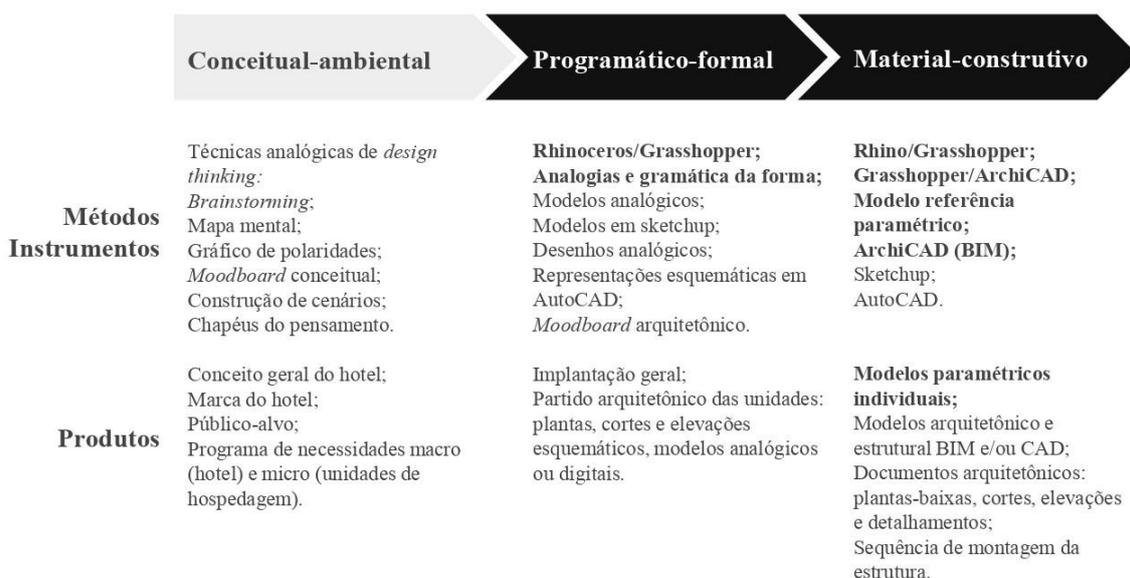
Conforme já exposto, a partir de 2016 a Pesquisa de Referência orientou-se para o campo dos saberes digitais, desdobrando-se no chamado Modelo Tecnológico. Focado no estudo de um novo paradigma, este abriu caminho para o estudo e exploração de novas estratégias didáticas. Paralelamente, em 2017 as disciplinas de representação gráfica do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS passaram pela reestruturação de seus conteúdos visando a inserção de novos saberes digitais aplicados ao processo projetual. Nesse contexto, RG-II (desde 2017/1) passou a abordar exclusivamente a tecnologia BIM através do ArchiCAD, e RG-III a focar no uso de novas tecnologias de fabricação digital e desenho paramétrico através de *softwares* como Rhinoceros e Grasshopper (desde 2017/2). De acordo com Oxman (2017) existem diversos modelos de *design thinking*, dentre os quais, emergindo como um modelo único e distinto, o *parametric design thinking* (PDT). Para a autora esta é uma nova categoria de pensar o processo criativo apoiado por tecnologias digitais parametrizadas. Como reflexo das mudanças, gradativamente, a partir de 2017/1 a disciplina PA-II C passou a contar com o emprego de ferramenta BIM (ArchiCAD), como estratégia didática para facilitar a compreensão da técnica construtiva *woodframe*, além de solucionar eventuais problemas de incompatibilização entre modelos tridimensionais e representações bidimensionais. Neste contexto, em 2017/2, o acadêmico Leonardo Prazeres Veloso de Souza realizou na disciplina de PA-II C o estudo de caso de seu mestrado acadêmico com a pesquisa intitulada “Os caminhos do projeto na plataforma digital: uma investigação pedagógica do processo projetual no ambiente paramétrico”<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> SOUZA, L. P. V. **Os caminhos do projeto na plataforma digital: uma investigação pedagógica do processo projetual no ambiente paramétrico**. 2018 176 f. Mestrado em Arquitetura. PROPAR. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Dissertação realizada no PROPAR/UFRGS, orientada pelo Prof. Dr. Airton Cattani, e defendida em 2018. Leonardo realizou seu estágio docente na disciplina de PA-II C durante 2017/1 e 2017/2, sob a supervisão da Profa. Angelica Paiva Ponzio.

Vindo de encontro aos novos direcionamentos almejados na Pesquisa de Referência, a Estratégia *Parametric Design Thinking* – EPDT, no âmbito da pesquisa de Leonardo, explorou ferramentas paramétricas de *design* digital dentro da estrutura dos três temas originais da Estratégia *Design Thinking*. Como diferenciação, porém, somaram-se novos métodos e instrumentos que resultaram em produtos alternativos nos temas “programático-formal” e “material-construtivo”. Após o emprego das já consolidadas técnicas analógicas de *design thinking* para o desenvolvimento do conceito, dentro do âmbito da pesquisa de Leonardo, foi oferecido aos acadêmicos que desejassem trabalhar com formas complexas orientações opcionais no emprego de *softwares* de *design* paramétricos como Rhinoceros e Grasshopper, assim como para uma posterior conexão à plataforma BIM (Grasshopper/ArchiCAD) para a materialização da documentação arquitetônica e detalhamentos. Como resultado desta oferta, quatro alunos de um total de quatorze optaram por desenvolver os trabalhos nessas plataformas, obtendo auxílio do pesquisador para o esclarecimento de dúvidas em relação a operação dos *softwares*. O esquema da figura 23 representa o caminho percorrido por esses acadêmicos no processo projetual aplicado durante a Estratégia *Parametric Design Thinking*. Em negrito estão os novos métodos, instrumentos e produtos inseridos em cada tema. As setas demarcadas em preto correspondem ao enfoque dado por esta determinada estratégia.

Figura 23: Estratégia *Parametric Design Thinking* – 2017



Fonte: Ponzio et al. (2020)

Os resultados desta estratégia (obtidos pelo mestrando através de entrevistas semiestruturadas) apontaram que, apesar das dificuldades enfrentadas pelos acadêmicos

no entendimento da lógica e operação de *softwares* paramétricos, a experiência foi considerada positiva uma vez que expandiu as possibilidades de exploração formal acarretando em maior variabilidade e autonomia em relação ao controle geométrico de formas complexas, expandindo a relação forma e conceito desenvolvidos previamente na etapa “conceitual-ambiental”. Importante ressaltar que esta estratégia ocorreu pontualmente em 2017/2; embora vinculada à pesquisa de Leonardo, esta contribuiu positivamente para os estudos da Pesquisa de Referência.

### 3.2.3 Projeto Arquitetônico II C - 2017/2018 – Potenciais de desenvolvimento da Estratégia BIM

Após a experiência da Estratégia EPDT em 2017/2, a disciplina retomou o formato original da Estratégia EDT, porém, conforme já exposto, prosseguindo com a experimentação gradativa iniciada em 2017 no emprego de BIM visando amenizar problemas de incompatibilização entre modelos tridimensionais e representações bidimensionais, além do auxílio no entendimento técnico-construtivo. Paralelamente, a Pesquisa de Referência passou a estudar no Modelo Tecnológico o que viria a se designar de Estratégia BIM.

Adotada como técnica exclusiva a partir de 2015/2, o sistema *woodframe* era explanado aos discentes através de aulas teóricas embasadas nas bibliografias de Rob Thallon (2009)<sup>19</sup> e Francis Ching (2010)<sup>20</sup> no início da etapa “material-construtiva”. Como resultado de visitas a construtores, fornecedores e engenheiros especialistas no setor, somado à bibliografia citada, a partir de 2017, inicia-se a compilação de um polígrafo de apoio ao entendimento do sistema conforme pode ser observado na figura 24.

---

<sup>19</sup> THALLON, R. Graphic Guide to Frame Construction. 3. ed. Newtown: Taunton Press, 2009. 256p.

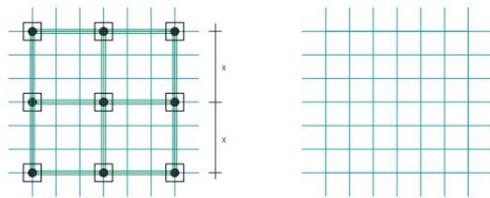
<sup>20</sup> CHING, F. D. K. Técnicas de Construção Ilustradas. 4. ed. Porto Alegre – RS: Bookman, 2010. 480p.

Figura 24: Imagens retiradas do polígrafo sobre *woodframe*

## 1. FUNDAÇÕES

### 1.1. ESTACAS - TERRENO INCLINADO OU ELEVADO

#### 1.1.1. MALHA 40x40 ou 60x60

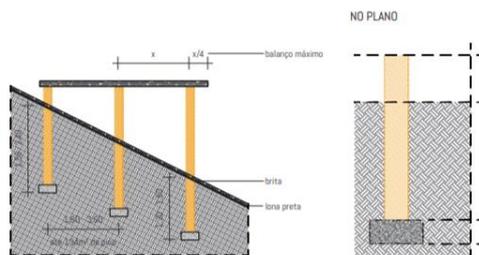


#### 1.1.2. BLOCOS FUNDAÇÃO - concreto

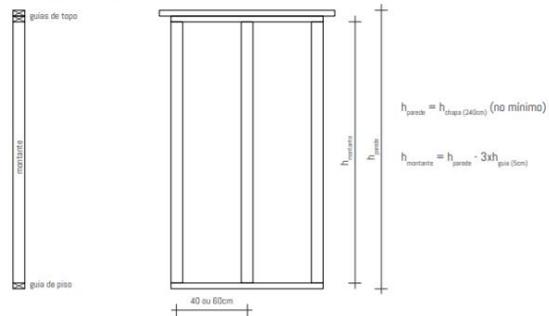


#### 1.1.3. ESTACAS

- PINUS/EUCALIPTUS: DIÂMETRO DE 15 - 25/30cm
- CONCRETO: DIÂMETRO DE 20-30cm



## 3. PAREDES



10cm 5cm 2"x4"	espaçamento de 60cm até 1 pavimento + cobertura		h máxima entre apoios = 430cm
15cm 5cm 2"x6"	espaçamento de 40cm até 2 pavimentos + cobertura		h máxima entre apoios = 610cm

## 4. VERGAS (PORTAS E JANELAS)

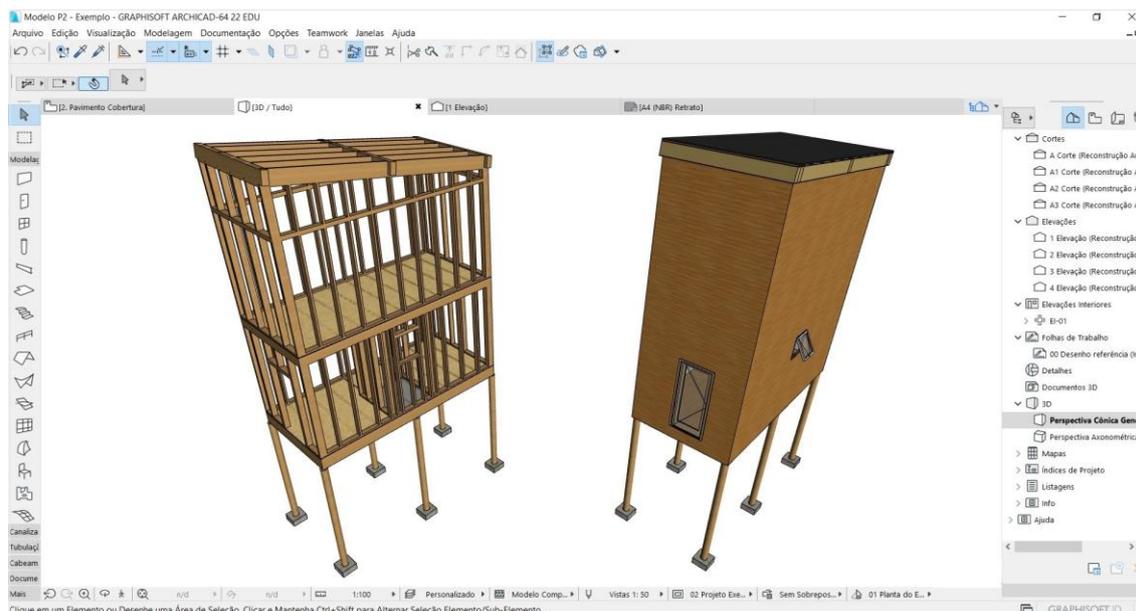
H VERGAS					
cobertura	120	120 a 180	180 a 240	240 a 300	400
1 pavimento		120	120 a 180	180 a 240	500

até 400cm = woodframe  
+ 400cm = viga "u" metálica ou madeira laminada colada (L/20)

Fonte: Fonte: Angelica Paiva Ponzio (2018)

Considerando a complexidade de compreensão, visualização e representação da técnica construtiva empregada, sentia-se ainda a necessidade de acrescentar atividades práticas para complementar a teoria. Dessa maneira, a partir de 2017 a disciplina passou a oferecer um modelo de referência em *woodframe* de uma unidade de hospedagem genérica em AutoCAD 2D, em Sketchup e em BIM/ArchiCAD (Figura 25). Com uma gradual adesão dos discentes à plataforma BIM, este modelo em ocasiões pontuais passou a ser oferecido através de um exercício dirigido que consistia na modelagem do mesmo no ArchiCAD. O objetivo do exercício era a visualização imediata da montagem da estrutura, exemplificando na prática o que era ministrado na teoria. Apesar do modelo servir de referência, este carecia de uma maior otimização de seus elementos; somado a isto, este não possuía um *template* completamente especificado – o que facilitaria na transposição da técnica construtiva aos projetos individuais e a uma maior homogeneidade de resultados gráficos. No anexo A encontra-se o cronograma de 2018/2.

Figura 25: Modelo de referência em *woodframe* utilizado preliminarmente em PA-II



Fonte: Pâmela Calliari Milesi (2017)

Dentro do panorama explanado, verificou-se então a oportunidade de um maior desenvolvimento da Estratégia BIM através da elaboração de produtos (artefatos) visando o apoio e instrução da técnica construtiva. Neste âmbito apontou-se para a sistematização do **exercício dirigido** através da revisão do **modelo referência em woodframe** e a produção de um **template** que considerasse as necessidades específicas da disciplina, assim como ocorre no mercado de trabalho. Por fim observou-se ainda a necessidade da elaboração de um material didático suplementar na forma de um novo **polígrafo** - para guiar a aplicação do exercício dirigido, de maneira que os acadêmicos pudessem além de usá-lo como referência durante o exercício dirigido, utilizá-lo também na revisão do conteúdo e prática em horário extraclasse.

### 3.3 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo teve como objetivo caracterizar a disciplina Projeto Arquitetônico II AC do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS explicitando o processo projetual empregado na mesma. Apresentou-se ainda a justificativa de sua escolha como ambiente de estudo desta pesquisa. Por fim, relatou-se os possíveis focos de desenvolvimento. Observou-se que os avanços que ocorreram nas Estratégia *Design Thinking* (EDT) e a Estratégia *Parametric Design Thinking* (EPDT) possibilitaram uma maior exploração no que se refere aos campos conceituais e formais do processo de projeto. No entanto, dentro do atual panorama, onde uma gradual

migração no ambiente de ensino das ferramentas CAD para o sistema BIM encontra-se em andamento, verifica-se cada vez mais a oportunidade de exercitação do conhecimento técnico-construtivo no processo projetual através de uma plataforma BIM. Partindo de uma Estratégia em fase de desenvolvimento na disciplina – a Estratégia BIM, verificou-se ali um potencial de aperfeiçoamento relativo aos aspectos tectônicos do processo projetual. As principais constatações foram que a disciplina, ao abordar a técnica construtiva *woodframe* no desenvolvimento do projeto arquitetônico, carecia de uma complementação para um maior entendimento desta técnica por parte dos acadêmicos, perante sua complexidade. Dessa maneira, esta pesquisa direcionou-se para a então chamada Estratégia BIM – EB, dentro do escopo da disciplina de PA-II AC a partir de 2019.

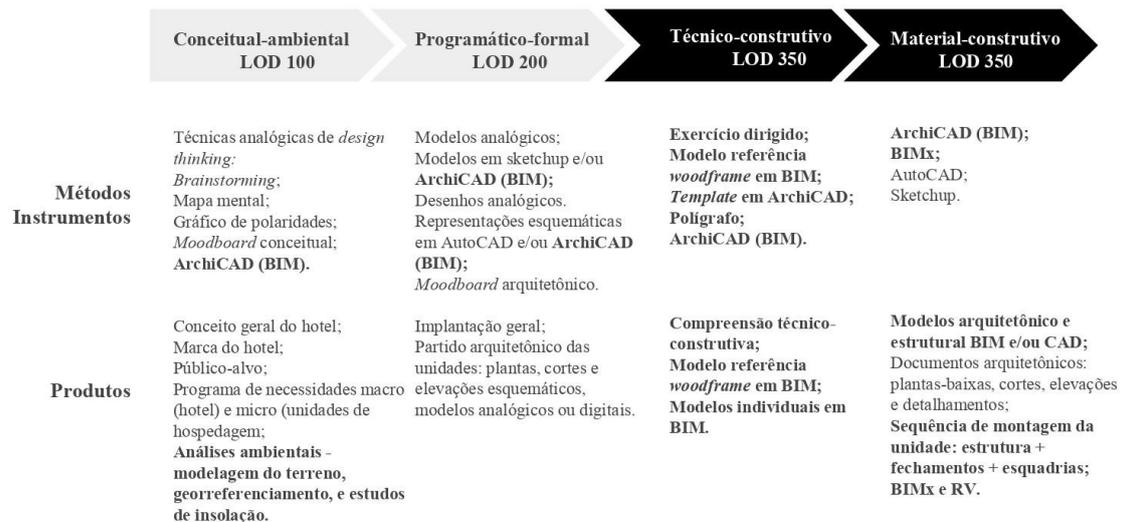
## 4. Proposição, Desenvolvimento e Aplicação de Artefatos – Estratégia BIM

A Estratégia BIM insere-se no terceiro nível do Modelo Tecnológico da Pesquisa de Referência. Dentro do escopo desta Estratégia, a partir de 2019, a presente pesquisa de mestrado desempenhou um papel importante para o aperfeiçoamento do modelo teórico-didático do processo projetual da disciplina PA-II AC. Através da proposição, desenvolvimento e aplicação de artefatos, a pesquisa auxiliou portanto, a conformar um novo tema no processo projetual – o “**técnico-construtivo**”. A pesquisa possibilitou ainda analisar e propor, sob o ponto de vista didático, possíveis focos de inserção do sistema BIM no processo como um todo.

O objetivo do tema Técnico-Construtivo foi desenvolvido tendo como fundamentação teórica as hipóteses abordadas por Leal (2018), Romcy (2017) e Medeiros (2015), sobre o uso da tecnologia BIM como um instrumento para o ensino e aprendizado de conteúdos específicos na área da AE. O processo seguiu aquele originalmente proposto pela Estratégia *Design Thinking*, somando, no entanto, um novo tema aos já consolidados “conceitual-ambiental”, “programático-formal”, e “material-construtivo”. Este quarto tema foi denominado “técnico-construtivo” por abordar os aspectos tectônicos do processo através do ensino-aprendizagem do *woodframe*, seguindo a estrutura apresentada na figura 26. Importante ressaltar, no entanto, que, a exemplo da Estratégia *Parametric Design Thinking*, a *Estratégia BIM* – tem sido oferecida como alternativa aos estudantes, tendo estes a liberdade de empregar e/ou migrar para plataformas por estes consideradas amigáveis. Neste sentido, o BIM entra como auxílio no entendimento construtivo.

Dessa maneira, para um melhor entendimento das ações desta pesquisa, seus produtos serão apresentados na sequência da estratégia BIM, onde dentro do tema “técnico-construtivo” serão detalhados os artefatos propostos.

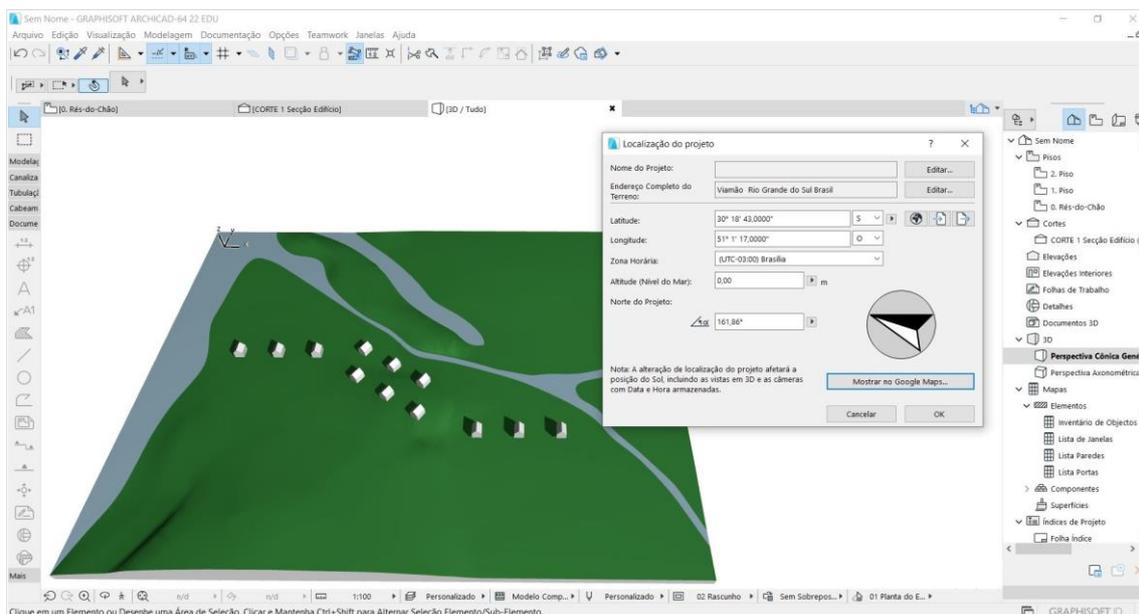
Figura 26: Estratégia BIM – 2019



Fonte: Ponzio et al. (2020)

**4.1 Tema Conceitual-ambiental:** este tema continuou com os objetivos propostos durante as duas estratégias anteriores (EDT e EPDT). Apresenta-se o problema de projeto, realiza-se uma visita ao sítio, análise das condicionantes ambientais, estudos de caso e lançamento do conceito apoiado sobre técnicas analógicas de *design thinking*. Esta etapa, permanece caracterizada pela proposição de exercícios analógicos de estímulo à criatividade com técnicas de *Design Thinking*, no entanto, abre-se espaço dentro do tema Ambiental para a modelagem do terreno em BIM em LOD 100, gerando o lançamento de uma implantação com baixo grau de definição com um sistema articulador de caminhos, passível de, posteriormente ser georreferenciado e empregado em estudos de insolação.

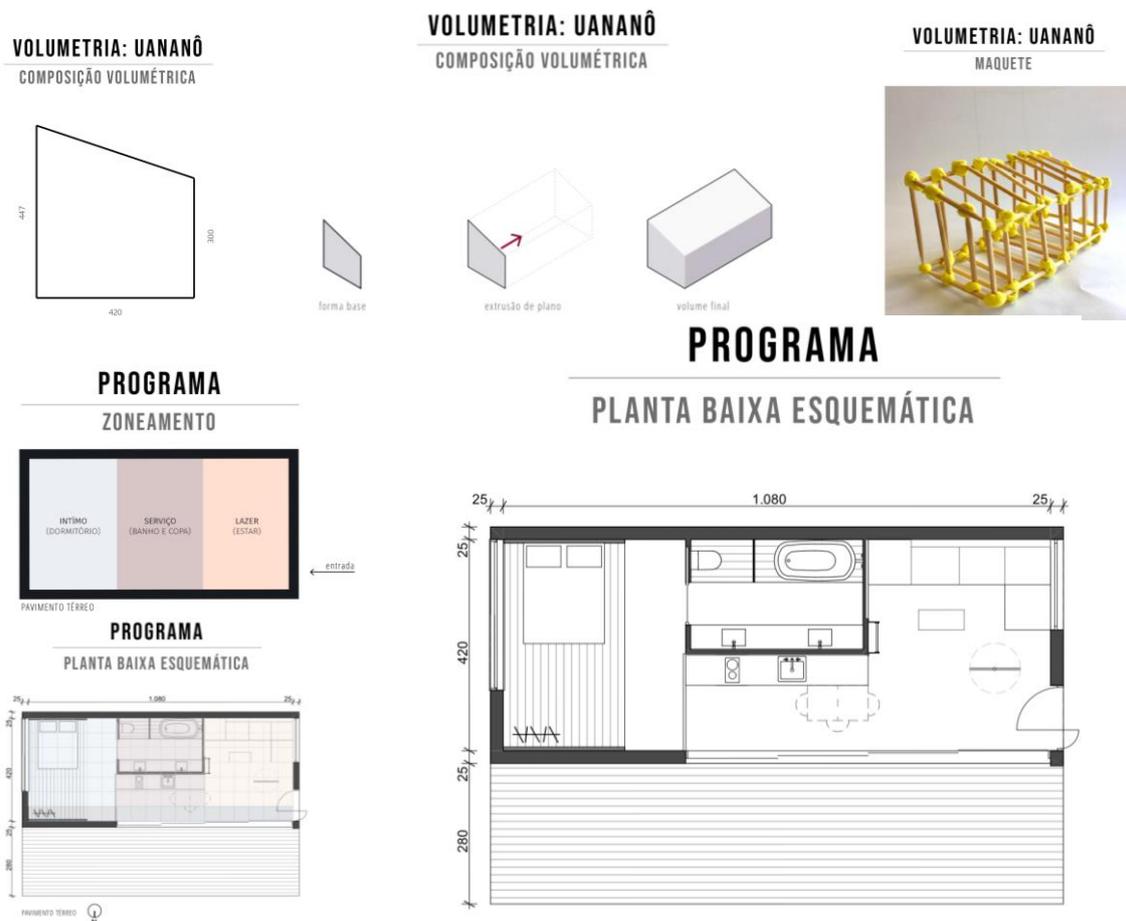
Figura 27: Modelagem do terreno no ArchiCAD em LOD 100



Fonte: Autoria própria (2019)

**4.2 Tema Programático-formal:** assim como ocorrido durante as estratégias anteriores, esta etapa continuou sendo destinada ao desenvolvimento de uma implantação em maior grau de definição, e ao lançamento formal/partido arquitetônico das unidades de hospedagem. Desenvolvido a partir deste momento individualmente, este segue o conceito geral do hotel e de cada unidade definido em grupo. Por se tratar de uma etapa destinada à exploração formal, os acadêmicos ficam livres para escolher as ferramentas utilizadas, transitando entre processos analógicos e digitais, conforme incentivado por Kowaltowski, Bianchi e Petreche (2011), resultando em produtos como maquetes analógicas ou digitais, além de plantas, cortes e elevações com baixo grau de definição. Esta etapa abre, por sua vez, oportunidade para o emprego de BIM no nível de desenvolvimento LOD 200, conforme pode ser observado na figura 28. Dentro deste, a geometria do modelo deve ser constituída por elementos construtivos – paredes, lajes, coberturas, distinguíveis pela definição dos materiais de construção. Isto possibilita a análise e extração de quantitativos como áreas em metros quadrados ou cúbicos.

Figura 28: Partido arquitetônico desenvolvido no ArchiCAD em LOD 200



Fonte: Ravel Pahola Brevia de Andrade (2019)

**4.3 Tema Técnico-construtivo:** no desenvolvimento do tema anterior, visando uma maior liberdade formal, o sistema estrutural *woodframe* é apresentado apenas através do módulo estrutural adotado na disciplina (60x60cm e/ou 40x40cm). Ao adentrar no tema “Técnico-construtivo”, no entanto, os estudantes recebem uma introdução de informações técnicas do sistema *woodframe*, através do oferecimento de aulas teóricas ministradas pela docente da disciplina intercaladas pela aplicação do artefato aqui chamado de **Exercício Dirigido**. Através deste é ministrada a construção virtual de um modelo referência em *woodframe* visando o fortalecimento da base teórica apresentada. No entanto, apesar do exercício prever por parte dos alunos a modelagem de forma síncrona em *software* BIM, esta é ofertada de forma opcional, sendo, portanto, inerente à didática da disciplina o acompanhamento das aulas no auxílio do entendimento da montagem construtiva. No âmbito do exercício dirigido foram produzidos pelo autor desta pesquisa os seguintes artefatos: um modelo referência em *woodframe*, seu respectivo *template* em ArchiCAD e um polígrafo, descritos a seguir. Esta etapa é desenvolvida no âmbito do LOD - 350.

#### 4.3.1 Exercício Dirigido

Seguindo a classificação de artefatos proposta por March e Smith (1995), este exercício pode se enquadrar na categoria de “instanciação” por se referir a execução do artefato em seu ambiente real – ver item 1.7 desta pesquisa. A proposta partiu da revisão e sistematização de um exercício e modelo já inerentes à disciplina, amparado pelas bases teóricas estabelecidas por Leal (2018), Romcy (2017) e Medeiros (2015) sobre utilizar a tecnologia BIM como um instrumento para o ensino-aprendizagem de conteúdos específicos na área da AE. O objetivo aqui é facilitar a compreensão da técnica construtiva abordada em PA-II AC através da construção virtual de um modelo referência em *woodframe*. Uma vez que um processo BIM se alinha com o pensamento construtivo, este diminui a abstração da atividade projetual ao induzir o praticante a exercitar os aspectos tectônicos do processo. Isto corrobora ainda com o exposto por Ponzio e Machado (2015), que ensinar a projetar implica na proposição de um método de trabalho teórico-prático fundamentado na ideia de aprender fazendo. Para viabilizar a sistematização da aplicação do exercício, primeiramente foi necessário o desenvolvimento de um novo modelo referência em *woodframe*, o qual será detalhado a seguir.

#### 4.3.2 Modelo Referência em *woodframe*

O modelo referência é um artefato que pode ser classificado segundo March e Smith (1995) como “modelo” por se referir a uma representação da realidade. Ao partir de uma versão anterior ofertada pela disciplina, este foi desenvolvido no *software* ArchiCAD uma vez que esta é a plataforma BIM ensinada nas disciplinas de RG-I e RG-II, respectivamente no 2º e 3º período do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS. O emprego de um modelo de referência, além de explicitar a montagem do sistema da técnica construtiva *woodframe*, aproxima os alunos do objeto tema do projeto individual – ou seja, uma unidade de lazer de baixa complexidade programática composta de áreas de estar, dormir, banho e refeições. Tendo ainda como objetivo demonstrar o maior número possível de soluções convencionais envolvendo esta técnica, optou-se pela modelagem de uma volumetria única de aproximadamente 60 m<sup>2</sup> distribuídos em dois pavimentos e composta por quatro paredes regulares, telhado com duas águas de 45° com calhas embutidas; portas e janelas convencionais, e um deck frontal. O objetivo de utilizar uma forma convencional nesta etapa é o de priorizar o entendimento técnico-construtivo do sistema *woodframe* em uma situação de projeto que possibilitasse um bom grau de detalhamento. Dentro deste escopo portanto, o modelo foi elaborado tendo como referência o nível de desenvolvimento LOD 350, adaptado ao ambiente acadêmico; ou seja, ao corresponder a um anteprojeto acadêmico de referência, este modelo não pretende substituir a necessidade real de um projeto estrutural.

#### Considerações quanto ao sistema construtivo

O modelo apresentado aos estudantes, apesar de representar todas as principais etapas da montagem estrutural, é uma versão simplificada do sistema *woodframe*, visando um entendimento geral da técnica construtiva com devidas adaptações. Este é o caso do revestimento de OSB das paredes (com função de contraventamento, comumente inserido na montagem estrutural) modelado como parte de uma composição única (no ArchiCAD chamado de parede composta), sem a divisão de chapas e inserida após o esqueleto estrutural estar montado.<sup>21</sup> Dessa maneira, este modelo representa um pré-dimensionamento geral pautado pelas tabelas dimensionais e exemplos de detalhamentos

---

<sup>21</sup> Esta simplificação também ocorre na cobertura e na modelagem de esquadrias. Para isto ver item 4.3.5 Etapas de Execução do exercício Dirigido.

apresentados nas bibliografias de Thallon (2009) e Ching (2010) - sistema americano - interpretadas no cenário local do projeto.<sup>22</sup> Além disso, e considerando se tratar de um anteprojeto arquitetônico para referência no âmbito acadêmico, o mesmo não pretende substituir a necessidade real de um projeto executivo.<sup>23</sup> Nesse escopo, o esqueleto estrutural interno especificado é em madeira maciça de pinus tratado para montantes e guias; e vigas e barrotes em MLC (madeira laminada colada) de pinus tratado.<sup>24</sup> Com relação ao pré-dimensionamento, optou-se trabalhar uma modulação com intervalos de 60 cm por questões de racionalização de materiais e também por este ser um valor múltiplo de 120 e 240 cm, referente ao tamanho padrão das chapas de OSB utilizadas para fechamento das unidades. Para a estrutura das paredes externas utilizou-se montantes de 5x15 cm (passíveis de receber internamente, se necessário nos projetos individuais, pilares compostos de pinus de 15x15 cm (além das instalações hidráulicas e elétricas), e para as paredes internas com montantes de 5x10 cm.<sup>25</sup> As figuras 29 e 30 demonstram o modelo desenvolvido e aplicado no exercício dirigido no escopo desta pesquisa em 2019/1 e 2.

---

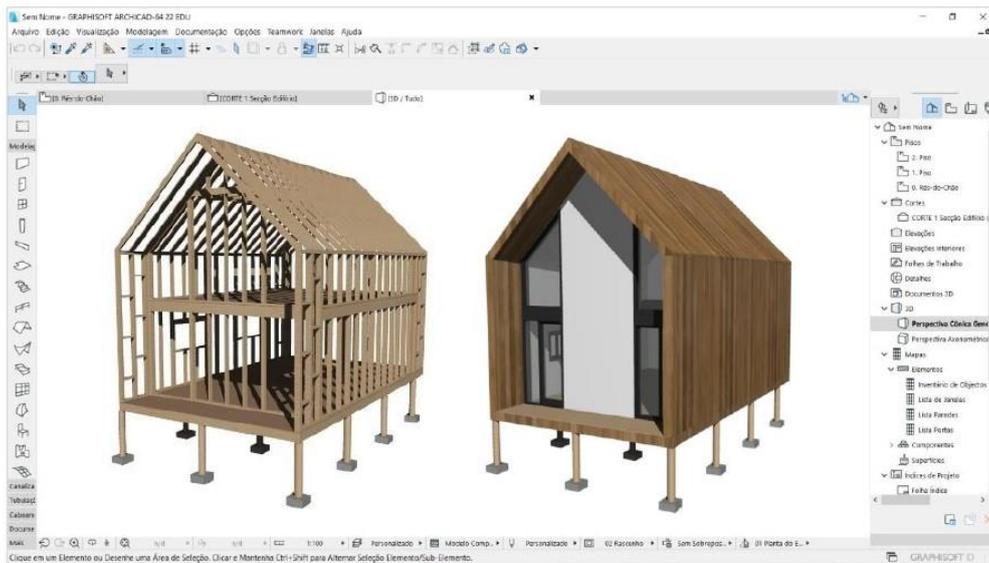
<sup>22</sup> Com relação ao panorama brasileiro, atualmente, existem as Diretrizes Técnicas SINAT-005 (Março 2017) para a construção de casas de *woodframe*, e DATEC 020-C (validade Julho 2020) proposta pela empresa TecVerde; encontra-se ainda em revisão a Norma NBR 7190 “Projetos de Estruturas de Madeira” e, em fase de estudo, a futura NBR específica para *woodframe*. Estas normas apesar de serem referenciadas durante o semestre, por questões de adequação de conteúdos didáticos, não foram, até o presente momento, objeto de estudo da disciplina.

<sup>23</sup> O atual pré-dimensionamento estrutural do modelo de referência conta com a colaboração de um engenheiro especialista em madeira. Importante destacar aqui no tocante às respectivas fixações e encaixes de elementos dos sistemas, estas seguem um padrão americano; embora não seja exigida uma maior especificação do tipo e inserção de fixadores, emprega-se uma montagem de “encaixes” entre vigas e barrotes, onde a fixação ocorre por conectores metálicos tipo “estribos de flanges laterais”, a exemplo da <http://www.garraconectores.com.br/conectores.html#all>. Já os elementos de fechamento de parede, piso e cobertura que compõe o sistema são especificados de acordo com as recomendações dos fabricantes, especialmente no que se refere às chapas de OSB, também responsáveis pela integridade da estrutura – cabe observar também que para efeitos de simplificação são consideradas algumas medidas nominais através de uma aproximação de valores.

<sup>24</sup> Também por ser uma simplificação do sistema não foi elaborado até o momento um modelo que considerasse os comprimentos e quantificações de mercado das madeiras estruturais. No que se refere as fundações, sendo o sítio de desenvolvimento do projeto um terreno de topografia acidentada, estabeleceu-se de maneira genérica o emprego de pilotis de madeira aparentes com base em concreto. O modelo também não apresenta os sistemas complementares hidrossanitário e elétrico, porem prevê espaço para passagem de tubulações.

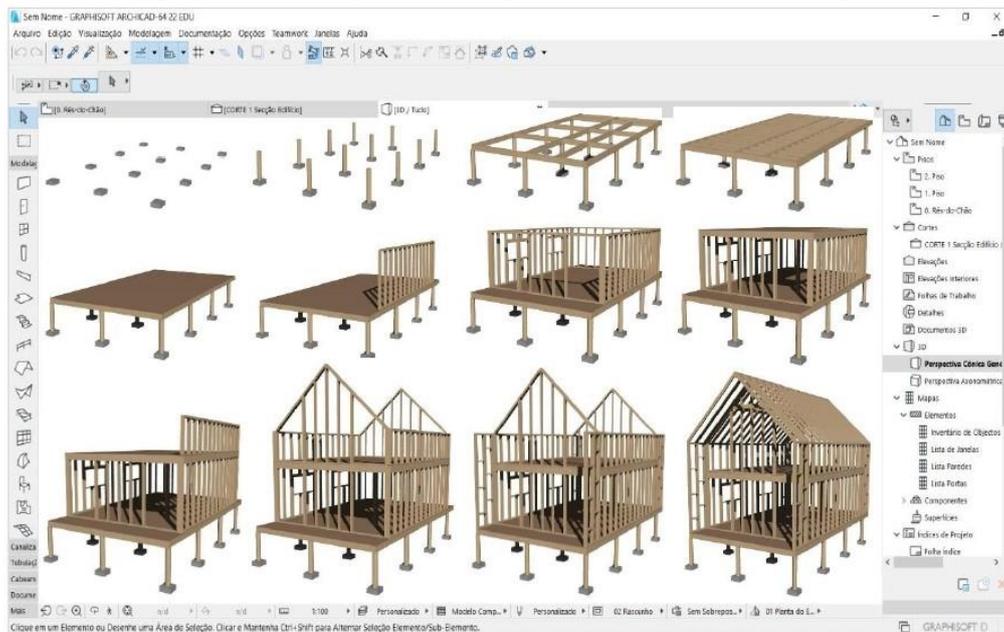
<sup>25</sup> Esses valores correspondem a medidas nominais, visando facilitar o desenvolvimento do exercício, já que as madeiras refiladas não necessariamente possuem medidas inteiras.

Figura 29: Primeiro modelo desenvolvido e aplicado no exercício dirigido em 2019/1 e 2



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 30: Sequência da construção virtual do primeiro modelo desenvolvido para o exercício



Fonte: Autoria própria (2019)

#### 4.3.3 *Template* em ArchiCAD

O *template* em ArchiCAD é um artefato que pode ser categorizado segundo a classificação de March e Smith (1995) como uma “instanciação”. Em *softwares* BIM, o *template* é um ambiente digital pré-configurado, utilizado como arquivo inicial ou “ambiente-base” visando um desenvolvimento padronizado de projetos. Nele são, portanto, determinados todos os elementos configuradores do modelo como escala,

unidades de trabalho, definições de piso<sup>26</sup>, força dos materiais<sup>27</sup>, composições<sup>28</sup> canetas e cores, etc. Nesta pesquisa o *template* contém o modelo de referência e é o ambiente onde desenvolve-se o exercício dirigido, oferecendo suporte para a metodologia proposta. Além das configurações base para o desenvolvimento correto do modelo, o *template* aqui apresentado contém uma sugestão de *layout* de pranchas para apresentação dos conteúdos entregues no processo de avaliação da disciplina, com as plantas-baixas, cortes, elevações e detalhamentos.

#### Considerações quanto ao *template* de PA-II AC

No ArchiCAD os populares *layers* dos sistemas CAD recebem a nomenclatura de “vegetais” – numa alusão à antiga sistemática de processo analógico de projeto e seu respectivo uso de papéis transparentes (papel vegetal) para cada desenho. Uma vez que nos sistemas BIM trabalha-se com elementos construtivos, existe um vegetal correspondente a cada um deles – pilares, vigas, paredes, coberturas, esquadrias, mobiliário, etc.; assim, ativam-se ou desativam-se elementos do edifício, e não linhas. No *template* desenvolvido, como o exercício dirigido tem por finalidade induzir a compreensão do processo de execução da estrutura, os usuais vegetais do ArchiCAD são substituídos por uma combinação de vegetais correspondentes às etapas de construção. Assim, ao invés de habilitar ou desabilitar elementos construtivos, habilitam-se ou desabilitam-se etapas de construção (ex. blocos de fundação, estacas de fundação, estrutura do piso, etc.). Dessa maneira é possível reproduzir o processo construtivo das fundações à cobertura, passando posteriormente pelos fechamentos e esquadrias. Esta sistemática é obtida inicialmente através da desativação de todos os vegetais para posteriormente ligá-los um a um na sequência indicada no polígrafo, resultando na construção virtual do modelo, etapa por etapa, similarmente ao ocorrido *in loco*.<sup>29</sup> A

<sup>26</sup> O primeiro passo ao iniciar um novo projeto no ArchiCAD é estabelecer a altura dos pisos, assim como a relação destas alturas aos elementos arquitetônicos vinculados. Neste exercício em específico trabalhou-se com uma altura de 300 cm entre os pisos de origem, sempre tendo como base o topo das chapas de OSB do piso de cada pavimento.

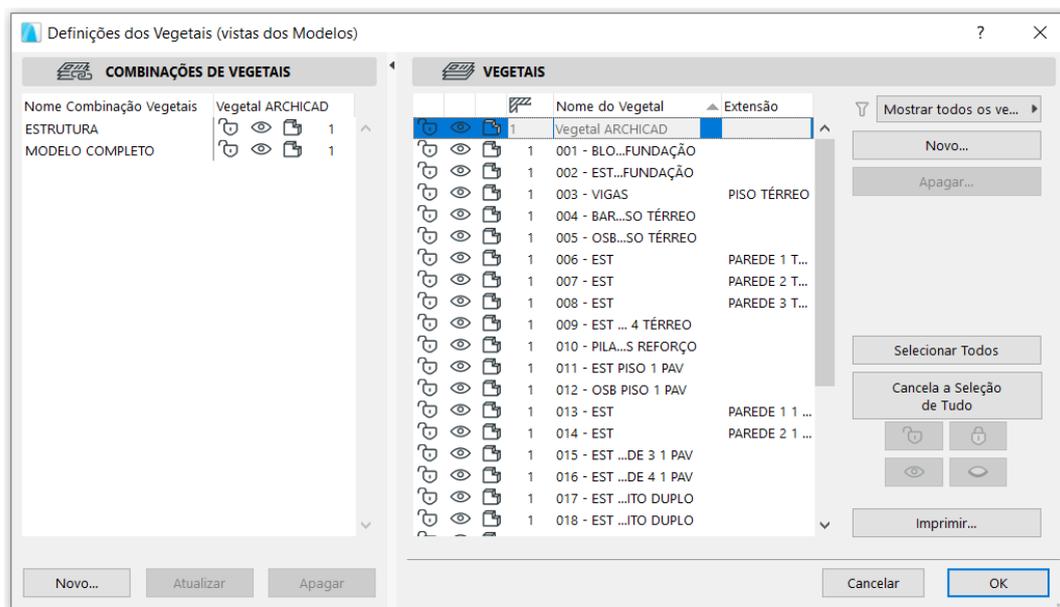
<sup>27</sup> Refere-se a um valor atribuído a cada material de construção. Nenhum material possui a mesma força, isto faz com que as representações não se misturem. Materiais com forças superiores se sobressaem nas representações em relação aos materiais com forças inferiores.

<sup>28</sup> Na técnica construtiva *woodframe*, os fechamentos, sejam eles paredes ou cobertura, é realizado por meio de uma sobreposição de camadas de materiais. No ArchiCAD não é necessário modelar cada uma destas camadas separadamente, pode-se criar composições atribuindo uma espessura e indicando de qual material cada camada será composta, e aplicá-las em elementos como lajes, paredes, coberturas, membranas, etc.

<sup>29</sup> Com exceção das adaptações mencionadas anteriormente nas “Considerações quanto ao sistema construtivo” e no item 4.3.5. Etapas de Execução do exercício Dirigido.

figura 30 demonstra parte desta sequência no modelo de referência no *template*. Neste *template* foram ainda criadas duas combinações, uma denominada “ESTRUTURA”, e outra “MODELO COMPLETO”, possibilitando duas formas de visualização por parte dos acadêmicos, como pode ser observado na figura a seguir referente a janela de definições dos vegetais do *template*.

Figura 31: Janela de definições dos vegetais do *template* em ArchiCAD



Fonte: Autoria própria (2019)

Importante ressaltar que, além da utilização deste *template* para a realização do exercício dirigido, posteriormente os acadêmicos podem fazer uso do mesmo como ambiente de desenvolvimento do seu projeto acadêmico durante o tema “material-construtivo”, reforçando uma didática direcionada à reflexão do processo construtivo através da sistematização e planejamento da construção. Por fim, o *template* se demonstra ainda como um recurso sugerido para solucionar o recorrente problema de qualidade da representação gráfica dos projetos. Vale ressaltar ainda que o uso do *template* ameniza os usuais problemas de incompatibilização entre modelos e representações uma vez que em *softwares* BIM estes produtos estão vinculados em uma mesma plataforma. O PDF com as pranchas do *template* desenvolvido nesta pesquisa pode ser visualizado no apêndice D desta pesquisa.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Como já mencionado, após a aplicação e avaliação do modelo referência em *woodframe* em 2019/1 e 2, este passou por uma revisão visando sua simplificação para fins didáticos. Portanto, o polígrafo e as pranchas presentes nos apêndices D e E desta pesquisa referem-se a este novo modelo, já revisado para a versão 24 do ArchiCAD.

#### 4.3.4 Polígrafo

O polígrafo é um artefato que pode ser caracterizado segundo a classificação de March e Smith (1995) como “método”; nesta pesquisa este tem o objetivo de guiar o passo a passo de execução do exercício dirigido. O foco deste material, no entanto, não é o de ensinar comandos de operação de *software* BIM/ArchiCAD<sup>31</sup> – mas sim, induzir ao aprendizado da técnica construtiva através da construção virtual de um modelo referência em *woodframe*. No entanto, alguns recursos do ArchiCAD são abordados visando a facilitação das atividades propostas ao longo do exercício.

O polígrafo inicialmente apresenta uma introdução, onde aborda-se a metodologia do exercício, e como abrir o *template*; apresenta ainda o modelo, justificando os parâmetros utilizados para sua definição e quais soluções estruturais pretende-se abordar, além de uma demonstração da execução do modelo *in loco*. Em um segundo momento o polígrafo foca na construção virtual propriamente dita. Para tal aborda-se etapa por etapa, sempre demonstrando a janela de definições/especificações do elemento a ser construído, destacando informações relevantes que devem ser preenchidas para a correta modelagem; é demonstrado visualmente o que deve ocorrer através de plantas, cortes, detalhamentos e/ou perspectivas, a fim de que o acadêmico também exercite as diversas formas de visualização dos elementos. Quando necessário incluem-se tabelas de pré-dimensionamento estrutural de acordo com as bibliografias de referência (Thallon, 2009 e Ching, 2010) para que o praticante compreenda o dimensionamento adotado nas peças.

Destaca-se que o polígrafo aborda alternativas de executar determinadas tarefas, entretanto, cabe ter em mente que o *software* disponibiliza diversas possibilidades para realizar cada tipo de operação, sendo assim, é de responsabilidade do discente dominar minimamente o programa BIM caso queira realizar as tarefas empregando outras alternativas durante sua execução. Ressalta-se por fim que este polígrafo é um material complementar ao *template*, sendo desenvolvido para que ambos sejam utilizados paralelamente. O polígrafo completo encontra-se no apêndice E desta pesquisa.

#### 4.3.5 Etapas do exercício dirigido

Originalmente a aplicação do exercício dirigido era realizada em uma única fase, onde se executava toda a sequência de construção do modelo, para após, ser transposta

---

<sup>31</sup> Lembrando que os acadêmicos para cursarem PA-II têm como pré-requisito curricular a disciplina de RG- II no período anterior, onde é abordado o ensino da plataforma ArchiCAD.

pelos acadêmicos em seus projetos individuais. No entanto, visando adequar o novo artefato à dinâmica da disciplina (Estratégia BIM) e, conseqüentemente uma maior absorção dos conhecimentos adquiridos, demonstrou-se mais coerente a divisão do mesmo em três etapas, após uma aula teórica sobre o sistema construtivo ministrada pela docente da disciplina. As etapas correspondem a: 1. Estrutura; 2. Fechamentos; 3. Esquadrias. Desta maneira, durante a execução do exercício ocorrem pausas para a modelagem do projeto de cada aluno, possibilitando uma reflexão sobre o conhecimento obtido e sua transposição para uma situação de projeto, consolidando o mencionado “método teórico-prático de aprender fazendo” (Ponzio, Machado, 2015). Ressalta-se ainda que, apesar do objetivo ser aproximar-se virtualmente da realidade, algumas limitações foram identificadas ao longo do processo, as quais serão descritas em cada uma das etapas.

Etapa 1. Estrutura – compreende a construção virtual das fundações (blocos de fundações e estacas); da estrutura do piso térreo (vigas, barrotes e chapas de OSB); das paredes do térreo (guias, montantes, vergas e contra-vergas); da estrutura do piso superior (vigas, barrotes e chapas de OSB); das paredes do piso superior (guias, montantes, vergas e contra-vergas); e da estrutura da cobertura (terças, caibros, cumeeira). Esta etapa é planejada demandando de duas a três aulas de instruções. Apesar de ser possível simular a sequência de montagem da estrutura agrupando cada uma das diferentes partes que a compõem, no que se refere às paredes sabe-se que *in loco* no sistema plataforma a estrutura de cada parede é montada no chão (a exceção dos sistemas industrializados), em posição horizontal e comumente já com os OSB’s instalados, para posteriormente ser levantada, encaixada e fixada. No *software*, no entanto, elas são construídas já em posição vertical, revelando assim uma diferença entre as práticas ocorridas no ambiente virtual e físico. A escada é fornecida como um elemento já modelado.

Excepcionalmente, em 2019/2 o intervalo entre etapas correspondeu a três semanas, devido ao período não letivo da semana acadêmica ter ocorrido neste intervalo, o que proporcionou aos estudantes um tempo maior de adequação da técnica construtiva aos projetos individuais. Concluída esta etapa, além de mais uma aula teórica correspondente à cobertura e fechamentos, a didática conta com a orientação de um engenheiro especialista em cálculo de estruturas em madeira para a verificação do correto dimensionamento da estrutura dos projetos acadêmicos, incentivando a atividade

interdisciplinar. A sequência completa de construção da estrutura pode ser observada no item 4 do polígrafo no apêndice E desta pesquisa.

Etapa 2. Fechamentos – nesta etapa aborda-se o fechamento do modelo referência em *woodframe*, englobando pisos e paredes de áreas secas e molhadas, internas e externas, além da cobertura, demandando uma aula de instrução.

O sistema estrutural proposto pela disciplina implica o emprego de placas de OSB (agindo também com função de contraventamento estrutural) interna e externamente em pisos, paredes e cobertura, isolamento termoacústico no interior da estrutura de paredes externas e cobertura, e revestimentos de gesso acartonado internamente em tetos e paredes, e madeira como revestimento final em pisos (exceto banho), paredes e coberturas (réguas de madeira). Para tal, é utilizado um recurso do ArchiCAD denominado composições, que permite unir em um mesmo elemento - seja ele piso, parede ou cobertura, uma composição com diversas camadas, e atribuir uma espessura e um material de construção para cada uma delas. Apesar deste recurso otimizar o processo, ele também se difere do que ocorre *in loco*, uma vez que na obra cada um dos materiais é fixado separadamente (à exceção dos já citados sistemas industrializados, onde as paredes saem completas de fábrica). Conforme mencionado, optou-se por realizar o fechamento das paredes como uma composição de todos os materiais incluindo os OSBs como uma camada única (otimizando a montagem do modelo); já nos pisos os OSBs são colocados individualmente visando aproximar-se do sistema *in loco*; a cobertura também é uma composição a exceção da camada externa de revestimento de madeira.

Finalizada mais esta etapa do exercício outra pausa de uma semana é indicada correspondendo a três aulas para que os estudantes possam pesquisar materiais de construção para fechamento, isolamento e revestimento, visando a configuração de suas próprias composições e aplicação em seus projetos, agregando assim conhecimentos sobre materiais de construção, operação do *software* e representação gráfica.

Etapa 3. Esquadrias – como já citado, o ArchiCAD é um *software* BIM que fornece objetos paramétricos para a construção virtual de modelos que simulam a realidade. Nesta etapa, portanto, são destacadas informações técnicas a nível de detalhamento direcionadas a relação entre as esquadrias e o *woodframe*, bem como as definições que precisam ser configuradas em cada esquadria selecionada para sua correta representação. Finalizada esta etapa em uma aula, os acadêmicos escolhem, configuraram e aplicam as esquadrias

em seus respectivos projetos. Neste *software* as esquadrias são elementos que possuem uma relação direta com outros elementos, sendo estes as paredes. Isto direciona a outra diferença entre as práticas ocorridas *in loco* e no ambiente virtual, uma vez que na obra as esquadrias são fixadas em um determinado vão, e no *software* o modelo deve estar completamente fechado para que posteriormente possa ocorrer a inserção das aberturas.

A aplicação do exercício deu-se tendo o pesquisador como ministrante, contando com auxílio de um monitor de projeto disponibilizado pela disciplina. Tanto o pesquisador quanto o monitor, além de conhecimentos quanto ao *software* utilizado (ArchiCAD), também possuem familiaridade com a técnica construtiva. Quanto a docente, além de ter conhecimentos quanto ao *software* utilizado (ArchiCAD), dedicou-se além da supervisão da aplicação do exercício, ao esclarecimento de eventuais dúvidas que pudessem surgir sobre o *woodframe* no decorrer da aplicação.

Por fim, destaca-se que o desenvolvimento e aplicação dos artefatos propostos pela pesquisa não acarretou em nenhum tipo de prejuízo didático, temporal ou financeiro ao curso, a disciplina ou aos acadêmicos. Encerrado o tema “técnico-construtivo” retomou-se o projeto dos acadêmicos através do tema “material-construtivo”, referente a última etapa do semestre e do processo.

**4.4 Tema Material-construtivo:** esta etapa corresponde a continuação da adequação das unidades ao sistema construtivo, em especial ao seu detalhamento – que por padrão do *software* ArchiCAD referem-se a representações 2D geradas a partir do modelo e que devem ser complementadas pelos acadêmicos; além da ambientação de interiores. Neste tema/etapa os elementos devem apresentar alto grau de definição, conforme pode ser observado nas pranchas de um projeto acadêmico nas figuras 32 a 38. Ao adentrar neste tema, em um primeiro momento os acadêmicos realizam os ajustes necessários considerando o conhecimento construtivo obtido no tema anterior.

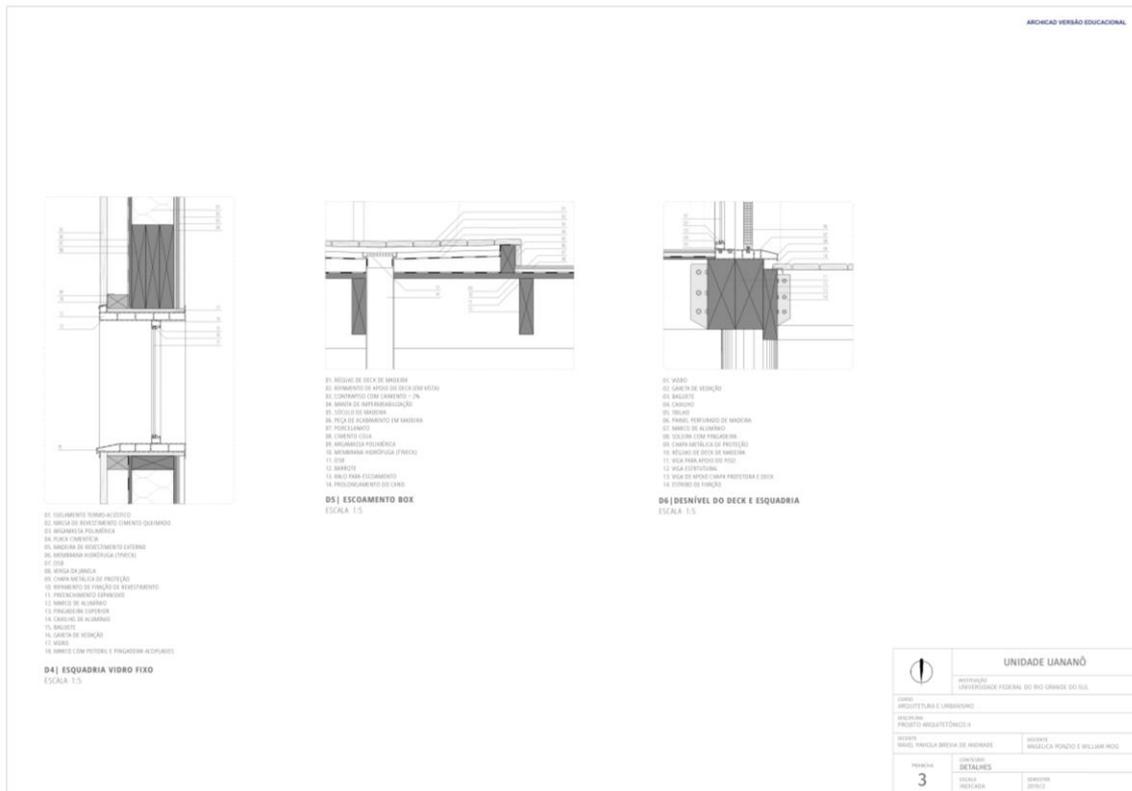
Ao final do processo, aqueles que optaram por utilizar *software* BIM – LOD 350, obtiveram como produtos extraídos de uma mesma plataforma um modelo arquitetônico e outro estrutural, o planejamento visual de execução da obra, que neste ponto corrobora parcialmente com o BIM 4D<sup>33</sup>, plantas, cortes, elevações e detalhamentos. Além dos

---

<sup>33</sup> O BIM 4D é relativo ao tempo e planejamento de execução da obra, possibilitando associar o modelo desenvolvido a um cronograma, vincular tarefas, tempos, e gerar um planejamento visual de andamento da obra.

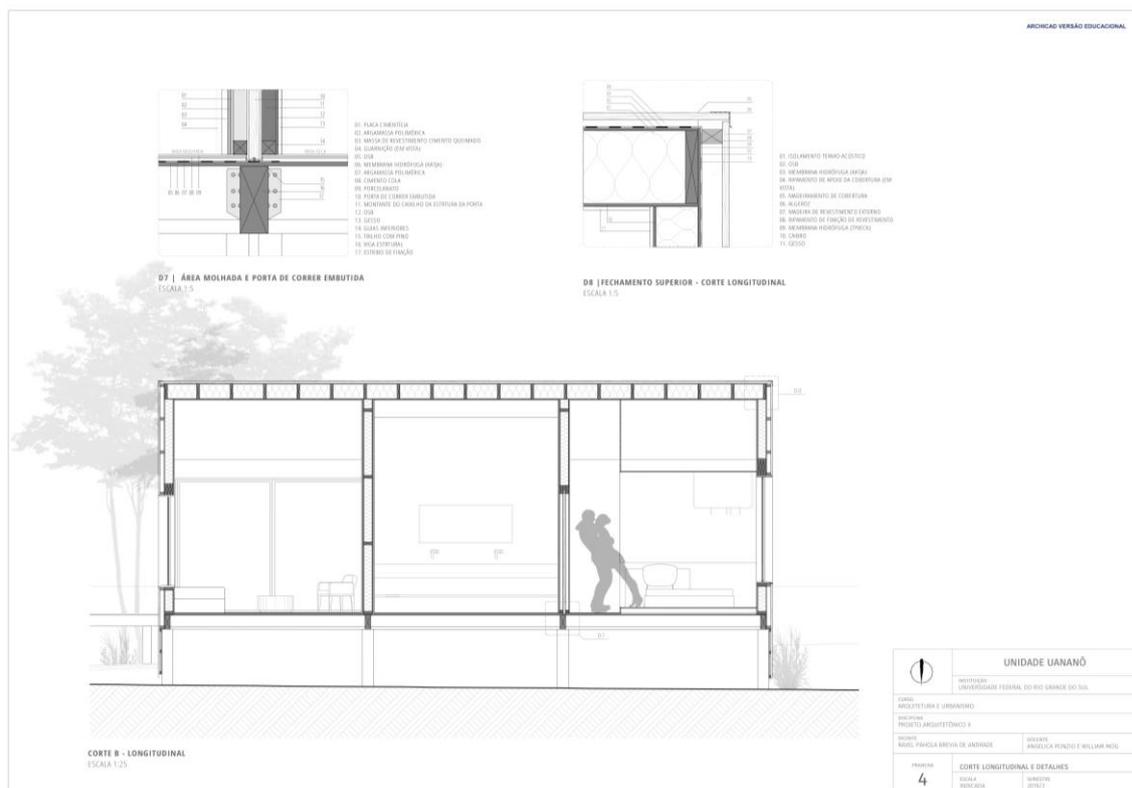


Figura 34: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade



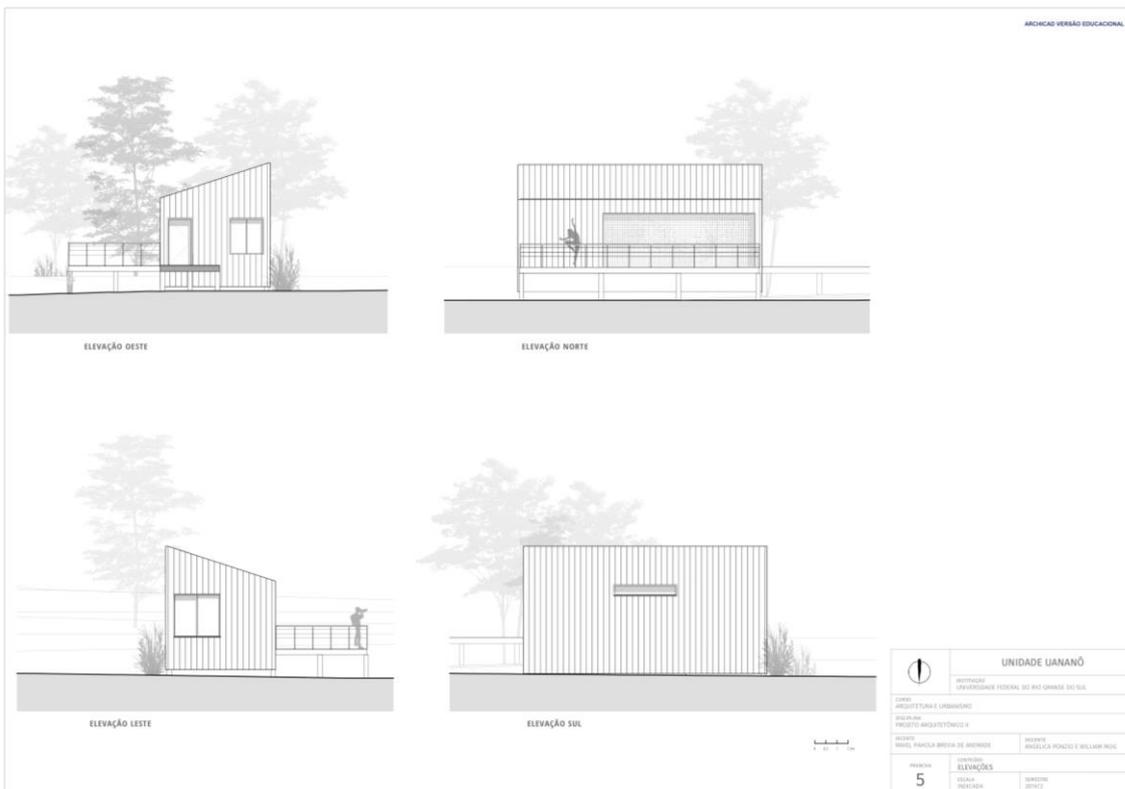
Fonte: Ravel Pahola Brevia de Andrade (2019)

Figura 35: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade



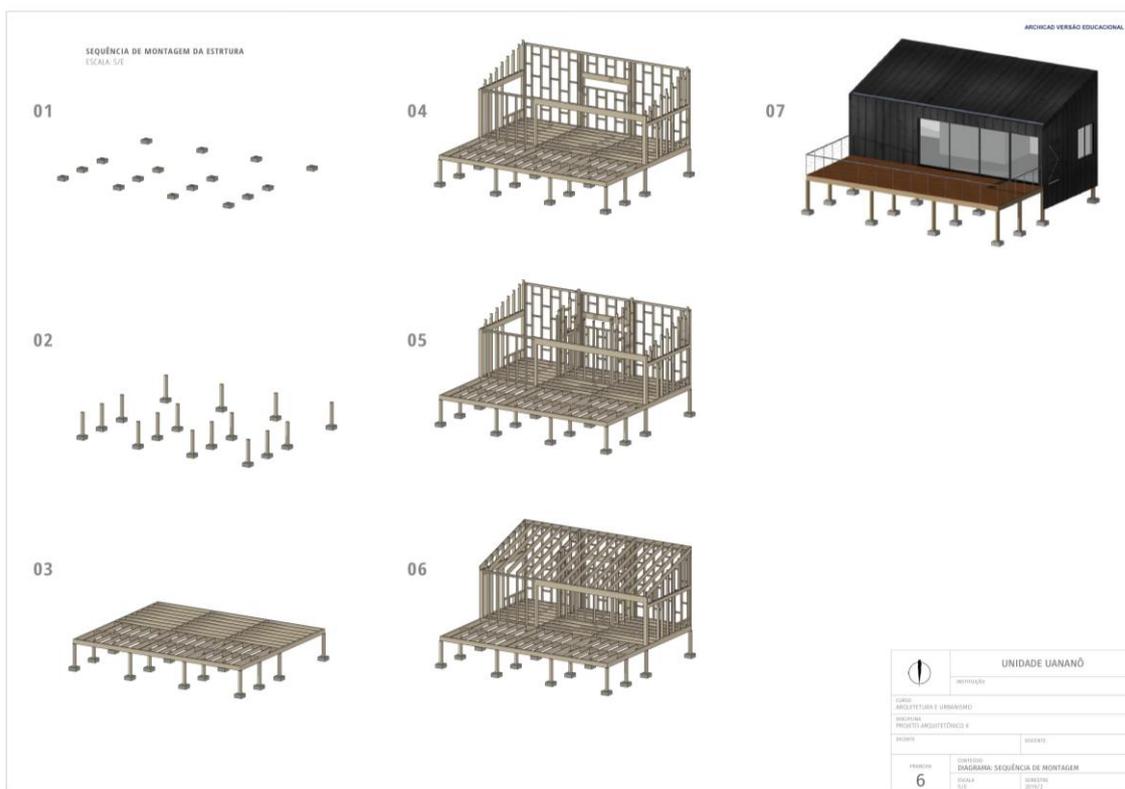
Fonte: Ravel Pahola Brevia de Andrade (2019)

Figura 36: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade



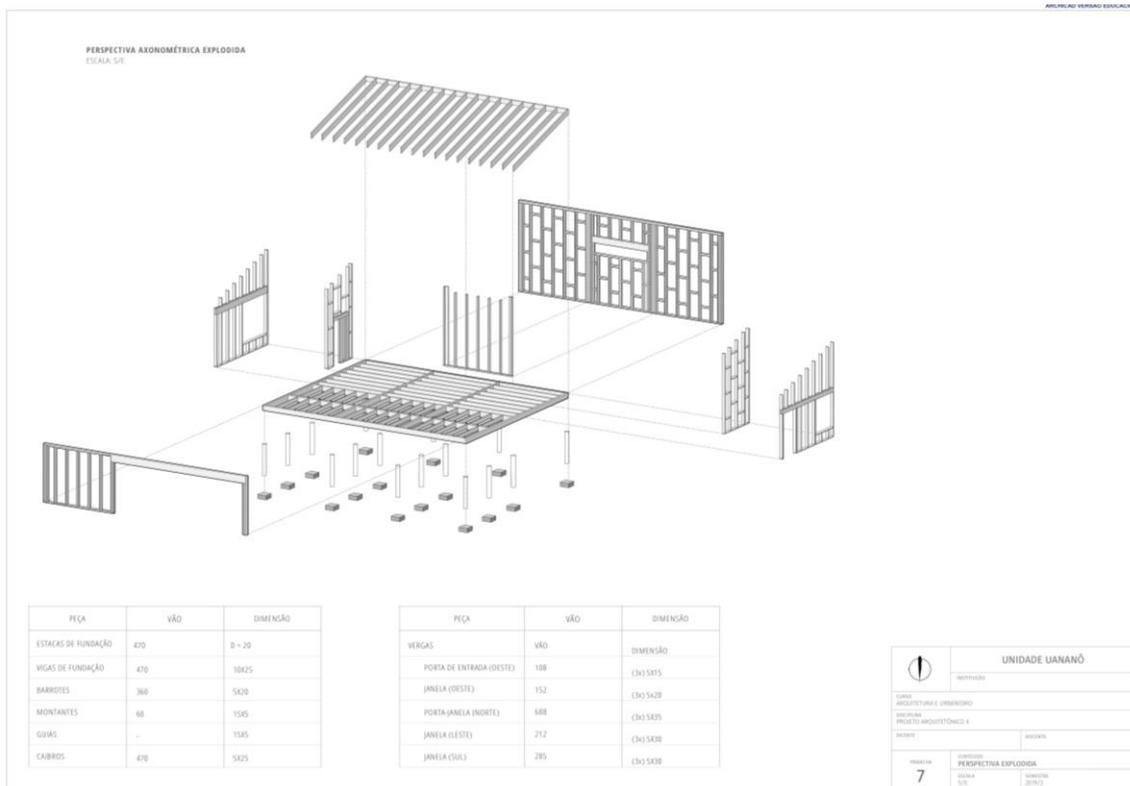
Fonte: Ravel Pahola Brevia de Andrade (2019)

Figura 37: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade



Fonte: Ravel Pahola Brevia de Andrade (2019)

Figura 38: Prancha projeto acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade



Fonte: Ravel Pahola Brevia de Andrade (2019)

#### 4.5 Considerações sobre o capítulo

O presente capítulo teve como objetivo descrever a proposição, desenvolvimento e emprego dos artefatos propostos por esta pesquisa em seu contexto real. Descreveu-se como a Estratégia BIM se difere das demais estratégias aplicadas anteriormente (EDT e EPDT) no que se refere aos temas abordados, demonstrando que a plataforma BIM utilizada apresentou potencial para ser inserida em todas as etapas de projeto em diferentes níveis de desenvolvimento condizentes com seu objetivo – LOD 100 durante o tema “conceitual-ambiental”, LOD 200 durante o “programático-formal” e LOD 350 durante o “técnico-constructivo” e “material-constructivo”. Além disso a estratégia se diferenciou ao inserir e estimular durante o processo projetual os aspectos tectônicos.

É importante ressaltar que desde 2018/1 as aulas de projeto de PA-II C iniciaram a migrar para o ambiente do laboratório de informática sendo que a partir de 2019/1, passaram a ocorrer quase que exclusivamente neste laboratório devido a predominância do uso de tecnologias digitais aplicadas ao processo de projeto, beneficiando a

continuidade do trabalho em aula, acarretando em um maior aproveitamento do ambiente de estudo, não restrito apenas aos assessoramentos.

## 5. Avaliação dos Resultados e Explicitação das Aprendizagens

Este capítulo engloba a etapa de avaliação dos resultados e a explicitação das aprendizagens obtidas a partir da aplicação dos artefatos propostos para a Estratégia BIM – EB no escopo da disciplina PA-II AC. Realizou-se isto tendo como instrumentos questionários aplicados aos estudantes e observação direta (Dresch, Lacerda e Antunes Júnior, 2015) correspondente à avaliação final.

Apesar da diferença no número de estudantes matriculados em cada semestre, como já mencionado isto não se configurou como um fator limitante para a aplicação da estratégia considerando a colaboração dos alunos e o apoio de um monitor de projeto. As avaliações serão aqui expostas em sua totalidade, abordando em um primeiro momento as respostas dos questionários, seguida da análise dos produtos entregues pelos acadêmicos ao final de cada semestre. Por fim, as informações recolhidas serão sintetizadas através da identificação de potencialidades e limitações/condicionantes.

### 5.1 Questionários

#### 5.1.1 Questionário Inicial

Por questões relativas ao cronograma da pesquisa, somente foi possível a aplicação de um questionário inicial no segundo semestre de 2019. Como já mencionado, em 2019/2 as turmas A e C de PA-II uniram-se resultando em 24 acadêmicos matriculados. Apesar do aumento na amostra, apenas 8 estudantes responderam ao questionário inicial. Este foi enviado aos alunos através de e-mail ficando disponível durante o primeiro mês letivo do semestre (Agosto), através da plataforma *SurveyMonkey*<sup>34</sup>. A participação dos acadêmicos foi anônima, não obrigatória, e poderia ser efetuada em horário extraclasse. Uma vez que PA-II é a primeira disciplina de projeto cursada após concluídos RG-I e RG-II, disciplinas que introduzem a tecnologia BIM, este questionário teve como objetivo registrar as expectativas dos acadêmicos ao ingressarem em PA-II. Por se tratar de uma amostra pequena utilizou-se números absolutos, e não percentuais. A seguir serão listadas as perguntas e sua intenção por parte deste

---

<sup>34</sup> <https://pt.surveymonkey.com/>

pesquisador, seguida das respostas dos acadêmicos. Este questionário também se encontra disponível no apêndice A desta pesquisa.

### **Pergunta 1. Quais suas expectativas quanto a esta disciplina que se inicia?**

Esta tratava-se de uma pergunta discursiva. Com base nas respostas dos acadêmicos percebeu-se que ao iniciarem o semestre, as principais expectativas estavam relacionadas a ampliarem seus conhecimentos sobre a técnica construtiva *woodframe*. Quatro dos oito respondentes mencionaram expectativas em relação ao *software* BIM, bem como outras ferramentas aplicadas ao processo projetual. Destaca-se ainda expectativas quanto ao desenvolvimento no que se refere às etapas criativas e de detalhamento, fatores estes fortemente explorados na disciplina. Cabe ressaltar que ao se matricularem neste semestre em questão, parte dos acadêmicos já havia relatado ter ciência da possibilidade de participarem desta pesquisa, devido a esta ter sido previamente divulgada em cartaz no saguão da faculdade, como um dos requisitos estabelecidos pelo Comitê de Ética da UFRGS. Seguem abaixo alguns dos relatos dos alunos.

“Minhas expectativas são melhorar meu conhecimento com a ferramenta BIM e com a construção em *woodframe*”.

“Desenvolver um projeto criativo e com um maior nível de detalhamento trabalhado até então nas demais disciplinas”.

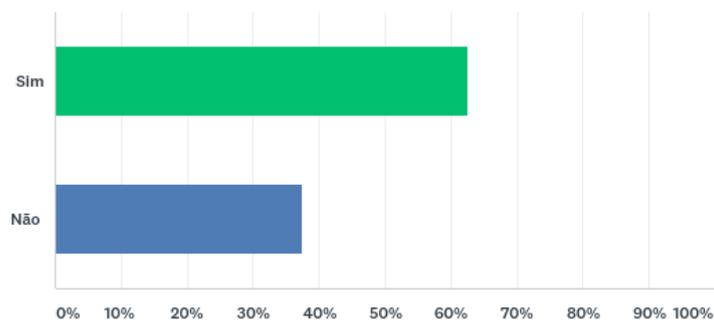
“Acrescentar conhecimento/habilidades sobre *software* BIM e desenvolver a criatividade em cima do programa proposto”.

“Desenvolver meu aprendizado na plataforma BIM em conjunto ao aprendizado de um inovador sistema construtivo”.

### **Pergunta 2. Você se sente preparado para iniciar um projeto em *software* BIM?**

Esta referiu-se a uma pergunta objetiva e sem campo para justificativa. Ao analisar as respostas desta questão é importante ressaltar que os 8 acadêmicos respondentes equivalem a apenas 1/3 daqueles matriculados na disciplina em 2019/2. Assim sendo, esta informação não pode ser generalizada uma vez que não se obteve a totalidade de opiniões. Cinco dos oito respondentes sentiram-se preparados para iniciar um projeto em *software* BIM após cursado RG-II, conforme relata o gráfico na figura abaixo.

Figura 39: percentual de alunos que sentiram-se preparados para iniciar um projeto em *software* BIM

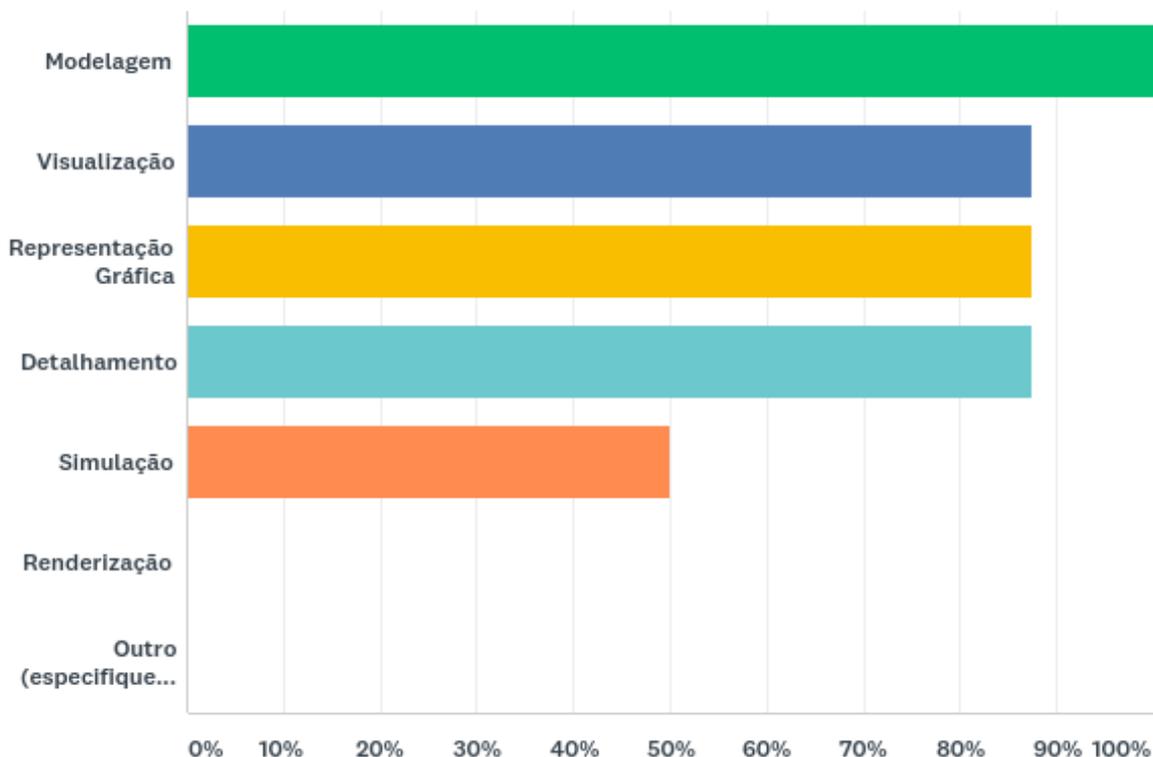


Fonte: Autoria própria (2019)

**Pergunta 3. Caso pretenda utilizar um *software* BIM neste projeto/disciplina, será direcionado a qual/quais finalidade(s)?**

Esta referia-se a uma questão objetiva com alternativas múltiplas de resposta. Destaca-se o fato que todos assimilaram o uso fundamental da modelagem; sete também assinalaram as opções visualização, representação gráfica e detalhamentos, e por fim, apenas quatro assinalaram a opção simulação. Ninguém acrescentou uma opção não mencionada nas alternativas.

Figura 40: finalidades pretendidas na utilização do *software* BIM ao início do semestre



Fonte: Autoria própria (2019)

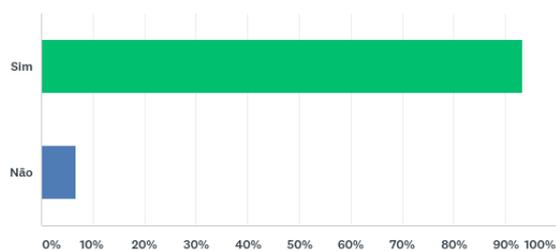
### 5.1.2 Questionário Final

Este questionário teve como objetivo avaliar os artefatos propostos, além de registrar como ocorreu a relação entre o processo projetual e as ferramentas digitais, e quando utilizada, se a tecnologia BIM inferiu qualitativamente nos resultados dos produtos finais. O mesmo foi aplicado ao final dos semestres 2019/1 e 2, e assim como o questionário inicial, também foi disponibilizado aos acadêmicos através de e-mail, fazendo uso da plataforma *SurveyMonkey*, com participação opcional e anônima. Na primeira ocasião (2019/1), quando apenas a turma C de PA-II era ambiente de estudo, todos os 15 matriculados na disciplina participaram do questionário. Já em 2019/2, quando as turmas A e C uniram-se, 15 dos 24 alunos matriculados responderam. Ao final, a amostra resultou em 30 respondentes, em um total de 39, cujas respostas serão analisadas de forma conjunta. Quando se tratando de questões objetivas serão apresentados os gráficos com os resultados de ambos os semestres. Ao se tratar de perguntas discursivas serão abordados alguns relatos dos alunos. Este questionário também se encontra disponível no apêndice B desta pesquisa.

**Pergunta 1. Você utilizou um *software* BIM para a realização deste projeto? Caso não, cite no espaço abaixo qual ou quais utilizou.**

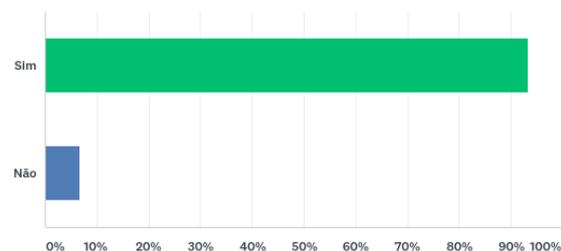
Esta referia-se a uma questão objetiva com espaço para comentários. Em ambos os semestres 14 dos 15 respondentes utilizaram *software* BIM para o desenvolvimento de seu projeto. O estudante que não utilizou relatou ter usado Rhinoceros para a exploração formal, e que utilizaria a conexão Grasshopper/ArchiCAD para a representação gráfica.

Figura 41: Utilização de *software* BIM em 2019/1



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 42: Utilização de *software* BIM em 2019/2

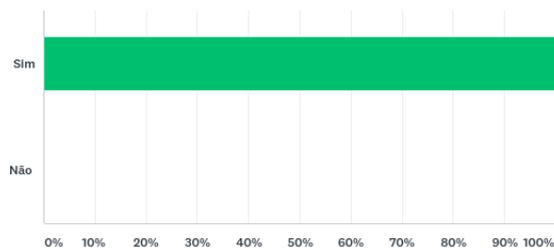


Fonte: Autoria própria (2019)

**Pergunta 2. Você julga que o conteúdo aprendido sobre o *software* BIM até este momento (4º período) foi suficiente para a realização deste projeto?**

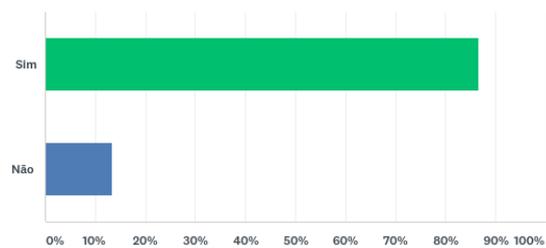
Esta referia-se a uma pergunta objetiva sem espaço para comentários. Em 2019/1 todos os matriculados na disciplina afirmaram que o conteúdo aprendido sobre o *software* BIM até aquele ponto da formação havia sido suficiente para a realização do projeto. Em 2019/2, 13 dos 15 respondentes concordaram com o mesmo.

Figura 43: domínio operação *software* BIM 2019/1



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 44: domínio operação *software* BIM 2019/2

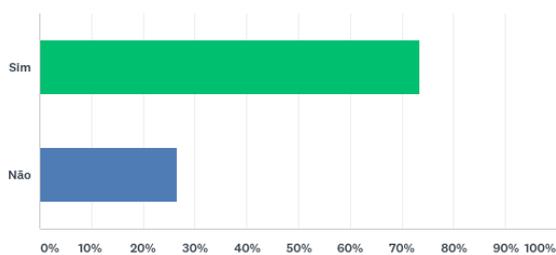


Fonte: Autoria própria (2019)

### **Pergunta 3. Você buscou recursos ou conteúdos (vídeos, tutoriais, cursos) extraclasse para realizar este projeto ou pelo menos parte dele em um *software* BIM?**

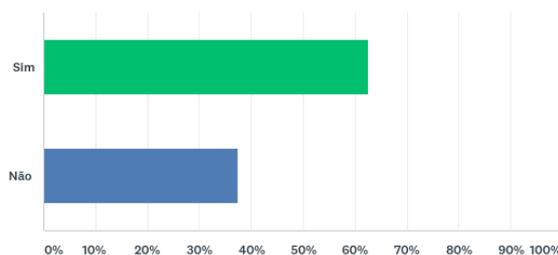
Esta referia-se a uma pergunta objetiva sem espaço para comentários. Em 2019/1 11 dos 15 respondentes afirmaram terem buscado conteúdo extraclasse sobre a operação do *software* BIM para o desenvolvimento do projeto. Já em 2019/2, 9 dos 15 respondentes buscaram conteúdo extraclasse sobre o *software* para auxiliar no desenvolvimento do projeto. Nesta questão sentiu-se falta de um espaço para aqueles que buscaram conteúdo extraclasse especificarem qual foi este conteúdo.

Figura 45: busca por conteúdo extraclasse 2019/1



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 46: busca por conteúdo extraclasse 2019/2



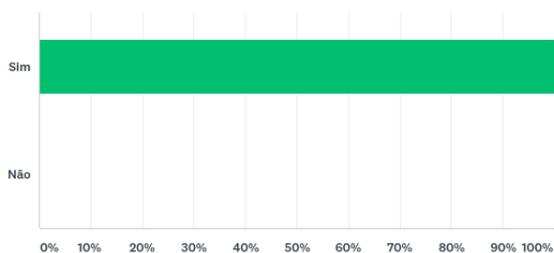
Fonte: Autoria própria (2019)

### **Pergunta 4. A modelagem tridimensional da edificação em BIM permitiu maior associação com o edifício real e entendimento de seus componentes?**

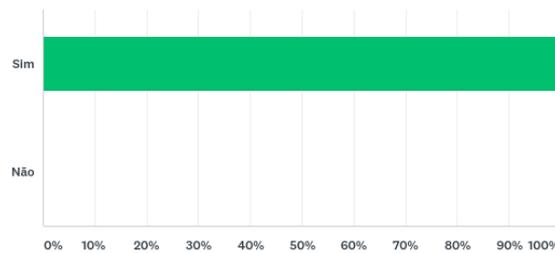
Esta referia-se a uma questão objetiva sem espaço para comentários. Em ambas as ocasiões todos os respondentes afirmaram que a modelagem tridimensional em *software* BIM permitiu maior associação com o edifício real e o entendimento de seus

componentes, corroborando com o exposto por autores como Leal (2018), Romcy (2017) e Medeiros (2015).

Figura 47: associação BIM e edifício real – 2019/1      Figura 48: associação BIM e edifício real – 2019/2



Fonte: Autoria própria (2019)

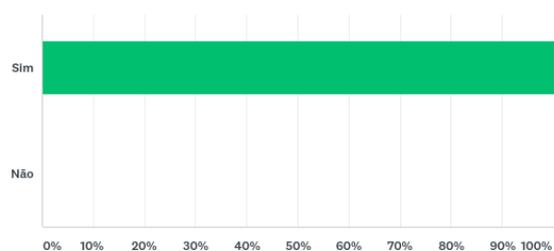


Fonte: Autoria própria (2019)

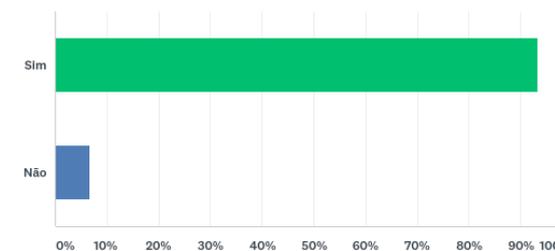
**Pergunta 5. Você julga necessário a presença de um assistente/monitor que tenha conhecimento de *softwares* na disciplina para eliminar/amenizar eventuais dúvidas de modelagem?**

Esta referia-se a uma pergunta objetiva sem espaço para comentários. Em 2019/1 todos os respondentes julgaram necessário a presença de um monitor que tenha conhecimento de *softwares* para amenizar eventuais dúvidas. Em 2019/2, por sua vez, 14 dos 15 participantes concordaram com o mesmo.

Figura 49: importância monitor sala de aula 2019/1      Figura 50: importância monitor sala de aula 2019/2



Fonte: Autoria própria (2019)



Fonte: Autoria própria (2019)

**Pergunta 6. Liste abaixo os pontos positivos de ter utilizado um *software* BIM para desenvolver este projeto (caso tenha utilizado BIM).**

Esta tratava-se de uma pergunta discursiva. A partir dos relatos dos estudantes mencionou-se em ambos os semestres que os principais benefícios de utilizar BIM para o desenvolvimento de projetos estavam relacionados a um maior controle e domínio do objeto projetado devido ao vínculo entre o modelo e as representações, potencializado pela capacidade de visualização do *software*. Segundo os alunos isto facilita a compreensão técnico-construtiva, e aprimora os conhecimentos sobre materiais de

construção e componentes de um edifício. Citou-se também o aspecto da agilidade de um processo BIM quando comparado com plataformas CAD, por exemplo. Pontualmente levantou-se a resolução dos problemas de incompatibilização assim como a capacidade de interoperabilidade do *software*. Segue abaixo alguns dos relatos dos estudantes.

“Agilidade no processo, já que os desenhos são realizados simultaneamente. Compreensão da diversidade de materiais e suas representações técnicas”.

“Aprender a utilizar um *software* em ascensão, por si só, já foi muito bom, pois isto nos vem sendo cada vez mais requisitado. Ajudou a entender a lógica e a técnica construtiva e o processo de execução. A compatibilização instantânea entre o 3D, as plantas e cortes”.

“Facilidade em visualizar o modelo 3D, cortes, fachadas e plantas simultaneamente. Ter conhecimento dos componentes que fazem parte da estrutura, revestimento, etc. Maior facilidade e potencial de modificações do que em outros *softwares* mais rígidos como o AutoCAD”.

“O BIM possibilitou maior entendimento do método construtivo. Além de poupar muito tempo já que gera um modelo vinculado com as plantas e cortes, acelerando muito o meu processo de trabalho. Além de ser fácil de mexer e ter uma integração com uma série de outros *softwares*”.

“A compatibilização entre plantas, cortes e 3D permitiram que houvesse o controle constante de todos os aspectos do projeto. Além de auxiliar na compreensão de tudo que estava sendo representado, também serviu para maior compreensão do projeto em si: sabíamos o que era cada uma das linhas, cada um dos elementos que apareciam em todas as formas de representação. Tínhamos total domínio do que estávamos fazendo, e quando surgia alguma dúvida, rapidamente trocávamos a visualização para que pudéssemos enxergar melhor do que se tratava”.

“Na minha visão o BIM só traz benefícios para o entendimento do projeto. A partir do momento que o programa gera a perspectiva, as plantas, os cortes e as fachadas do projeto, fica muito mais fácil de entender e trabalhar nele. Além disso, é muito positivo o fato de que todos esses elementos estão conectados em um mesmo programa e não separados como ocorre nos *softwares* que não são BIM. Outro ponto positivo é que para projetar no BIM é preciso ter certas decisões de projeto já tomadas e ter o conhecimento de certas

partes mais específicas do projeto, o que é bom, pois assim a gente pensa mais sobre o projeto e aprende mais fazendo o projeto”.

“Melhor produtividade por ser mais rápido, redução de erros em relação a outros programas que precisam fazer 2D e 3D separados”.

**Pergunta 7. Cite abaixo quais as dificuldades de ter utilizado um *software* BIM para desenvolver este projeto (caso tenha utilizado BIM).**

Esta também foi uma questão discursiva. Com base nas respostas mencionadas percebeu-se em ambos os semestres que parte das dificuldades na utilização de uma plataforma BIM estavam relacionadas aos aspectos de qualidade da representação gráfica aliadas a uma falsa ideia de que as mesmas seriam geradas “automaticamente” pelo *software*. Deve-se compreender que o modelo 3D e as representações estão vinculadas, portanto, em alguns casos, é exigida uma maior definição da modelagem. Somado a isto está o fator de que cada elemento possui suas próprias definições, passíveis de serem configuradas melhorando assim os aspectos gráficos. Outro fator importante ressaltado foi que a falta de domínio de determinadas ferramentas dentro do *software*, resultaram em limitações no processo de modelagem e exploração formal, restringindo explorações de conceito x forma. Em contrapartida, o *software* também apresentou algumas limitações quanto a representação de geometrias não convencionais, levando a ajustes manuais em 2D. Seguem abaixo alguns dos relatos dos estudantes.

“Algumas intenções de projeto não foram atingidas, devido tanto a limitações do programa quanto pela dificuldade de fazê-las. Por se tratar de um *software* muito avançado, apresenta muita complexidade. No caso do ArchiCAD (*software* utilizado), a visualização em 3D não é favorável em certas vistas, o que, no meu caso, dificultou a modelagem em certas etapas”.

“Das dificuldades encontradas, para mim a maior delas foi a falta de um controle total da representação. Muitas vezes o *software* não respondia a o que eu gostaria de fazer ou então era necessário um caminho muito grande de configurações para que as coisas funcionassem. No fim do projeto, vi a necessidade de criar detalhes das plantas e cortes por inteiro, de modo a poder mexer em ambos de forma 2D com linhas e tramas”.

“Minhas maiores dificuldades com o BIM foi a questão de modelar elementos arquitetônicos inclinados e também a questão de arrumar os encaixes das paredes na modelagem 3D e na planta-baixa. Outro aspecto negativo do programa é que a representação dos cortes e das fachadas não são geradas de forma 100% correta, sendo necessário ficar arrumando com trama e linha”.

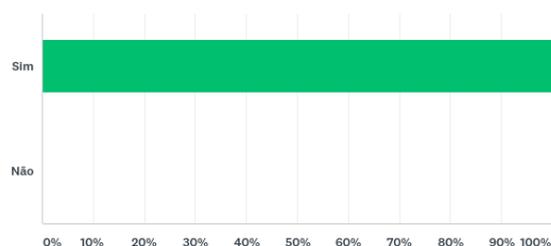
“Eu tive bastante dificuldade quanto a força dos materiais, que causavam alguns problemas no projeto. E na criação de algumas formas mais complexas, como esquadrias com certas angulações”.

“Falta de conhecimento para usar a ferramenta certa para fazer partes do projeto. Dificuldade para arrumar a representação que mesmo gerada automaticamente não era a mais adequada”.

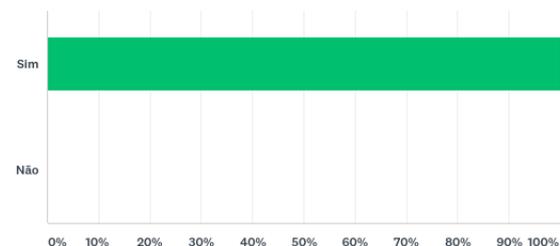
**Pergunta 8. Tendo agora conhecimento da ementa da disciplina e da tipologia de projeto trabalhado nela (hotel *design*, considerando a técnica construtiva), você acredita que o fato de ter utilizado um *software* BIM facilitou a compreensão e visualização da técnica construtiva *woodframe*? Caso tenha utilizado BIM.**

Esta referia-se a uma pergunta objetiva sem espaço para comentários. Conforme relatam os gráficos a seguir todos os participantes de ambos os semestres julgaram que o fato de terem utilizado um *software* BIM para o desenvolvimento dos projetos acadêmicos auxiliou na compreensão técnico-construtiva e na visualização da estrutura, fazendo com que o objetivo proposto tenha sido alcançado.

Figura 51: BIM e compreensão *woodframe* 2019/1    Figura 52: BIM e compreensão *woodframe* 2019/2



Fonte: Autoria própria (2019)

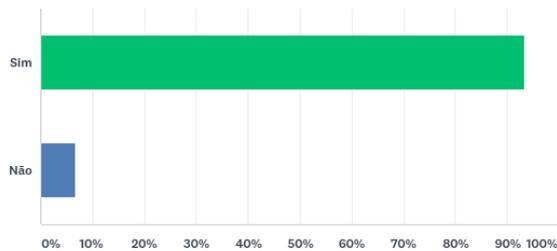


Fonte: Autoria própria (2019)

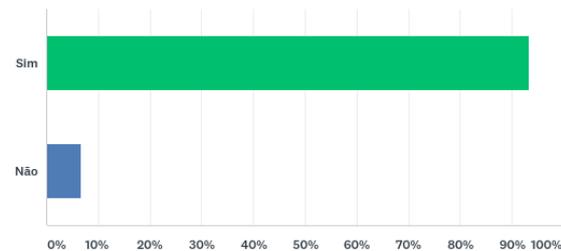
**Pergunta 9. Você acredita que o exercício dirigido desenvolvido com a turma contribuiu para seu conhecimento em relação a operação de um *software* BIM?**

Esta referia-se a uma questão objetiva sem espaço para comentários. Conforme relatam os gráficos abaixo, em ambas as ocasiões 14 dos 15 participantes julgaram que o exercício dirigido agregou algum tipo de conhecimento sobre a operação do *software* BIM utilizado (ArchiCAD), mesmo não sendo o objetivo proposto, revelando esta ser uma prática multidisciplinar.

Figura 53: contribuição exercício sobre BIM 2019/1 Figura 54: contribuição exercício sobre BIM 2019/2



Fonte: Autoria própria (2019)

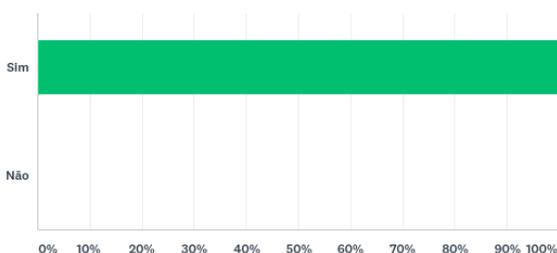


Fonte: Autoria própria (2019)

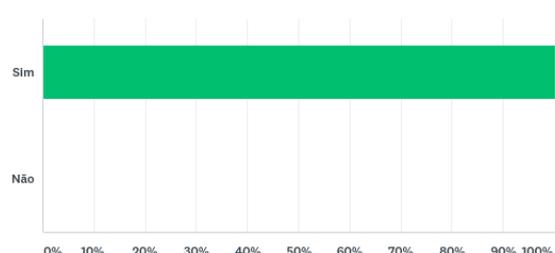
### **Pergunta 10. No seu ponto de vista, o exercício dirigido em *software* BIM facilitou seu aprendizado da técnica construtiva *woodframe*?**

Esta referia-se a uma pergunta objetiva sem campo para comentários. Conforme relatam os gráficos a seguir, todos os respondentes de ambos os semestres julgaram que o exercício dirigido contribuiu com a compreensão técnico-construtiva fazendo com que o objetivo proposto de utilizar BIM como um instrumento pedagógico tenha sido alcançado.

Figura 55: exercício compreensão *woodframe* 2019/1 Figura 56: exercício compreensão *woodframe* 2019/2



Fonte: Autoria própria (2019)

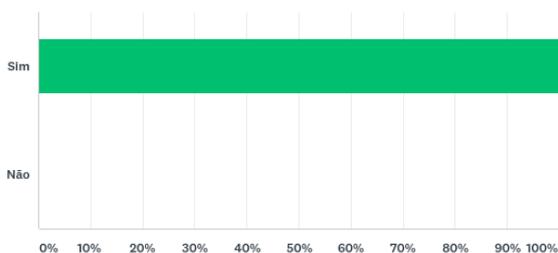


Fonte: Autoria própria (2019)

### **Pergunta 11. Pretende continuar utilizando um *software* BIM para desenvolver os próximos projetos?**

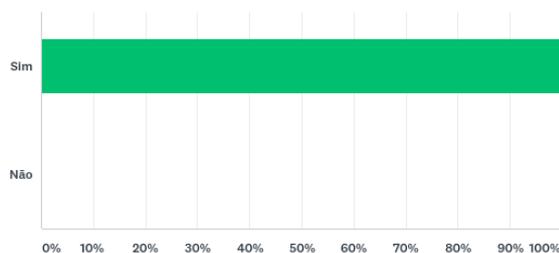
Esta referia-se a uma questão objetiva sem espaço para comentários. Conforme relatam os gráficos abaixo, apesar de certas dificuldades relatadas, considerando ser a primeira disciplina na qual os conhecimentos em BIM foram aplicados efetivamente em uma situação de projeto, todos os participantes de ambos os semestres se mostraram incentivados ao pretenderem continuar utilizando a tecnologia para o desenvolvimento dos próximos projetos acadêmicos.

Figura 57: pretensão seguir utilizando BIM 2019/1



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 58: pretensão seguir utilizando BIM 2019/2



Fonte: Autoria própria (2019)

**Pergunta 12. Utilize o espaço abaixo para deixar comentários, críticas ou sugestões em relação ao *software* BIM, ou qualquer outro aspecto referente a disciplina.**

Esta tratava-se de uma questão discursiva, e apesar de optativa, alguns participantes registraram opiniões que contribuíram qualitativamente com esta pesquisa bem como com PA-II. A maioria mostrou-se satisfeito com a metodologia aplicada tanto na disciplina quanto no exercício dirigido. Duas potencialidades foram citadas neste espaço: a primeira é o fato de nesta disciplina não terem retornado a plataforma CAD durante o processo de projeto. De acordo com Sacks e Barack (2010) em um estudo realizado na *Technion-Israel Institute of Technology*, o fato de retroceder de um processo BIM para ferramentas CAD é comum em universidades na qual plataformas CAD são ensinadas previamente a tecnologia BIM (como ocorre no currículo da UFRGS). Por segundo, foi mencionado que a disciplina de projeto agregou conhecimentos sobre o *software* BIM, mesmo não sendo este o objetivo proposto. Como um fator a ser aprimorado observou-se certa dificuldade no processo de transição do exercício dirigido para o projeto individual. Mencionou-se a transposição de uma solução de fechamento disponibilizada no *template* sem considerar se ela atenderia as expectativas estéticas, funcionais e de conforto do projeto do acadêmico, o que somente foi percebido e corrigido posteriormente. Isto demonstra a necessidade de reservar um tempo maior para reflexão quanto aos aspectos particulares do projeto. Seguem abaixo alguns dos relatos dos alunos.

“Achei ótima e essencial a utilização do *software* BIM na cadeira. Sem ele não teria conseguido realizar tão bem o projeto e chegar nos resultados atingidos. Além disso o *workshop* (exercício dirigido) me mostrou como consigo sim aprender a fazer todo o projeto em BIM. Já havia utilizado o ArchiCAD no semestre anterior porém sentia que não tinha utilizado da maneira correta, já que para finalizar as plantas e cortes utilizei tramas e linhas passando os desenhos inteiros para detalhes. Já nesse semestre consegui evoluir muito e realizar o projeto inteiro dentro do próprio programa e não utilizar outros recursos que tiram a razão de utilizar BIM”.

“Sobre a disciplina, para mim foi uma experiência muito positiva que me trouxe muito aprendizado. O exercício dirigido sendo passado ao mesmo tempo que íamos projetando foi muito bom, pois primeiro aprendíamos como fazer no programa, além de ter um exemplo da aplicação do que estávamos aprendendo em um outro projeto, e depois aplicávamos no nosso projeto”.

“A disciplina foi essencial para o meu aprendizado de um *software* BIM, sendo que, agora, após a conclusão dela, me sinto apto para realizar outros projetos com ele, essa aptidão não existia antes da disciplina. Além disso, me propiciou a oportunidade de desenvolver um maior entendimento do sistema construtivo”.

“O BIM ajudou MUITO a compreender o sistema estrutural. Durante o exercício dirigido, as composições das paredes e cobertura deveriam ter um pouco mais de atenção e enfatizar mais que elas estão sendo utilizadas para este exemplo em específico, pois comecei a modelar com as composições que já estavam no arquivo e aconteceu que não se aplicavam para o meu caso e precisei arrumar todas as paredes e cobertura perto da finalização da etapa técnica. É preciso elogiar o espaço seguro e receptivo para as ideias de cada aluno, já que nossas ideias sempre foram aceitas e quando se mostraram difíceis de se entender ou saber como fazer elas acontecerem, a professora e os monitores nos ajudaram a tornarem elas possíveis”.

“Excelente ferramenta para o desenvolvimento do projeto, ajuda muito no entendimento das etapas de construção e visualização do projeto”.

## 5.2 Observação Direta e Análise dos Produtos Finais

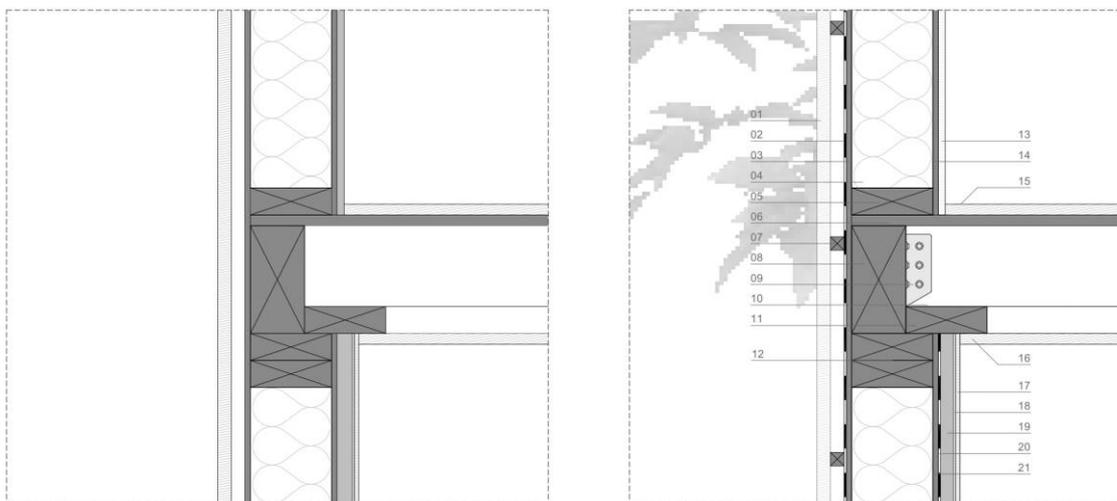
Esta modalidade de coleta de informações partiu da observação do painel final e respectiva análise dos produtos entregues pelos acadêmicos visando verificar, quando ocorreu o uso de tecnologia BIM, como e se esta pôde ter inferido qualitativamente no processo e nos resultados. Alguns projetos serão expostos para relatar as análises constatadas. É importante destacar que, aqueles que concordaram em participar desta pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice C) autorizando a utilização de todos os arquivos resultantes de seus projetos (pln, dwg, skp, jpg, png, PDF, etc.) para análise conjunta de dados, permitindo sua publicação neste ou em outros materiais destinados a eventos relacionados a área. Alguns optaram ainda pela divulgação de seus nomes em qualquer destes materiais como autores dos projetos, ação esta aprovada pelo Comitê de Ética da UFRGS.

Inicialmente observou-se que apesar de o projeto proposto pela disciplina apresentar baixa complexidade programática, área reduzida e abordar uma técnica construtiva que estabelece certos condicionantes em relação a exploração formal, alguns acadêmicos não se limitaram a explorar apenas soluções convencionais, extrapolando a simplicidade do modelo referência. Pode-se citar como exemplo disto paredes inclinadas, balanços e cobertura vegetal. Ao apresentar um maior desafio tanto em questões envolvendo o *woodframe* – em algumas situações o sistema se configurava como misto, com paredes portantes em *woodframe* combinadas com estrutura de pilares e vigas de madeira (*post and beam*) estas propostas também demandaram a exploração de alternativas não convencionais de modelagem dentro da plataforma BIM, requerendo um tempo maior de execução.

Apesar de algumas dificuldades, ao ter como referência o nível de desenvolvimento LOD 350, os acadêmicos em sua maioria obtiveram bons resultados no que se refere ao grau de definição dos modelos tridimensionais e das representações bidimensionais, incluindo a modelagem de detalhes que normalmente eram desenhados bidimensionalmente. Modelos com alto grau de definição agilizam o processo projetual ao resultarem em representações mais completas, sendo necessário somente ajustes nas definições de cada elemento para adequar a qualidade gráfica, trabalho este que devido ao uso do *template* foi amenizado. A etapa de detalhamentos também se tornou mais ágil uma vez que estes são definidos tendo como base o modelo. Devido a escala utilizada

para os mesmos (1/5 ou 1/10), demandando um alto nível de detalhes e informações, se faz necessário complementar os detalhamentos fazendo uso de linhas, tramas, cotas e textos. Se tomarmos como base um detalhamento gerado a partir do modelo referência, por exemplo, pode-se comparar o nível de desenvolvimento apresentado por um detalhe antes (esquerda) e depois de sua edição (direita), conforme demonstra a figura 59. Mesmo assim percebe-se que os ajustes necessários são mínimos, podendo serem realizados dentro do próprio ArchiCAD, sem necessidade de migrar para outros *softwares*.

Figura 59: Comparação nível de desenvolvimento de um detalhamento gerado a partir de um modelo LOD 350 antes (esquerda) e depois de sua edição no próprio ArchiCAD



Fonte: Autoria Própria (2020)

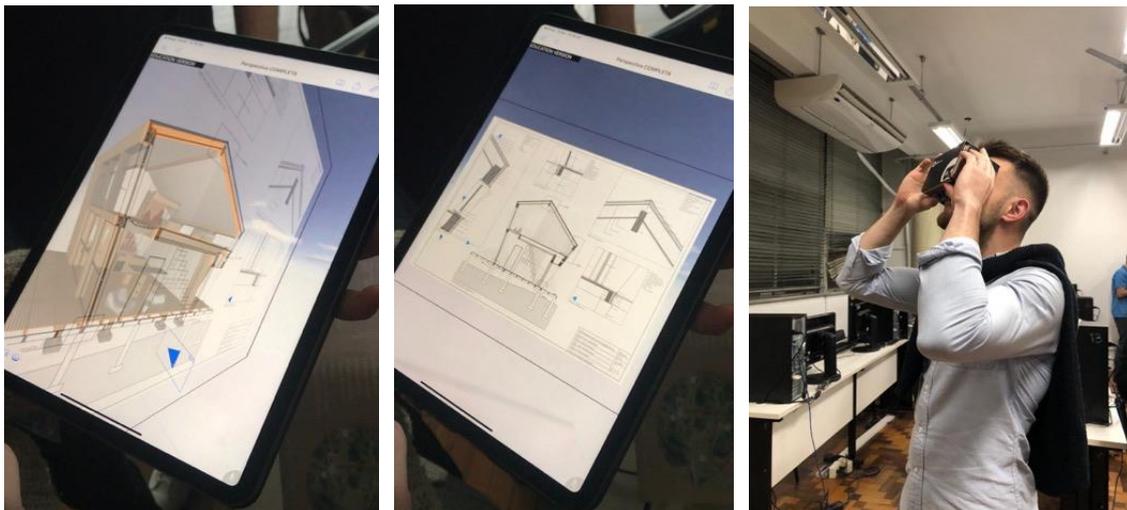
Verificou-se que em plataformas BIM, elementos que antes eram representados bidimensionalmente com o uso de linhas (em *softwares* CAD, por exemplo), passaram a ganhar “materialidade” ao serem incorporados ao projeto em forma de elementos construtivos tridimensionais alimentados por informações respectivas aos materiais de construção e suas propriedades. Este é um dos diferenciais do emprego de BIM em relação a outros programas de modelagem tridimensional a exemplo do Sketchup. *Softwares* BIM tornam possível a visualização da relação entre diferentes sistemas que compõem um edifício. Isto pareceu incentivar os estudantes a desenvolver modelos que reproduzam o maior número possível de elementos que compõem uma construção real. Observou-se a inserção de materiais de revestimento de forma tridimensional, a exemplo de painéis ripados, além da modelagem de outros sistemas como calhas para coleta das águas pluviais. Este aspecto abre caminhos para o desenvolvimento de modelos mais completos.

Observou-se que a utilização de *software* BIM resultou praticamente na eliminação de erros de incompatibilização entre os modelos tridimensionais e as representações bidimensionais, por tratarem-se de produtos vinculados em uma mesma plataforma. No que se refere a técnica construtiva *woodframe* esta é uma vantagem devido à complexidade espacial apresentada por este sistema somado a dificuldade de representá-lo corretamente em ambiente bidimensional seguindo as mesmas dimensões e posicionamento das peças.

Percebeu-se que o uso do *template* garantiu maior qualidade e homogeneidade dos aspectos gráficos. Além disso, promoveu maior agilidade do processo ao reduzir o tempo destinado a configuração das diferentes formas de representação e visualização de cada um dos elementos do projeto. Alguns acadêmicos, no entanto, migraram entre diferentes plataformas fazendo com que as propriedades do *template* se perdessem devido à falta de interoperabilidade entre alguns *softwares*. Isto constatou que a utilização desta estratégia é mais eficaz quando o projeto for desenvolvido dentro de uma plataforma única ou entre sistemas que apresentam interoperabilidade.

Por fim, PA-II AC está passando por um período de reestruturação de conteúdos visando a inserção de saberes digitais na construção do conhecimento. Neste contexto, técnicas analógicas de *design thinking*, desenhos bidimensionais e pranchas plotadas estão pouco a pouco dividindo espaço de maneira bilateral com modelos tridimensionais virtuais, painéis digitais, e utilização de novas formas de visualização do projeto, como a realidade virtual e a realidade aumentada. Assim sendo, o desenvolvimento do projeto em BIM tem contribuído com a utilização do aplicativo BIMx. Este permite a imersão no projeto e novas formas de visualização e compreensão do objeto, uma vez que estabelece uma conexão entre o modelo e as pranchas técnicas digitais com todas as representações bidimensionais, conforme pode ser observado na figura 60. O modelo em BIM permite ainda a prototipagem de modelos físicos.

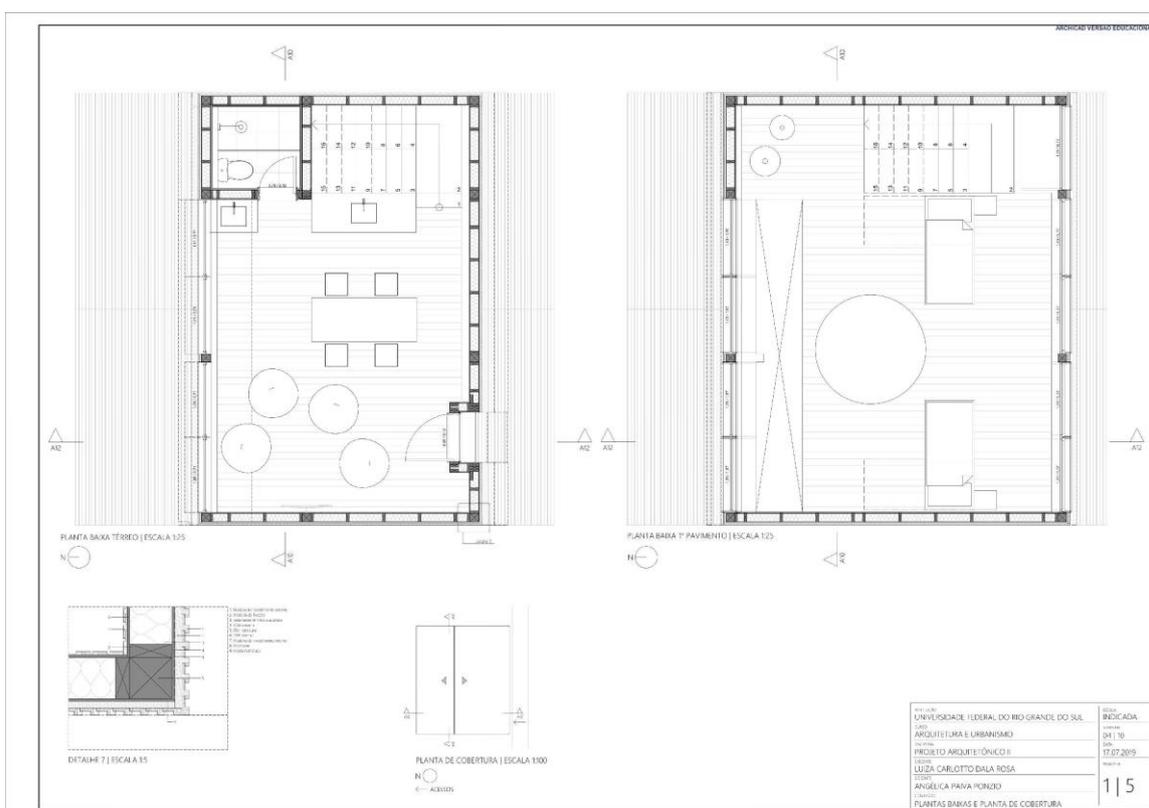
Figura 60: projeto acadêmico na versão BIMx visualizado pelo iPad (esquerda) e com os óculos de RV



Fonte: Autoria própria (2019)

Na sequência serão exibidas algumas pranchas referentes a projetos acadêmicos desenvolvidos em 2019/1 e 2.

Figura 61: Prancha projeto acadêmica Luiza Carlotto Dala Rosa – 2019/1



Fonte: Luiza Carlotto Dala Rosa (2019)



Figura 64: Prancha Projeto acadêmica Luiza Carlotto Dala Rosa – 2019/1



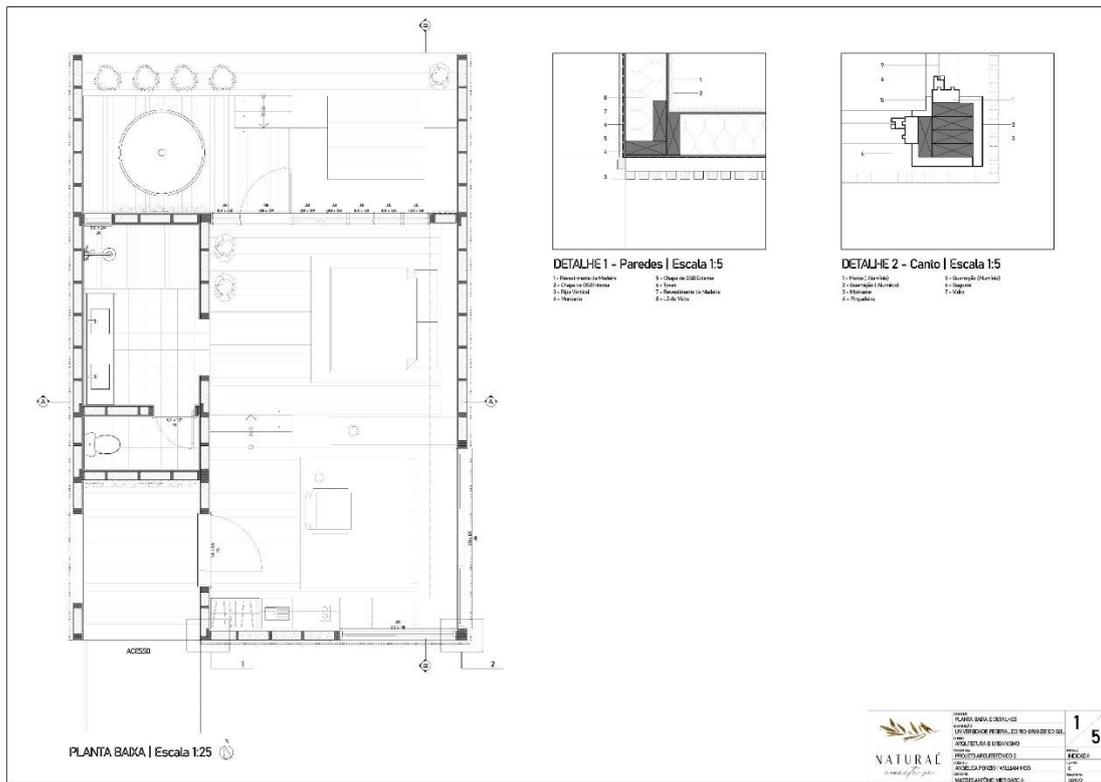
Fonte: Luiza Carlotto Dala Rosa (2019)

Figura 65: Prancha Projeto acadêmica Luiza Carlotto Dala Rosa – 2019/1



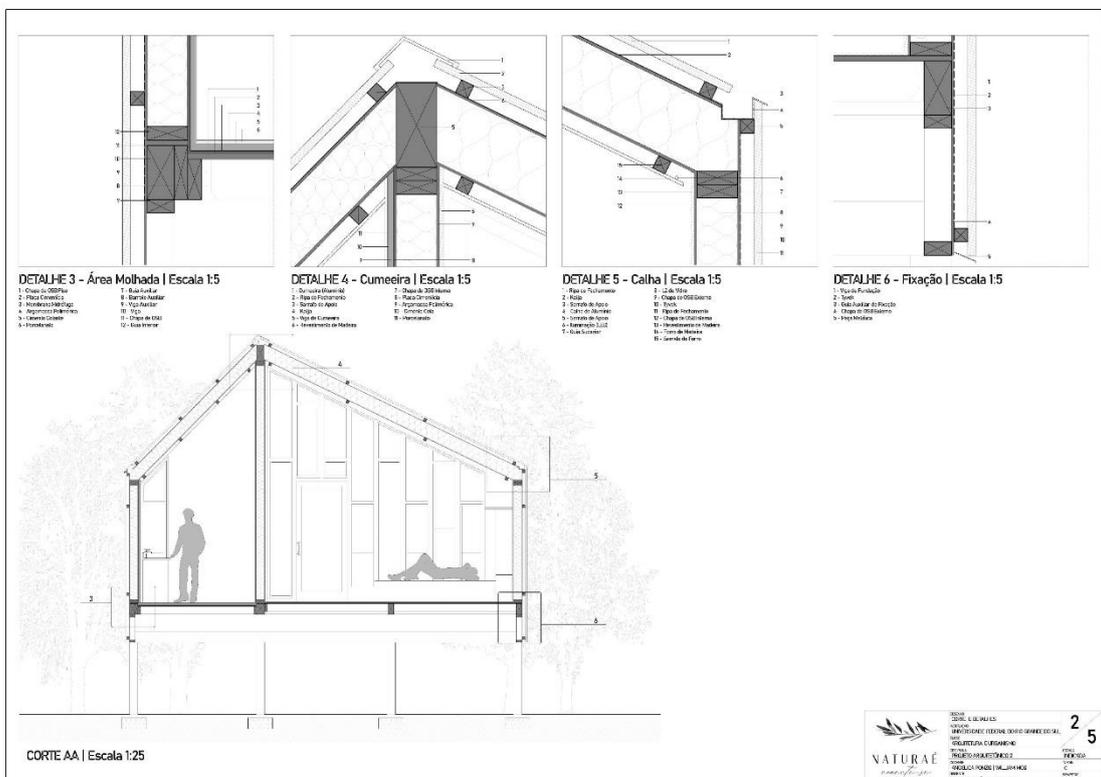
Fonte: Luiza Carlotto Dala Rosa (2019)

Figura 66: Prancha Projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2



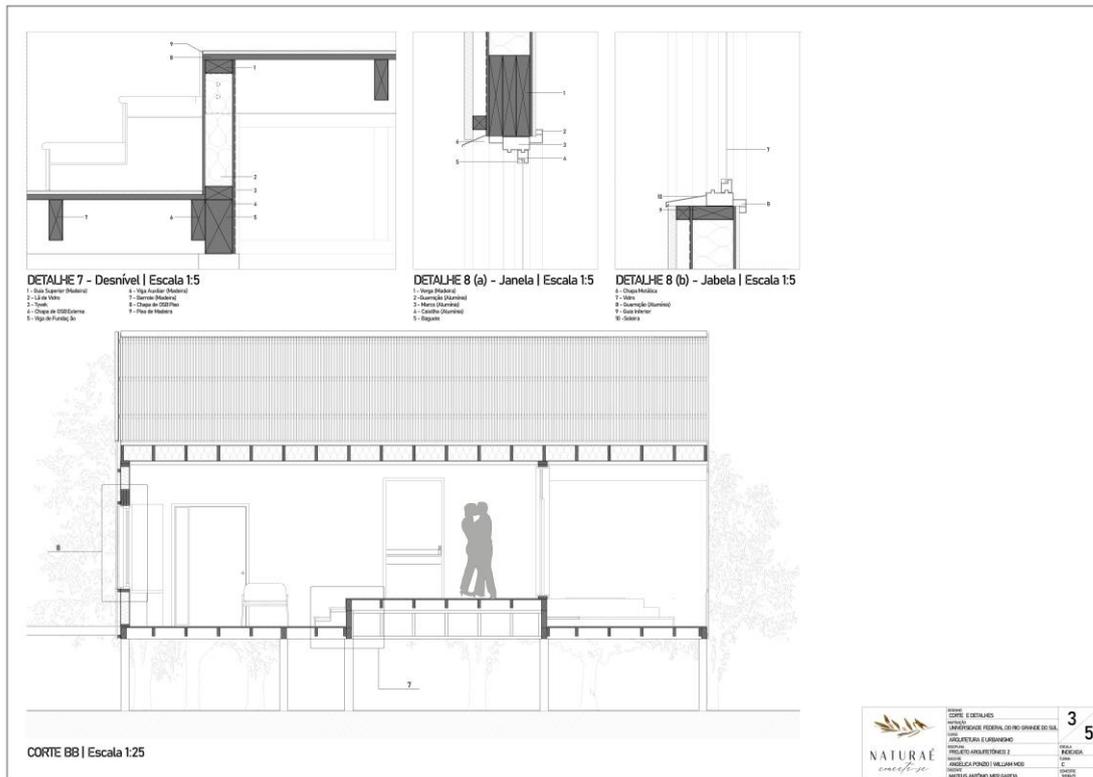
Fonte: Mateus Antônio Mer Garcia (2019)

Figura 67: Prancha Projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2



Fonte: Mateus Antônio Mer Garcia (2019)

Figura 68: Prancha Projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2



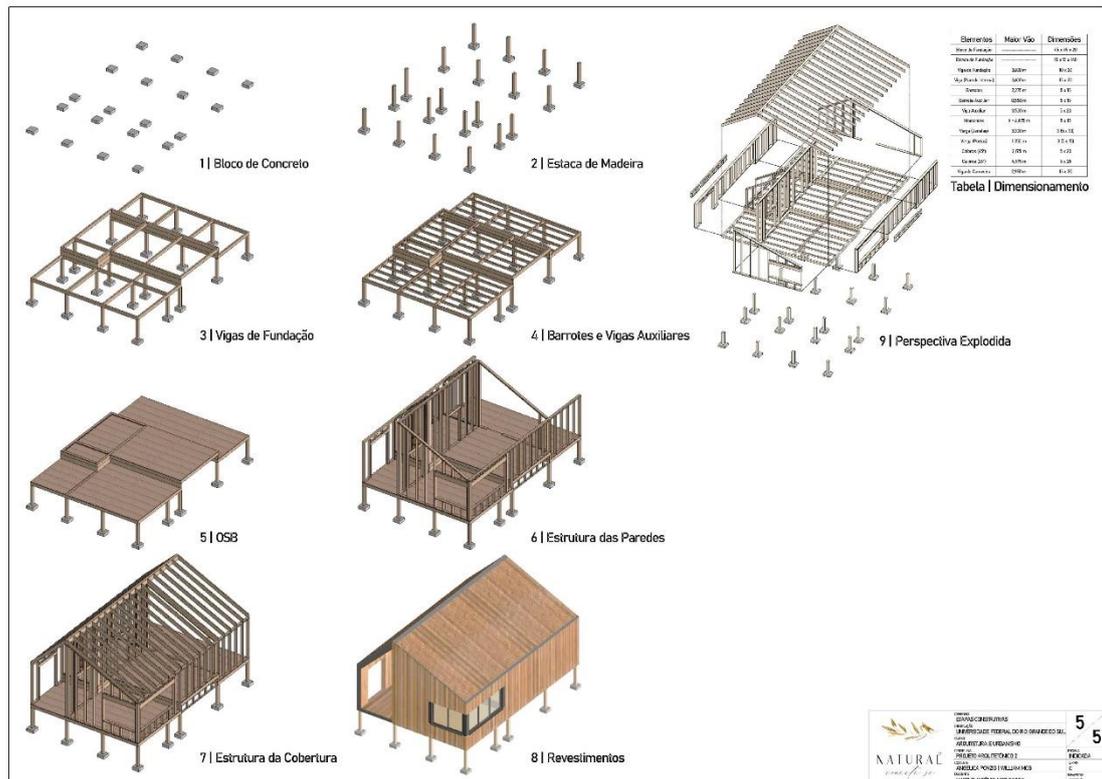
Fonte: Mateus Antônio Mer Garcia (2019)

Figura 69: Prancha Projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2



Fonte: Mateus Antônio Mer Garcia (2019)

Figura 70: Prancha Projeto acadêmico Mateus Antônio Mer Garcia – 2019/2



Fonte: Mateus Antônio Mer Garcia (2019)

### 5.3 Explicação das Aprendizagens

#### 5.3.1 Potencialidades dos artefatos propostos

- O exercício dirigido ao fazer uso de uma plataforma BIM como um instrumento pedagógico demonstrou-se como um artefato positivo para o entendimento da técnica construtiva abordada – *woodframe*. Abrindo espaço assim para sua aplicação visando o aprendizado de outras tecnologias construtivas modulares a partir de uma adaptação dos artefatos desenvolvidos. Isto indica que, embora aplicado no escopo de uma disciplina de projeto arquitetônico, espera-se que tais potencialidades também sejam estendidas para as disciplinas de técnicas construtivas.
- O exercício dirigido aproxima os estudantes de um “canteiro de obras virtual” por meio da construção de um modelo uma vez que estes demonstraram o aprendizado da sequência de execução de uma unidade em *woodframe*, ressalvadas as devidas adaptações específicas de funcionamento do *software* mencionadas (como a

colocação dos materiais para fechamento e inserção de esquadrias). Soma-se a isto um maior domínio sobre materiais de construção devido às informações que cada elemento construtivo abriga em suas definições, bem como ao entendimento dos componentes de um edifício através de diferentes formas de visualização permitida pelo *software* BIM.

- A proposta metodológica de executar o exercício dirigido em etapas similares às ocorridas *in loco* (com as devidas ressalvas mencionadas) corrobora também com uma sequência direcionada ao BIM 4D devido a possibilidade de associar o modelo desenvolvido a um cronograma, vincular tarefas, tempos e gerar um planejamento visual de andamento da obra, estendendo ainda mais seu potencial de interdisciplinaridade no âmbito acadêmico.
- A proposição de um *template* pensado com base nas necessidades de uma determinada disciplina e/ou técnica construtiva contribui com os aspectos de representação gráfica e agilidade do processo projetual. O mesmo, além de utilizado como ambiente para o exercício dirigido, pode ser empregado para o desenvolvimento do projeto acadêmico, corroborando com a superação de problemas gráficos frequentemente relatados em faculdades que estão em processo de adoção de plataformas BIM, podendo dedicar um tempo maior as demais etapas do processo projetual, como detalhamento por exemplo.

### 5.3.2 Limitações/condicionantes dos artefatos propostos

- Verificaram-se algumas dificuldades na transposição do conhecimento obtido durante o exercício dirigido para os projetos individuais, demonstrando a necessidade de ampliar o tempo para discussão desta etapa.
- O fato do exercício dirigido fazer uso de uma plataforma BIM como um instrumento, exige, conforme recomendado, um conhecimento mínimo sobre a operação do *software* por parte dos participantes. Caso contrário, será despendido um tempo excessivo no ensino de comandos do *software*, redirecionado o foco da atividade. Isto envolve outras diretrizes no âmbito do ensino nas universidades, como a existência de disciplinas que abordem BIM, além de questões de infraestrutura e capacitação.

- O uso de uma plataforma BIM, neste caso o ArchiCAD, exige a constante revisão do *template* e do polígrafo perante as atualizações anuais de programas. Isto garante a atualidade das informações contidas no material didático e o correto uso dos recursos do *software*.<sup>35</sup>
- O número de participantes do exercício dirigido não se mostrou como um fator condicionante para sua aplicação. No entanto, é recomendável que, os docentes/ministrantes tenham conhecimento tanto da técnica construtiva quanto do *software*. Como formato, sugere-se que a cada 15 estudantes, além do ministrante, haja a presença de um tutor extra, para auxiliar no esclarecimento de eventuais dúvidas, evitando a perda de foco daquele que está no comando das atividades. Na experiência aqui abordada, havia uma combinação ideal de ministrante – focado na explanação do exercício, docente – focado nas dúvidas do sistema construtivo, e monitor - focado nas dúvidas da ferramenta.
- A plataforma BIM utilizada para o exercício foi o ArchiCAD devido a este ser o *software* ensinado no curso em questão sendo considerado mais acessível, intuitivo e “amigável” aos acadêmicos. A proposta pode ser adaptada a outros *softwares* (Revit, por exemplo), no entanto, alguns recursos específicos do ArchiCAD foram utilizados para subsidiar a metodologia proposta, exigindo uma possível reestruturação ao considerar a interface de outros programas.

### 5.3.3 Potencialidades da utilização de tecnologia BIM no ensino-aprendizagem de projeto/técnicas construtivas

- Projetar tendo como meio uma plataforma/processo BIM estimula o exercício de um novo aspecto do processo projetual, sendo este referente a tectônica arquitetônica. O acadêmico desenvolve maior domínio sobre o objeto projetado, processos intuitivos se tornam mais racionais e concretos, e as decisões tomadas mais assertivas por exigir um conhecimento maior sobre as partes que constituem um edifício e suas relações.

---

<sup>35</sup> O modelo e polígrafo dos apêndices encontram-se atualmente (2021) atualizados e revisados para a versão 24 do ArchiCAD. O modelo aplicado na disciplina em 2019/1 e 2 referia-se a versão 22 do ArchiCAD.

- Um *software* BIM pode ser utilizado durante o processo projetual como uma plataforma para armazenar e gerenciar informações do projeto, podendo assim ser utilizado desde as primeiras fases do processo. Atividades como modelagem do terreno, georreferenciamento e estudos ambientais podem ser realizados no *software*, o tornando um instrumento auxiliar para tomadas de decisões projetuais.
- Percebeu-se que os erros de incompatibilização em projetos desenvolvidos em *software* BIM são reduzidos devido ao modelo tridimensional e as representações bidimensionais estarem vinculados dentro de uma mesma plataforma.
- A agilidade é um aspecto frequentemente mencionado quando se tratando de um processo BIM. Uma vez construído o modelo virtual, etapa esta que representa maior parte do tempo durante o processo, toda a documentação projetual é gerada simultaneamente pelo *software*, cabendo ao projetista adequar sua qualidade gráfica através da edição das definições. Desta maneira, um período maior pode ser destinado às etapas de concepção e detalhamento.
- Uma vez que o modelo virtual se torna o produto central de um processo projetual BIM, os acadêmicos estão inserindo um número maior de elementos e sistemas que compõem o edifício. A tecnologia influencia uma mudança do foco da representação para a construção virtual, onde elementos bidimensionais ganham “materialidade”.
- A utilização da tecnologia BIM infere no processo de assessoramento do projeto ao longo do semestre. Tal atividade, que antes era baseada na verificação de pranchas impressas com desenhos bidimensionais, passam a ser realizadas através de um modelo virtual. Esta ação corrobora com a superação de lacunas existentes em relação ao domínio do conhecimento sobre edificações que antes poderia ser ocultado por meio das representações bidimensionais. Os modelos permitem durante as orientações a identificação de conflitos entre sistemas através do potencial de visualização do *software*. As pranchas técnicas com os desenhos bidimensionais são utilizadas para verificação da qualidade da representação gráfica.

- O uso de uma plataforma BIM no ensino-aprendizagem de projeto abre caminhos para a inserção de novos saberes digitais durante o processo de construção do conhecimento. Pode-se citar a realidade virtual e realidade aumentada, possibilitando também a prototipagem de modelos físicos. Tais tecnologias influem em novas formas de visualizar e compreender o projeto.

#### 5.3.4 Limitações/condicionantes da utilização de tecnologia BIM no ensino-aprendizagem de projeto/técnicas construtivas

- Percebe-se a partir dos relatos dos acadêmicos que ainda existe uma falsa crença sobre as plataformas BIM gerarem representações “automaticamente”. Os mesmos relatam certa frustração ao abordar isto. Deve-se esclarecer que esta tecnologia vincula um modelo tridimensional a diferentes produtos resultantes do mesmo, no entanto, isto não significa aspectos gráficos com qualidade de maneira instantânea. Este problema é sanado através de uma estudada configuração das definições de cada elemento – sendo importante a reserva de tempo hábil para esta atividade; ainda neste aspecto o uso de *templates* se apresenta como um fator importante.
- O domínio de ferramentas (funções) dentro de *softwares* BIM ainda é elencado como um fator limitante em relação a exploração formal do projeto. Nesta pesquisa o objetivo proposto foi a utilização de uma plataforma que suporta um processo BIM para induzir ao exercício dos aspectos tectônicos e a compreensão técnico-construtiva, facilitando ainda sua representação. No entanto, outras pesquisas a exemplo de Souza (2018)<sup>36</sup> abordam o uso conjunto das plataformas BIM e Rhino/Grasshopper possibilitando maior liberdade de exploração formal e sua posterior representação. O domínio das ferramentas exige a ampliação dos conhecimentos através de um processo que envolve tempo e prática.
- Questões como infraestrutura e capacitação também limitam a utilização de tecnologia BIM nas universidades. Nem todas as faculdades de arquitetura contemplam um monitor e/ou estagiários docentes, seja este presencial ou à

---

<sup>36</sup> SOUZA, L. P. V. **Os caminhos do projeto na plataforma digital: uma investigação pedagógica do processo projetual no ambiente paramétrico**. 2018 176 f. Mestrado em Arquitetura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

distância. Também é recomendável que os docentes estejam sempre atualizados em relação a novos conceitos e capacitados nas ferramentas.

#### **5.4 Considerações sobre o capítulo**

Este capítulo teve a finalidade de avaliar se os artefatos propostos – exercício dirigido, modelo referência em *woodframe*, *template* em ArchiCAD e polígrafo alcançaram o objetivo. Isto ocorreu através da aplicação de questionários aos estudantes que participaram da estratégia nos semestres 2019/1 e 2, somado a observação direta e análise dos produtos entregues pelos acadêmicos ao final dos respectivos semestres.

A constatação de maior interesse para esta pesquisa é que a estratégia proposta alcançou o objetivo, comprovando que plataformas BIM podem ser utilizadas como um instrumento pedagógico para o ensino de conteúdos específicos na área da AEC. Neste caso a plataforma contribuiu para o exercício dos aspectos técnico-construtivos do processo projetual, aumentando o domínio do projetista sobre o artefato projetado e diminuindo a abstração da atividade projetual.

Por fim, embora aplicada no escopo de uma disciplina de projeto arquitetônico, além dos benefícios demonstrados para o processo de projeto, espera-se que as contribuições desta pesquisa se estendam para demais disciplinas do curso, a partir da adaptação da metodologia e dos materiais propostos, como por exemplo para outros sistemas pré-fabricados e/ou convencionais, quantificação e planilhas de especificações, legislação, etc.

## 6. Conclusões Finais

### 6.1 Discussões finais

Esta pesquisa se propôs a avaliar o uso da tecnologia BIM para o exercício dos aspectos tectônicos do processo projetual. Para tal utilizou-se como ambiente de estudo uma disciplina de projeto arquitetônico que aborda o *woodframe* para a materialização dos anteprojetos desenvolvidos pelos acadêmicos. Neste formato de atelier, os conhecimentos obtidos sobre a técnica construtiva são aplicados em uma situação de projeto. A estratégia proposta consistiu no emprego de uma plataforma BIM como meio de ensino-aprendizagem de uma técnica construtiva - o *woodframe*, corroborando com o exposto por autores como Leal (2018), Romcy (2017) e Medeiros (2015).

Na metodologia proposta foram desenvolvidos artefatos visando a sistematização de um exercício dirigido parte integrante de uma didática. Neste escopo um modelo referência em *woodframe* foi elaborado para ser utilizado na aplicação do exercício e também servir para consultas e esclarecimentos de eventuais dúvidas sobre soluções técnicas envolvendo o *woodframe*. Este foi desenvolvido no ArchiCAD, em conjunto de um *template* que também foi disponibilizado aos estudantes para ser utilizado como ambiente digital para o desenvolvimento do anteprojecto, contribuindo com aspectos como agilidade do processo, qualidade e padronização das representações. Por fim, criou-se um polígrafo para guiar a aplicação do exercício dirigido, garantindo sua sistematização. Destaca-se que este não teve a mera finalidade de ensinar comandos de operação do *software*, mas sim induzir ao conhecimento construtivo através da construção virtual. Acredita-se que estes artefatos possam ser adaptados para outros sistemas construtivos ou *softwares*, contribuindo com outras disciplinas, desde que, conforme abordado, verificadas as especificidades e necessidade de alterações, bem como sua constante revisão perante as atualizações realizadas nos programas (*softwares*).

Partindo da hipótese de que processos BIM resultam na construção virtual de modelos que simulam características de edifícios reais, buscou-se utilizar disto para aproximar os acadêmicos ao canteiro de obras através de práticas digitais. Os resultados demonstraram que o desenvolvimento do projeto em *software* BIM contribui com os aspectos tectônicos do processo, agregando conhecimentos sobre a técnica construtiva, materiais de construção, elementos e sistemas que constituem o edifício e suas relações,

e automaticamente aumentando o domínio do projetista sobre o artefato projetado. No entanto, algumas restrições foram identificadas ao longo da simulação virtual, revelando que algumas práticas ocorridas *in loco* não podem ser reproduzidas no ambiente virtual sem uma devida adaptação (ver item 4.3.5).

Mais recentemente, perante as incertezas sobre o futuro do ensino devido a pandemia mundial causada pela Covid-19, onde novos modelos teóricos direcionados às práticas virtuais e ao ensino remoto vêm sendo discutidos, vem sendo analisadas as possibilidades de adaptar a estratégia proposta por esta pesquisa para que o exercício possa ser ministrado em ambas as situações, presencialmente, como foi aplicado, ou remotamente, resultando assim no desdobramento de novos materiais, sendo estes as vídeo aulas.

#### *Contribuições à estrutura didática – Modelo Tecnológico*

Como já destacado a utilização de uma plataforma BIM requer a constante revisão dos materiais didáticos que integram a estratégia EB. Em 2019 utilizou-se o ArchiCAD versão 22 para a aplicação do exercício dirigido, juntamente do modelo apresentado no item 4.3.2 desta pesquisa. Recentemente, no entanto, todo o material didático inclusive o modelo foram revisados e adequados a versão 24 do ArchiCAD, possibilitando dessa maneira a continuidade de sua incorporação na disciplina PA-II AC. Além disso, apesar de o modelo referência em *woodframe* produzido atender os requisitos propostos, optou-se por realizar uma revisão visando sua simplificação, focando em um maior número de soluções padrão replicáveis. O novo modelo está presente no polígrafo (Apêndice E) e nas pranchas (Apêndice D) desta pesquisa.

Destaca-se ainda que, através do Grupo de Estudo “Criatividade e Inovação no Processo de Projeto Arquitetônico”, - do qual este pesquisador faz parte, desdobramentos futuros dos modelos didático-teóricos e das respectivas estratégias vêm sendo estudados incluindo a possibilidade de um adiantamento da etapa “Técnico-construtiva”, assumindo um caráter essencialmente informativo antes do lançamento formal. Ainda está sendo estudada uma nova estratégia, - apresentada resumidamente no eCAADe 2020 (Ponzio et al., 2020) denominada Estratégia Matriz Morfológica (EMM)<sup>37</sup>.

---

<sup>37</sup> Esta estratégia está associada a pesquisa de Mestrado em andamento no PROPAR/UFRGS de Cindy Lasso Estupinam, sob orientação da Profa. Dra. Angelica Paiva Ponzio, se enquadrando ainda no âmbito da Pesquisa de Referência e do Grupo de Estudo “Criatividade e Inovação no Processo de Projeto Arquitetônico”.

## 6.2 Possibilidades de desdobramentos futuros

Esta pesquisa direcionou seus esforços para a investigação das potencialidades na utilização da tecnologia BIM para o processo de projeto, visando a exploração dos aspectos tectônicos no escopo de uma disciplina de projeto arquitetônico. Novas pesquisas podem ser direcionadas para a exploração de outros aspectos do processo através do uso de tecnologias digitais alternativas. Ao utilizar uma plataforma BIM como um instrumento para o ensino-aprendizagem do *woodframe*, espera-se que as contribuições possam ser estendidas para as disciplinas de técnicas construtivas. Isto possibilita novas discussões voltadas para a relação entre o processo de ensino de técnicas construtivas e as ferramentas digitais. Outra reflexão que fica em aberto é se o melhor momento para a aplicação desta estratégia seria em uma disciplina de projeto arquitetônico, vinculando o conhecimento técnico-construtivo a uma situação de projeto, ou de maneira isolada em uma disciplina de técnicas construtivas. Dentro deste escopo caberia uma evolução do modelo adaptado a nova NBR de *woodframe* (atualmente em revisão) com relação aos demais aspectos do processo construtivo, englobando o planejamento de obra - tempo/ 4D, a quantificação de materiais – custo/5D, e os projetos complementares, aproximando-o cada vez mais da realidade construtiva.

A metodologia proposta para dar suporte ao exercício dirigido englobando o desenvolvimento de materiais como o modelo, o *template* e o polígrafo, apoiou-se sobre características específicas do *software* utilizado, sendo este o ArchiCAD. Como mencionado, a escolha da plataforma deu-se devido a este ser o programa ensinado no curso em questão. No entanto, sabe-se que os *softwares* utilizados entre diferentes cursos variam. Neste sentido, novas pesquisas podem investigar como adaptar a estratégia proposta para ferramentas alternativas visando suas especificidades, bem como verificar se programas diferentes inferem qualitativamente nos resultados perante o objetivo proposto.

Sabe-se que os potenciais de BIM envolvem projetos em até sete dimensões (7D), incluindo profissionais de diferentes áreas desde a etapa de concepção. Assim sendo, visando o impacto qualitativo de tais características para o ensino, questiona-se a possibilidade de explorar uma estratégia que integre além de arquitetura e estrutura, outros sistemas que compõem um edifício, avaliando o trabalho colaborativo entre diferentes alunos em vários níveis - de uma mesma disciplina, entre disciplinas distintas

dentro de um mesmo semestre, entre disciplinas de semestres diferentes, e por fim, entre cursos diferentes (arquitetura e engenharia civil, por exemplo).

Por fim, deve-se ressaltar que a pesquisa construtiva, ao abordar contextos e problemas reais que resultam nos mais diversos artefatos, resultados e contribuições práticas e teóricas, é uma metodologia que abre múltiplos caminhos para investigações futuras no âmbito do BIM no ensino-aprendizagem de arquitetura/projeto, possibilitando infinitas discussões nas mais variadas áreas de projeto arquitetônico, teoria e história, técnicas construtivas, representação gráfica, entre outras. .

### 6.3 Comunicação dos resultados da pesquisa

Como mencionado, a comunicação dos resultados é um item essencial em pesquisas que abordam a metodologia *design science research* no intuito de contribuir com a construção teórica acerca da temática. Para tal, além desta dissertação de mestrado, os resultados parciais ao decorrer desta pesquisa foram comunicados através de artigos, eventos e *workshops* relacionados ao tema. Segue abaixo uma tabela em ordem cronológica quanto aos meios utilizados para tal.

Quadro 4: meios utilizados para comunicação dos resultados da pesquisa

SCHULZ, V. M.; PONZIO, A. P. <b>Contribuições da Tecnologia BIM para o Ensino Transdisciplinar de Arquitetura.</b> In: I Encontro Nacional sobre o Ensino de Building Information Modeling - ENEBIM 2018, 2018, Campinas SP. ANTAC Eventos, I ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 2018. (Apresentação de pôster)
PONZIO, A. P.; SOUZA, L. P. V.; CATTANI, A.; SCHULZ, V. M. <b>Integração digital aplicada ao ensino de projeto arquitetônico.</b> In: I Encontro Nacional sobre o Ensino de Building Information Modeling - ENEBIM 2018, 2018, Campinas SP. ANTAC Eventos, I ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 2018. (Apresentação de pôster)
SCHULZ, V. M.; SOUZA, L. P. V.; PONZIO, A. P. <b>Ferramentas Paramétricas no Projeto.</b> 2019. (Curso de curta duração ministrado/Outra)
SCHULZ, V. M.; PONZIO, A. P. <b>Woodframe Constructive System Teaching Auxiliated by BIM Software.</b> In: 4º Congresso Latinoamericano de Estructuras de Maderas, 2019, Montevideú. 4º Congresso Latinoamericano de Estructuras de Maderas, 2019. (Artigo completo e apresentação no congresso)
SCHULZ, V. M.; PONZIO, A. P. <b>Contribuições da Tecnologia BIM para o Ensino de Projeto Arquitetônico.</b> In: II Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM -

ENEBIM, 2019, Fortaleza. ANTAC Eventos, II ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 2019. (Apresentação de pôster)

PONZIO, A. P.; SOUZA, L. P. V.; SCHULZ, V. M.; ESTUPI, C. R. L. **Digital understandings in the construction of knowledge: Report of experiences in contemporary architectural design teaching.** In: Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe – eCAADe 2020, 2020, Berlim. (Artigo completo e apresentação no congresso)

SCHULZ, V. M.; PONZIO, A. P. **Estratégia Didática de Ensino da Técnica Construtiva Woodframe por meio de Software BIM.** In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira – XVII EBRAMEM, 2021, Florianópolis. (Artigo completo e apresentação no congresso)

Fonte: Autoria Própria (2020)

## Referências Bibliográficas

AIA. **Integrated Project Delivery: A Guide**. New York NY, Sacramento CA: The American Institute of Architects (AIA National e AIA California Council). 2007. Disponível em: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/document/aiab085539.pdf>>. Acesso em: 31 Mar. 2018.

ANDRADE, M. L. V. X. de; RUSCHEL, R. C.; MOREIRA, D. C. **O processo e os métodos**. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 80-99.

ANDRADE, M. L. V. X. de; RUSCHEL, R. C. **Building Information Modeling (BIM)**. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 421-442.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 12006-2: Construção de edificação – Organização de informação da construção. Parte 2: Estrutura para classificação de informação**. Rio de Janeiro. 2010.

AZHAR, S. et al. **Building information modeling (BIM): now and beyond**. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 2012, p. 15-28. Disponível em: <<http://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/article/download/3032/3245>>. Acesso em: 13 Jan. 2019.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Ed. Persona, 1979.

BARISON, M. B. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo: uma contribuição para a formação do projetista**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. **Ensino de BIM: tendências atuais no cenário Internacional**. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 67-80, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos/index.php/gestajodeprojetos/article/view/218>>. Acesso em: 21 Jan. 2019.

BERGIN, M. S. **A Brief History of BIM**. Disponível em: <<http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

BROADBENT, G. **Design in Architecture: Architecture and the human sciences**. London: John Wiley & Sons, 1973.

CAIXETA, L. M. **Estudo crítico sobre o uso de ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais BIM no ensino contemporâneo da arquitetura**. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

CANEPARO, L. **Digital Fabrication in Architecture, Engineering and Construction**. London: Springer, 2014.

CARVALHO, R. S.; PEREIRA, A. P. S. **O professor de projeto de arquitetura na era digital: desafios e perspectivas**. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 6, 2012. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/51007/55074> >. Acesso em: 5 Jan. 2019.

CELANI, G. **Beyond analysis and representation in CAD: a new computational approach to design education**. Thesis (Doctor of Philosophy (PhD)). Massachusetts Institute of Technology, 2002.

CELANI, G. **Teaching CAD programming to architecture students**. Gestão e Tecnologia de Projetos, v. 3, p. 1-23, 2008.

CELANI, G. A importância da pesquisa na formação de docentes: o caso da informática aplicada à arquitetura e urbanismo. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, v. 7, n. 1, 2008.

CELANI, G.; VAZ, C.; CAD scripting and visual programming languages for implementing computational design concepts: a comparison from a pedagogical point of view. **International Journal of Architectural Computing**, v. 10, n. 1, p. 121-138, 2012.

CELENTO, D. **Innovate or perish: new technologies and architecture's future**. In: COSER, R. Fabricating architecture. New York: Princeton Architectural Press, 2010. 56-83.

CHECCUCCI, E. S. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em engenharia civil e o papel da expressão gráfica neste contexto**. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

CHECCUCCI, E. S. **Pesquisas de pós-graduação brasileiras sobre ensino e aprendizagem de BIM**. In: Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM. 2. 2018, Campinas.

CHECCUCCI, E. S. **Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019008, fev. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653708>>. Acesso em: 26 fev. 2019.

CHECCUCCI, E. S. 1 Vídeo (58:35 min). ENEBIM Ação Virtual 2020 – Panorama do ensino-aprendizagem de BIM no Brasil. **Publicado por GT Tic ANTAC**, 2020. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=NGSEN0BfQUA&t=377s> > Acesso em: 20 Jul. 2020.

CHING, F. D. K. **Técnicas de Construção Ilustradas**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

COSTA, M. C. **Sociologia: introdução à ciência da sociedade**. São Paulo: Moderna, 2005.

DE BONO, E. **Os Seis chapéus do pensamento**. (W. Lagos, Trad.). RJ: Sextante, 2008.

DELATORRE, V. **Potencialidades e Limites do BIM no ensino de arquitetura: uma proposta de implementação**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science Research. Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. 1 ed. Bookman, 2015.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, 2011.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. O processo cognitivo e social de projeto. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 57-63.

FILHO, A. A. G. **Contribuições para o ensino de projeto arquitetônico: por um novo paradigma**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

FLORIO, W. **Notas sobre pensamento e cognição em projetos paramétricos**. ENANPARQ. Anais. Natal, Brasil: 2012.

GARBER, C. **Optimisation stories: the impact of building information modeling on contemporary design practice**. Architectural Design: Closing the Gap: Information Models in Contemporary Design Practice, p. 6-13, 2009.

GASPAR, J. A. M.; RUSCHEL, R. C. **A evolução do significado atribuído ao acrônimo bim: uma perspectiva no tempo**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL (SIGraDI), 21º, 2017, Concepción (Chile). Resilience Design. Universidad de Concepción: SIGraDI, 2017.

HERNÁNDEZ, L. A. **Hacia el Proyecto Digital**. Revista Expresión Grafica Arquitectónica n. 18, 2011.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. **Design science in information systems research**. MIS Quarterly, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

HOLLAND, R; et al. **Integrated Design Courses Using BIM as the Technology Platform**. In: THE BIM-RELATED ACADEMIC WORKSHOP, 2010, Washington D.C. Proceedings... Washington D.C. Guillermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <<http://www.personal.psu.edu/rls5008/CV/Linked%20Papers/Holland%20et%20al%202010%20Integrated%20Design%20Courses%20Using%20BIM%20as%20the%20Technology%20Platform.pdf>>. Acesso em: 21 Jan. 2019.

JONES, J. C.; THORNLEY, D. G. **Conference on design methods**. Oxford: Pergamon Press, 1963.

JONES, C. Informe sobre la situación de la metodología del diseño. In: BROADBENT, C. (Org). **Metodologia del diseño arquitectónico**. Gustavo Gili, Barcelona, 1971. 385-395.

JUNG, R. L. C. **A arquitetura e as ferramentas digitais: uma visão do projeto arquitetônico**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

KALAY, Y. **Architecture's New Media: Principles, Theories and Methods of Computer-Aided Design**. Cambridge (Mass.): MIT Press, 2004.

KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. **The constructive approach in management accounting research**. Journal of Management Accounting Research, v. 5, p. 242-264, 1993.

KATINSKY, J. R. **Preliminares a um estudo futuro de Vitruvius**. In: POLIÃO, M.V. Da arquitetura. São Paulo: Hucitec, 1997.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age: design and manufacturing**. London: Taylor & Francis, 2009.

KORMAN, T. M.; SIMONIAN, L.G. **Enhancing Student Learning of Mechanical, Electrical, and Plumbing Coordination through the use of Building Information Modeling**. In: THE BIM-RELATED ACADEMIC WORKSHOP, 2010, Washington D.C.. Proceedings. Washington D.C.: Guilherme Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <[https://www.nibs.org/bsaclient/assets/files/bsa/bsa\\_conference\\_proceedings\\_1210.pdf](https://www.nibs.org/bsaclient/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf)>. Acesso em: 27 Mai. 2018.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et. al. **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, 2006. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/viewArticle/3683>>. Acesso em: 14 Jan. 2019.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; BIANCHI, G.; PETRECHE, J. R. D. A criatividade no processo de projeto. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 21-54.

LAWRENCE, A. W. **Arquitetura grega**. Tradução: Maria Luiza Moreira de Alba. São Paulo: Cosac & Naify, 1998.

LAWSON, B. **How designers think: the design process demystified**. 4 ed. Oxford: Elsevier/Architectural, 2005.

LAWSON, B. **Como os arquitetos e designers pensam**. Tradução Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LEAL, B. M. F. **Propostas para o ensino dos conteúdos de arquitetura e urbanismo através de ferramentas digitais**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MACHADO, F. A.; RUSCHEL, R. C.; SCHEER, S. **Análise da produção científica brasileira sobre a Modelagem da Informação da Construção**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 359-384, 2017.

MAHFUZ, E. C. **Ensaio sobre a razão compositiva**. N/C Viçosa: UFV/ AP, 1995.

MAHFUZ, E. C. **Reflexões sobre a construção da forma pertinente**. [Online]. Vitruvius – Arqutetxto – 04 de fevereiro de 2004. Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqutetxto/04.045/606>> Acesso em: 16 Jan. 2020.

MANSSOUR, I. H.; COHEN, M. **Introdução à Computação Gráfica**. SIBGRAPI. Anais. 2007.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. **Design and natural science research on information technology**. Decision Support Systems, v. 15, p. 251-266, 1995.

MARKUS, T. El Dimensionado y la Valoración del Proceso de Ejecución de um Edifício como Método de Diseño. In: BROADBENT, C. (Org). **Metodologia del diseño arquitectónico**. Gustavo Gili, Barcelona, 1971. P. 235-356.

MATTANA, L. **Contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

MEDEIROS, S. C. S. **Integração de Projeto de Arquitetura e Estruturas no ensino através de BIM: uma abordagem dos cursos de arquitetura e urbanismo da UFRN e da UFPB**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MITCHELL, W. J. **The logic of architecture**. Cambridge (MA, EUA): The MIT Press, 1990.

MITCHELL, W. J. **FROM SKETCHPAD TO CITY OF BITS**. Caadria. Anais. Kumamoto, 2006.

MONTANER, J. M. **A modernidade superada: arquitetura, arte e pensamento do século XX**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

NATIVIDADE, V. G. **Fraturas metodológicas nas arquiteturas digitais**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NATUMI, Y. **O ensino de informática aplicada nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

NICOLESCU, B. La necesidad de la transdisciplinariedad en la educación superior. **Trans-pasando Fronteras**, Cali-Colombia, n. 3, 2013, p. 23-30. Disponível em: <[http://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/transpasando\\_fronteras/article/download/124/2132](http://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/transpasando_fronteras/article/download/124/2132)>. Acesso em: 18 Jan. 2018.

NUNAN, D. **Research Methods in Language Learning**. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 1992.

NUNES, A. F.; RÊGO, R. M. **Conhecimento e Uso de Tecnologias BIM por Empresas de AEC e por cursos de Arquitetura e Engenharia civil de Recife: Situação e desafios**. In: V Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil – TIC 2011, 2011, Salvador. Anais do TIC 2011. Salvador: Brasil UFBA, 2011.

OXMAN, R. **Theory and design in the first digital age**. Design Studies, v. 27, p. 229-265, 2006.

OXMAN, R. **Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium**. Design Studies, v. 29, p. 99-120, 2008.

OXMAN, R. Digital design didactics: re-thinking design theory, methodology and pedagogy. In: STENIO, N. and ÖZKAR, M. (eds.) 2012, **Shaping design teaching: explorations into the teaching of form**, Aalborg: Aalborg University Press, 2012. 1-224.

OXMAN, R. **Thinking Difference: Theories and models of parametric design thinking**. Design Studies, v. 52, p. 4-39, 2017.

PAGE, J. Review of Papers presented at the Conference. In: JONES, J. C.; THORLEY, D. G. (ed.) **Conference on design methods**. Oxford: Pergamon Press, 1963.

PEREIRA, A. T. C.; DANDOLINI, G.; OLIVEIRA, L. C. C. F.; VANZIN, T. **Arquitetura – Ensino e Prática Projetual: As mudanças tecnológicas e seus desdobramentos**. 4 CONAHPA. Florianópolis. 2009. Disponível em: <<http://www.conahpa.org/wpcontent/themes/Conahpa/papers/final156.pdf>>. Acesso em: 10 Jan. 2019.

PIEGL, L. **On NURBS : A Survey**. n. January, 1991.

PIÑÓN, H. **Representação gráfica do edifício e construção visual da arquitetura**. Portal Vitruvius: Arqtextos, 104, 2 jan. 2008. Disponível em: <[www.vitruvius.com.br/arqtextos/arq104/arq104\\_02.asp](http://www.vitruvius.com.br/arqtextos/arq104/arq104_02.asp)>. Acesso em: 8 Jul. 2020.

POZZATTI, V. R. O.; OLIVEIRA, A. A.; POLONINI, J. F. G.; RUBIM, R. S. S. **Mundaneum: o trabalho visionário de paul otlet e henri la fontaine mundaneum: the paul otlet and henry la fontaine work viosionary**. Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, v. 19, n. 2, p. 202-209, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/71302>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

PONZIO, A. P.; MACHADO, A. S. **O uso de métodos criativos visando a inovação no ensino de projeto arquitetônico**. InSitu–Revista Científica do Programa de Mestrado Profissional em Projeto, Produção e Gestão do Espaço Urbano, v. 1, n. 2, p. 109–130, 2015.

PONZIO, A. P.; SOUZA, L. P. V.; CATTANI, A.; SCHULZ, V. M. **Integração digital aplicada ao ensino de projeto arquitetônico.** In: I Encontro Nacional sobre o Ensino de Building Information Modeling - ENEBIM 2018, 2018, Campinas SP. ANTAC Eventos, I ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 2018.

PONZIO, A. P.; SOUZA, L. P. V.; SCHULZ, V. M.; ESTUPI, C. R. L. **Digital understandings in the construction of knowledge: Report of experiences in contemporary architectural design teaching.** In: Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe – eCAADe 2020. Berlim, 2020.

RHEINGANTZ, P. A. **Projeto de arquitetura: processo analógico ou digital.** Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 261-265, 2016.

ROBBINS, E. **Why architects draw.** Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1997.

ROCHA, I. A. M. **Programa e projeto na era digital: o ensino de projeto de arquitetura em ambientes virtuais interativos.** Tese (Doutorado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ROMCY, N. M. E. S. **Abordagem Paramétrica e Ensino de Projeto: Proposição de Diretrizes Metodológicas, considerando estratégias curriculares e o atelier de projeto.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

ROWE, P. **Design Thinking.** 6 ed. Cambridge (Mass.) MIT Press, 1998.

RUSCHEL, R. C.; BIZELLO, S. A. **Avaliação de sistemas CAD livres.** In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 394-420.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. de; MORAIS, M. de. **O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?** Ambiente Construído, Porto Alegre, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v13n2/a12v13n2.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2013.

RUSCHEL, R. C. **To BIM or not to BIM?** In: ENANPARQ 2014 – ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 3, 2014, São Paulo. Anais...São Paulo: ENANPARQ 2014.

SACKS, R.; BARAK, R. **Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education.** ASCE Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, Vol. 136 No. 1 p. 30-38, 2010.

SANTOS, L. A. **Building information modeling no ensino de arquitetura e urbanismo: Percepção e disseminação do BIM nas Instituições de Ensino Superior do Estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2017.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem.** Porto Alegre, Artes Medicas, 2000.

SCHULZ, V. M.; PONZIO, A. P. **Contribuições da Tecnologia BIM para o Ensino Transdisciplinar de Arquitetura.** In: I Encontro Nacional sobre o Ensino de Building Information Modeling - ENEBIM 2018, 2018, Campinas SP. ANTAC Eventos, I ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 2018.

SCHULZ, V. M.; PONZIO, A. P. **Contribuições da Tecnologia BIM para o Ensino de Projeto Arquitetônico.** In: II Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM - ENEBIM, 2019, Fortaleza. ANTAC Eventos, II ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 2019.

SCHULZ, V. M.; PONZIO, A. P. **Woodframe Constructive System Teaching Auxiliated by BIM Software.** In: 4º Congreso Latinoamericano de Estructuras de Maderas, 2019, Montevideú. 4º Congreso Latinoamericano de Estructuras de Maderas, 2019.

SIQUEIRA, L. S. R. S. **Aplicação das metodologias building information modeling (BIM) e aprendizagem baseada em problemas (ABP) no curso de graduação em engenharia civil / UFES: diagnóstico e recomendações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

SOUZA, L. P. V. **Os caminhos do projeto na plataforma digital: uma investigação pedagógica do processo projetual no ambiente paramétrico.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SPILLER, N. **Educating Architects: How tomorrow's practitioners will learn today.** Thames & Hudson, 2014.

SUCCAR, B. **Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders.** *Automation in Construction*, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/autcon](http://www.elsevier.com/locate/autcon)>. Acesso em: 09 Jan. 2019.

THALLON, R. **Graphic Guide to Frame Construction.** 3. ed. NewTown: Taunton Press, 2009.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência.** Campinas: Papirus, 8. ed., 2009.

WEISBERG, D. E. **The Engineering Design Revolution - The People, Companies and Computer Systems that Changed Forever the Practice of Engineering.** Englewood - CO: [s.n.]. 2008.

WILLS, J. E. B. **Uso de tecnologias digitais nas etapas iniciais de projeto arquitetônico.** Dissertação (Mestrado em Design) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

WONG, A. K. D.; WONG, F. K. W.; NADEEM, A. **Comparative Roles of Major Stakeholders for the Implementation of BIM in Various Countries. Integration and**

**Collaboration 3, Changing Roles.** 2009. Disponível em: <<http://www.changingroles09.nl/uploads/File/Final.KD.Wong-KW.WongNadeem.pdf>>. Acesso em: 13 Jan. 2019.

WOODBURY , R. **Elements of parametric design.** Routledge, 2010.

WRIGHT, J.; CHARALAMBIDES, J. **Building Information Modeling and Integrated Project Delivery: What is the future?** General Conference - Congrès générale. Ottawa, Ontario, 2011. Disponível em: <[http://www.avant-garde-engineering.com/BIM\\_IPD.pdf](http://www.avant-garde-engineering.com/BIM_IPD.pdf)>. Acesso em: 11 Jan. 2019.

## Apêndice A - Questionário inicial PA-II

Direcionado a turma de PA-II AC do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS

---

1. Quais suas expectativas quanto a esta disciplina que se inicia?

---

---

---

---

2. Você se sente preparado para iniciar um projeto em um software BIM? Caso não, comente no espaço abaixo suas dificuldades.

Sim     Não

---

---

---

---

3. Caso pretenda utilizar um software BIM, será direcionado para quais finalidades?

Modelagem     Visualização     Representação     Detalhamento  
 Renderização     Simulação

## Apêndice B - Questionário final PA-II

Direcionado a turma de PA-II AC do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS

---

1. Você utilizou um software BIM para a realização deste projeto? Caso não, cite no espaço abaixo qual ou quais utilizou.

Sim  Não

---

2. Você julga que o conteúdo aprendido sobre o software BIM até este momento foi suficiente para a realização deste projeto?

Sim  Não

3. Você buscou recursos ou conteúdos (vídeos, tutoriais, cursos) extra classe para realizar este projeto ou pelo menos parte dele em um software BIM?

Sim  Não

4. A modelagem tridimensional da edificação em BIM permitiu maior associação com o edifício real e entendimento dos componentes que o compõem?

Sim  Não

5. Você julga necessário a presença de um assistente / monitor que tenha conhecimento de softwares na disciplina para eliminar / amenizar eventuais dúvidas de modelagem?

Sim  Não

6. Liste abaixo os pontos positivos de ter utilizado um software BIM para desenvolver este projeto (caso tenha utilizado BIM).

---

---

---

7. Cite abaixo quais as dificuldades de ter utilizado um software BIM para desenvolver este projeto (caso tenha utilizado BIM).

---

---

---

8. Tendo agora, conhecimento da ementa da disciplina, e da tipologia de projeto trabalhado nela (hotel design, considerando a técnica construtiva), você acredita que o fato de ter utilizado um software BIM, facilitou a compreensão e visualização do sistema construtivo *woodframe*? Caso tenha utilizado BIM.

Sim  Não

9. Você acredita que o exercício dirigido desenvolvido com a turma contribuiu para seu conhecimento em relação a operação de um software BIM?

Sim  Não

10. No seu ponto de vista, o exercício dirigido em software BIM facilitou seu aprendizado do sistema estrutural *woodframe*?

Sim  Não

11. Mesmo sem o exercício dirigido, você se consideraria apto para desenvolver este projeto em um software BIM?

Sim  Não

12. Pretende continuar utilizando um software BIM para desenvolver os próximos projetos?

Sim  Não

13. Utilize o espaço abaixo para deixar comentários, críticas ou sugestões em relação ao software BIM, ou qualquer outro aspecto referente a disciplina.

---

---

---

---

---

**APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**  
**Acadêmicos de PA-II AC Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS 2019/2**

---

Eu, Victor Mateus Schulz, arquiteto, acadêmico de mestrado do Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura – PROPAR, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, venho por meio deste documento convidá-lo a participar de minha pesquisa de mestrado intitulada Contribuições da Tecnologia BIM para o Ensino de Projeto Arquitetônico, orientada pela Profa. Dra. Angelica Paiva Ponzio.

1. NATUREZA DA PESQUISA: esta pesquisa é parte da dissertação de mestrado de Victor Mateus Schulz e tem como objetivo investigar estratégias de adoção de plataforma BIM direcionada ao ensino de projeto arquitetônico.

2. PARTICIPANTES DA PESQUISA: acadêmicos cursando a disciplina Projeto Arquitetônico II (PA-II turma C) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

3. ENVOLVIMENTO NA PESQUISA: você poderá optar por participar de todas ou de parte das seguintes modalidades de levantamento. Assinale as etapas que consente em participar:

Observações in loco durante o painel final de avaliação – consiste em ceder como objeto de estudo o produto resultante do painel final de avaliação. Entende-se como produto resultante todos os elementos requeridos na avaliação final (arquivos digitais);

Exercício Dirigido - O exercício dirigido propõe o aprendizado da tecnologia de *woodframe* através da construção virtual de um modelo genérico. Ao fazer parte da didática que vem sendo aplicada na disciplina de PA-II turma C, este prevê por parte dos discentes o acompanhamento em software BIM. Ao contribuir com esta pesquisa, você concorda em ceder o modelo gerado através do acompanhamento do exercício dirigido para análise;

Questionários – ao contribuir com esta pesquisa você concorda em participar de dois questionários, sendo um no início e um no final do semestre e (no caso de você estar cursando a disciplina em 2019/1 somente será fornecido um

questionário final). Os questionários serão disponibilizados a quem consentir participar dos mesmos por meio de ferramenta online (Survey Monkey) através de link disponibilizado no grupo da turma no Facebook.

4. RISCOS E DESCONFORTO: a participação nesta pesquisa não traz complicações legais de nenhuma ordem e os procedimentos utilizados obedecem aos critérios da ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme a Resolução nº 510 de 7 de abril de 2016 do CEP/CONEP.

Os riscos da pesquisa podem incluir frustração psicológica na possibilidade do modelo e polígrafo de acompanhamento em BIM desenvolvido pelo autor desta pesquisa e utilizado no exercício dirigido apresentar dificuldade exacerbada para o aluno; neste caso o aluno tem a liberdade de interromper o mesmo e continuar somente assistindo ao exercício para obter o embasamento teórico do sistema construtivo. Como alternativa será ainda ofertada a possibilidade de orientações e assessoramentos fora do horário de aula se necessário pelo mestrando/pesquisador, com objetivo de auxiliar o aluno a lidar com os novos domínios de conhecimento com o qual terá contato durante o experimento.

Quanto aos questionários, você tem a liberdade de se recusar a responder qualquer uma das questões presentes nos arquivos em qualquer momento que decida, caso lhe cause algum tipo de desconforto, sem qualquer prejuízo.

Todo e qualquer outro risco que possa vir a ocorrer deverá ser minimizado ou eliminado pelo pesquisador, mesmo que isso resulte no encerramento da pesquisa. É importante ressaltar que não há pesquisas sem riscos, contudo os procedimentos utilizados procurarão minimizar qualquer risco que possa vir a acontecer.

5. CONFIDENCIALIDADE: Todas as informações coletadas nesta investigação são estritamente confidenciais e serão colocadas à disposição dos pesquisadores responsáveis. Acima de tudo, interessam os dados coletivos e não aspectos particulares de cada entrevistado ou participante.

6. BENEFÍCIOS: Espera-se que ao participar desta pesquisa, o(a) Sr.(a) tenha benefícios diretos relacionados ao processo de ensino aprendizagem que abordará o entendimento de uma técnica construtiva por meio de software BIM. Também receberá como benefício direto o modelo de referência e o polígrafo direcionado a construção em BIM elaborados e disponibilizados pelo autor desta pesquisa para que possam ser utilizados e consultados

ao decorrer do semestre ou mesmo da graduação. Espera-se ainda que futuramente os resultados deste estudo sejam usados em benefício do estado da arte da pesquisa relacionada ao tema, e que você possa usufruir desses benefícios.

7. PAGAMENTO: Você não terá nenhum tipo de despesa por participar deste estudo, bem como não receberá nenhum tipo de pagamento por sua participação.

8. ARMAZENAGEM DE DADOS: Todos os documentos resultantes da pesquisa serão guardados pelo período de cinco anos após os quais serão excluídos e/ou destruídos.

9. OBSERVAÇÕES FINAIS: salientamos que a sua participação nesse estudo é completamente voluntária e que você poderá desistir a qualquer momento, sem que isso acarrete nenhum tipo de consequência a sua pessoa. Você poderá solicitar novos esclarecimentos sobre a pesquisa ou sobre os resultados através do telefone (49) 98858-9800 ou pelo e-mail victorschulz.arq@gmail.com, com o próprio pesquisador responsável, ou com o CEP (Comitê de Ética em Pesquisa) da UFRGS através do telefone (51)3308-3738 ou pelo e-mail etica@propesq.ufrgs.br.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para que o Sr.(a) participe desta pesquisa. Solicito também autorização para realizar os questionários, o exercício dirigido, e a coleta de dados durante o painel final, e fazer uso e publicação de qualquer tipo de material resultante dos mesmos. Os arquivos dos questionários, arquivos resultantes do exercício dirigido ou arquivos resultantes do painel final de avaliação, serão confidenciais e usados por mim, Victor Mateus Schulz, para análise conjunta dos dados e lhe asseguro total preservação de sua identidade.

Obs: caso seu projeto seja selecionado para publicação em minha pesquisa ou eventos relacionados, você tem o direito de ter seu nome publicado como autor do mesmo, caso opte por isto. Para tal, marque a opção que segue.

Eu, \_\_\_\_\_, autorizo a publicar meu nome como autor do projeto acadêmico, caso o mesmo seja utilizado para publicação na pesquisa de mestrado ou em eventos relacionados.

Para tanto, preencha os itens que se seguem:

1. Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, informo que posso participar desta pesquisa.

Nome do(a) participante:	
Assinatura do(a) participante:	
Data e local:	

Nome do pesquisador:	Victor Mateus Schulz
Assinatura do pesquisador:	

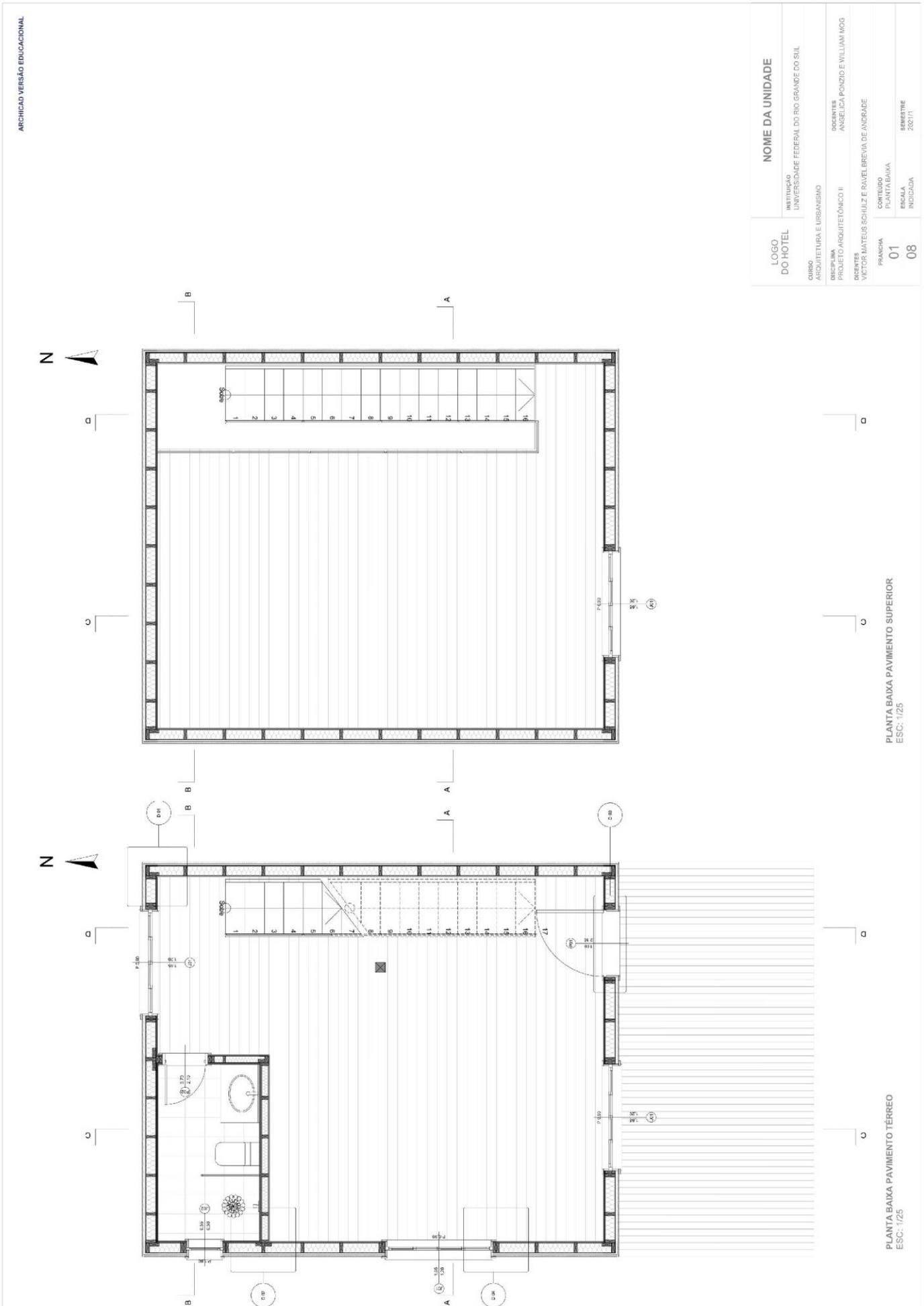
<b>Comitê de Ética em Pesquisa – Pró-Reitoria de Pesquisa - UFRGS</b>			
<b>Endereço:</b> Av. Paulo Gama, 110 - 2º andar do Prédio da Reitoria - Campus Centro			
<b>Bairro:</b> Farroupilha	<b>CEP:</b> 90.040-060	<b>UF:</b> RS	<b>Município:</b> Porto Alegre
<b>Telefone:</b> (51)3308-3738	<b>Fax:</b> (51)3308-4085	<b>E-mail:</b> etica@propesq.ufrgs.br	

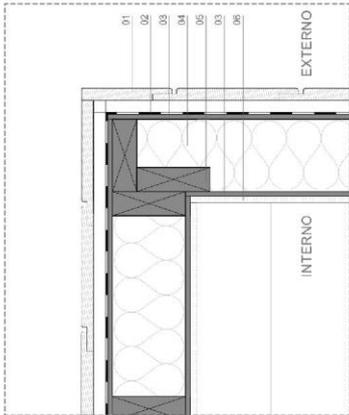
**Contato do Pesquisador:**

E-mail: victorschulz.arq@gmail.com

Cel: +55 49 98858-9800

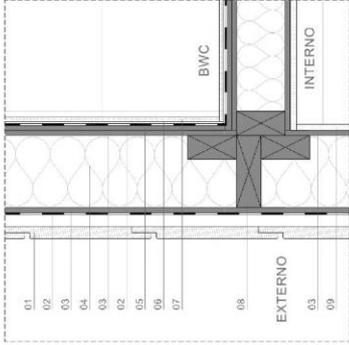
APÊNDICE D – PRANCHAS *TEMPLATE* MODELO REFERÊNCIA *WOODFRAME* VERSÃO 24





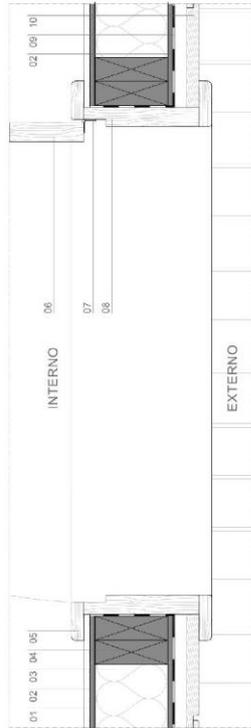
**DETALHE 01 | CANTO DE PAREDE EM PLANTA**  
ESC.: 1/5

- 01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm
- 02. MEMBRANA HIDROFUGA
- 03. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 04. MONTANTES 5x15 cm
- 05. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm



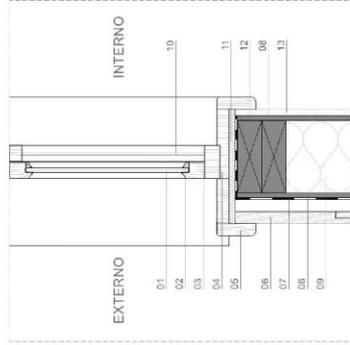
**DETALHE 02 | ENCONTRO DE PAREDES EM PLANTA**  
ESC.: 1/5

- 01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm
- 02. MEMBRANA HIDROFUGA
- 03. OSB 120x240 cm
- 04. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 05. PLACA CIMENTÍCIA
- 06. REVESTIMENTO CERÂMICO
- 07. MONTANTES 5x15 cm
- 08. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm



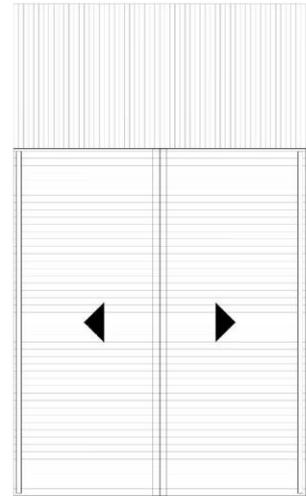
**DETALHE 03 | PORTA EM PLANTA**  
ESC.: 1/5

- 01. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm
- 02. OSB 120x240
- 03. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 04. MONTANTES 5x15 cm
- 05. GUARNIÇÃO PORTA
- 06. DOBRADIÇA
- 07. MARCO COM BATENTE
- 08. MEMBRANA HIDROFUGA
- 09. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm



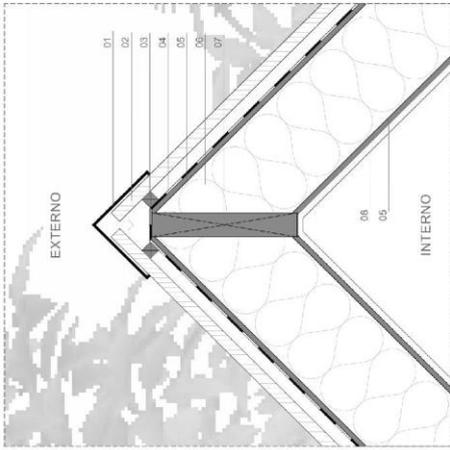
**DETALHE 04 | JANELA EM PLANTA**  
ESC.: 1/5

- 01. VIDRO
- 02. BAGUETE
- 03. CAIXILHO
- 04. GUARNIÇÃO
- 05. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm
- 06. MEMBRANA HIDROFUGA
- 07. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 08. TRILHO
- 09. PREENCHIMENTO EXPANSIVO
- 10. MONTANTE + UMBRAL 5x15 cm
- 11. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm



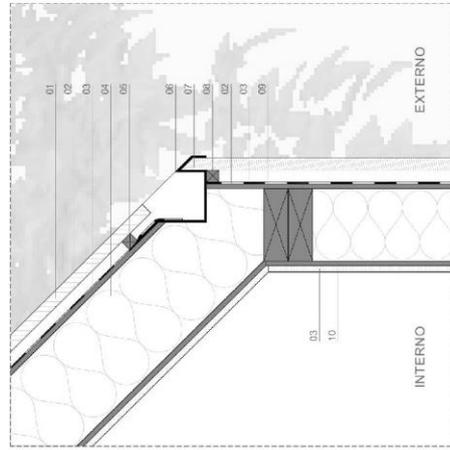
**PLANTA DE COBERTURA**  
ESC.: 1/50

LOGO DO HOTEL	NOME DA UNIDADE		
	INSTITUIÇÃO	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	
CURSO	ARQUITETURA E URBANISMO		
DISCIPLINA	PROJETO ARQUITETÔNICO II		
DOCENTES	ANSELCA PONZO E WILLIAM MOG		
PROFESSOR	VICTOR MATEUS SCHULZ E RAUEL BREVEIA DE ANDRADE		
PRANCHAS	CONTEÚDO		
02	DETALHES DA PLANTA BAIXA E PLANTA DE COBERTURA		
08	ESCALA INDICADA		
	202/1		



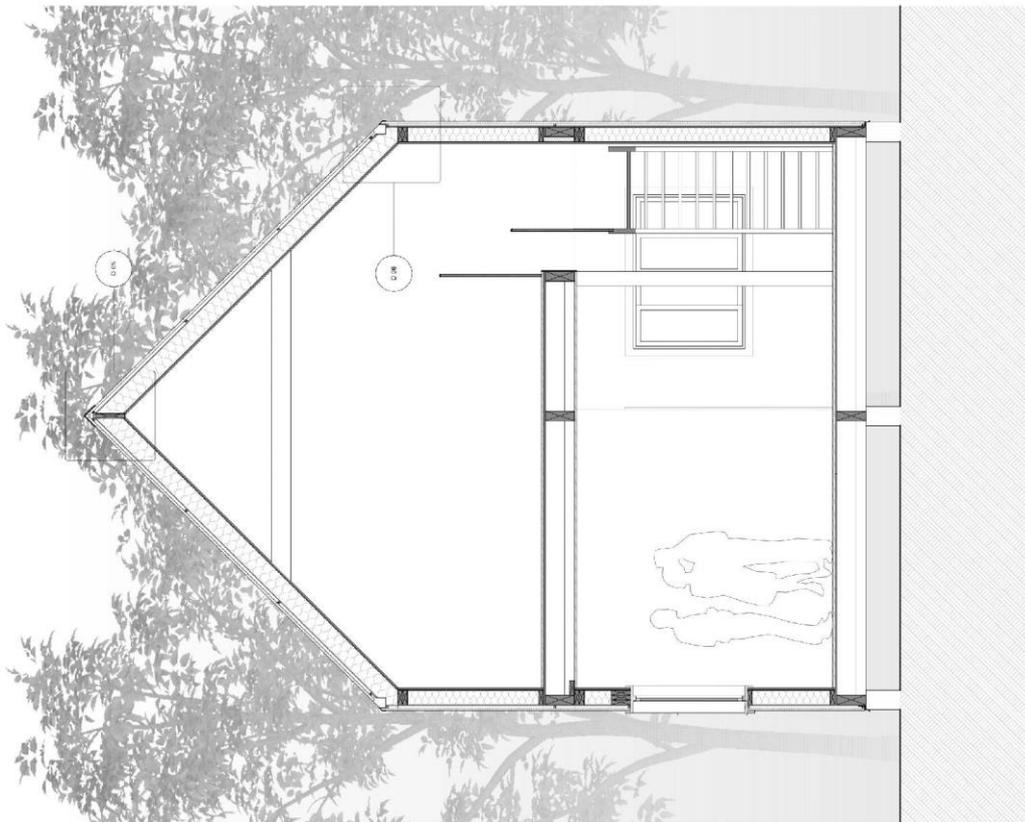
- 01. PEÇA METÁLICA DE FECHAMENTO
- 02. MADEIRAMENTO REVESTIMENTO COBERTURA 2,5x20 cm
- 03. RIPAMENTO DE APOIO DA COBERTURA 2,5x2,5 cm
- 04. MEMBRANA HIDROFUGA
- 05. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 06. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 07. VIGA DE CUMEIRA
- 08. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm

**DETALHE 05 | CUMEIRA**  
ESC: 1/5



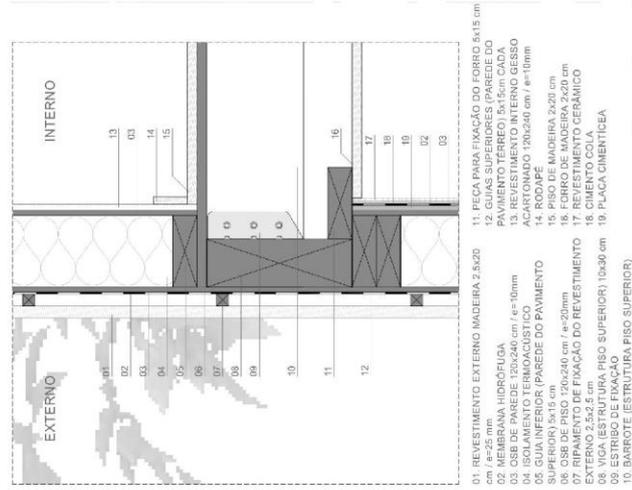
- 01. MADEIRAMENTO REVESTIMENTO COBERTURA 2,5x20 cm
- 02. MEMBRANA HIDROFUGA
- 03. RIPAMENTO DE APOIO DA COBERTURA 2,5x2,5 cm
- 04. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 05. RIPAMENTO DE APOIO DA COBERTURA 2,5x2,5 cm
- 06. CALHA COM ALGEROZ ACOPLADO
- 07. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm / e=2,5 cm
- 08. VIGA DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
- 09. CUIAS 8x15 cm
- 10. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm

**DETALHE 06 | CALHA EMBUTIDA**  
ESC: 1/5



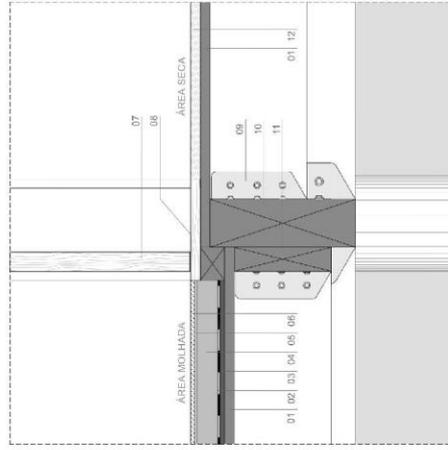
**CORTE AA**  
ESC: 1/25

LOGO DO HOTEL	INSTITUIÇÃO	NOME DA UNIDADE
	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	
CURSO	ARQUITETURA E URBANISMO	
DISCIPLINA	PROJETO ARQUITETÔNICO II	DOCENTES
		ANGÉLICA PONZIO E WILLIAM MOG
DOCENTES	VICTOR MATEUS SCHULZ E RAVEL BREVIA DE ANDRADE	
PRIMEIRA	CONTÉUDO	
03	CORTE AA E DETALHES	
08	ESCALA INDICADA	INSTRUMENTE 2007/1



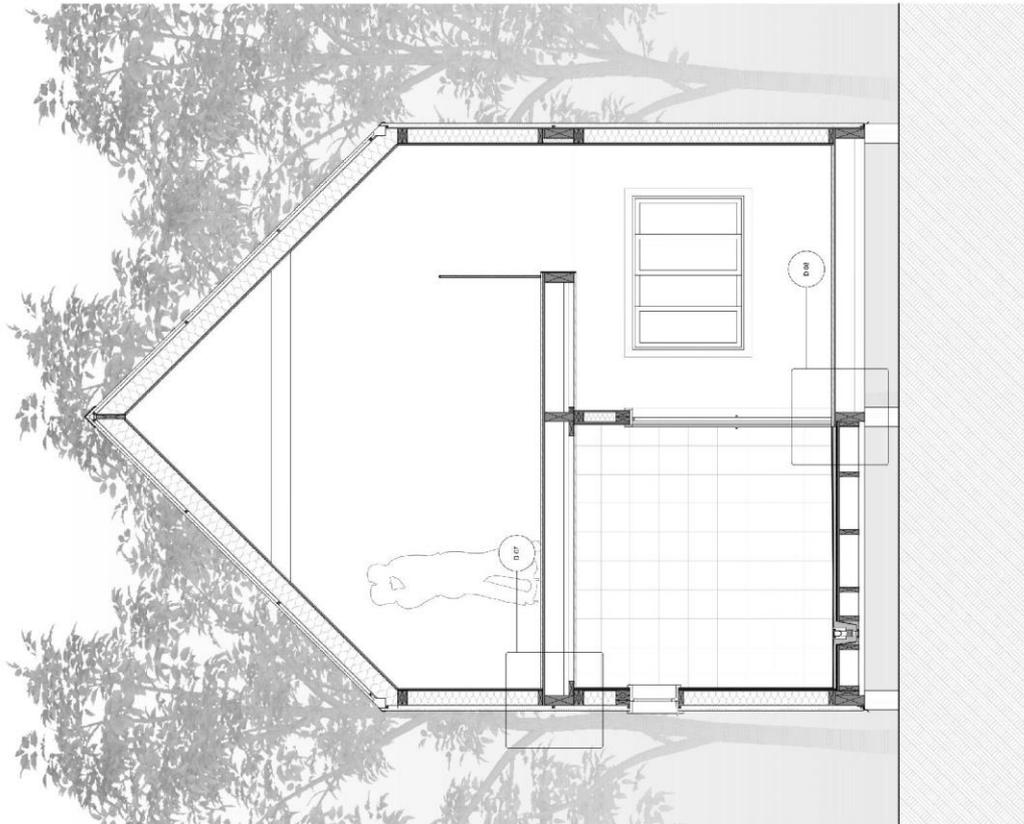
- 01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,8x20 cm / a=25 mm
- 02. MEMBRANA HIDROFUGA
- 03. OSB DE PAREDE 120x240 cm / e=10mm
- 04. COLA PARA FIXAÇÃO DO OSB
- 05. DUAL INFERIOR (PAREDE DO PAVIMENTO SUPERIOR) 5x15 cm
- 06. OSB DE PISO 120x240 cm / a=20mm
- 07. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO
- 08. VIGA ESTRUTURA PISO SUPERIOR 10x30cm
- 09. ESTRIBO DE FIXAÇÃO
- 10. BARROTE (ESTRUTURA PISO SUPERIOR)
- 11. PEÇA PARA FIXAÇÃO DO FORRO 6x15 cm
- 12. GUIAS SUPERIORES (PAREDE DO PAVIMENTO TERREO) 5x15cm CADA
- 13. REVESTIMENTO INTERNO GESSO
- 14. ACABAMENTO INTERNO DO PISO
- 15. PISO DE MADEIRA 2x20 cm
- 16. FORRO DE MADEIRA 2x20 cm
- 17. REVESTIMENTO CERÂMICO
- 18. PLACA ORNAMENTAL
- 19. PLACA ORNAMENTAL

**DETALHE 07 | ENTRE PISOS**  
ESC: 1/5



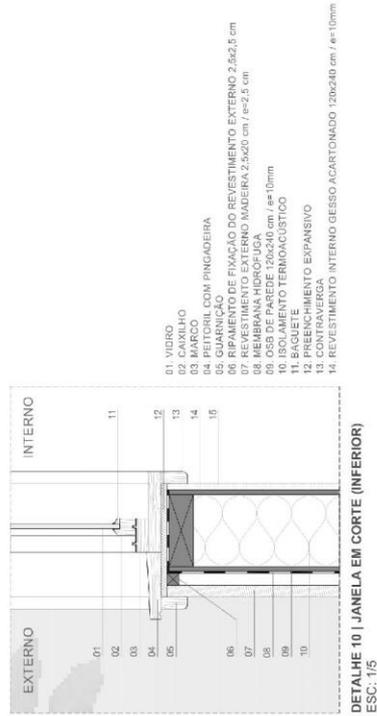
- 01. OSB DE PISO 120x240 cm / a=20mm
- 02. MEMBRANA HIDROFUGA
- 03. COLA PARA FIXAÇÃO DO OSB
- 04. ARGAMASSA POLÍMERA e=44mm
- 05. CIMENTO COLA e=4mm
- 06. PISO CERÂMICO e=18mm
- 07. FOLHA DA PORTA
- 08. ESTRIBO DE FIXAÇÃO
- 09. VIGA DE MADEIRA 10x30cm
- 10. VIGA DE FUNDAÇÃO 10x30cm
- 11. BARROTE DE FUNDAÇÃO 5x20cm
- 12. PISO DE MADEIRA 2x20cm

**DETALHE 08 | ENTRE PISOS**  
ESC: 1/5

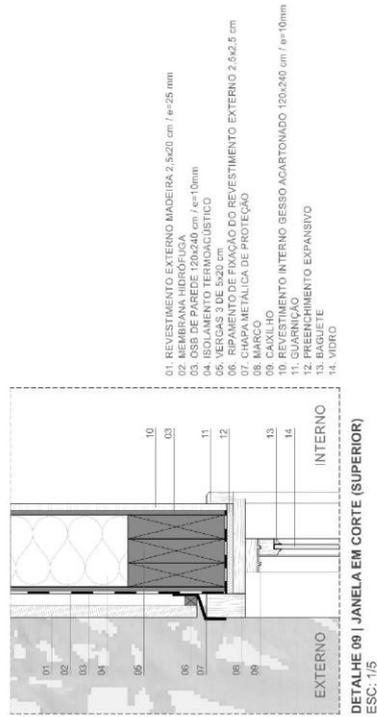


**CORTE BB**  
ESC: 1/25

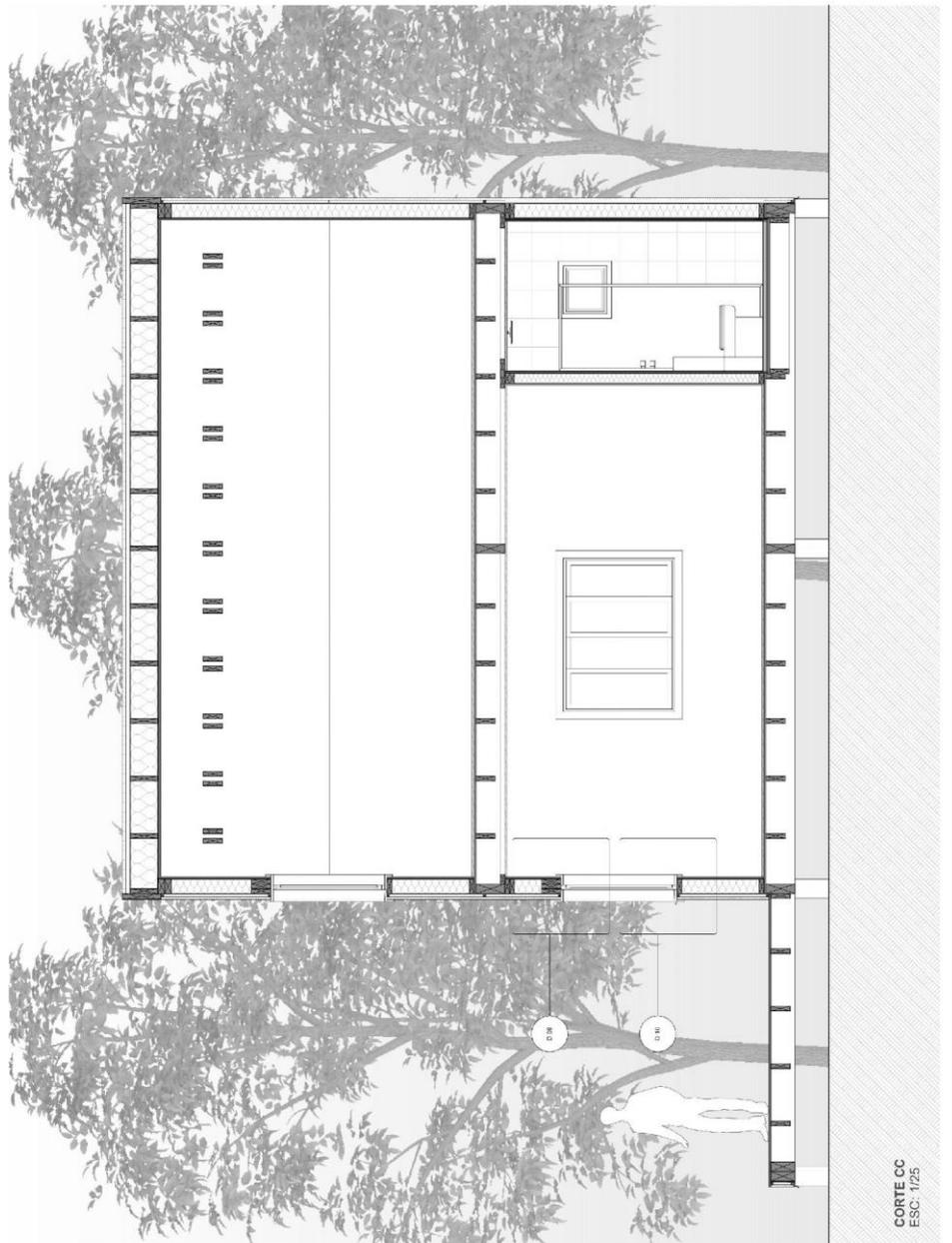
<b>LOGO DO HOTEL</b>	<b>NOME DA UNIDADE</b>
	INSTITUIÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	CURSO ARQUITETURA E URBANISMO
<b>DISPUNTA</b>	<b>DOCENTES</b>
PROJETO ARQUITETÔNICO II	ANSELMA PONZO E WILLIAM MOG
<b>DOCENTES</b>	<b>PROFESSORES</b>
VICTOR MATEUS SCHULZ E RAVEL BREVIA DE ANDRADE	
<b>FRANCHA</b>	<b>CONTEÚDO</b>
04	CORTE BB E DETALHES
<b>08</b>	<b>ESCALA</b>
	INDICADA
	<b>SEMESTRE</b>
	2021/1



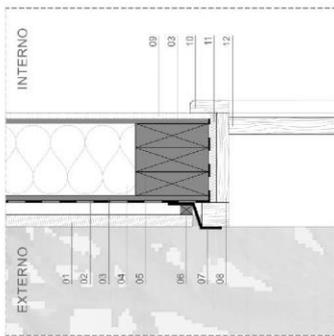
- 01. VIDRO
- 02. CAIXILHO
- 03. MARCO
- 04. MEMBRANA HIDROFUGA
- 05. GUARNIÇÃO
- 06. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
- 07. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm / e=2,5 cm
- 08. MEMBRANA HIDROFUGA
- 09. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 10. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 11. BAQUETE
- 12. PREENCHIMENTO EXPANSIVO
- 13. CONTRAVERGA
- 14. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm



- 01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm / e=2,5 mm
- 02. MEMBRANA HIDROFUGA
- 03. OSB DE PAREDE 120x240 cm / e=10mm
- 04. MEMBRANA HIDROFUGA
- 05. MEDIDAS DE PROTEÇÃO
- 06. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
- 07. CHAPA METÁLICA DE PROTEÇÃO
- 08. MARCO
- 09. GUARNIÇÃO
- 10. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm
- 11. BAQUETE
- 12. PREENCHIMENTO EXPANSIVO
- 13. VIDRO

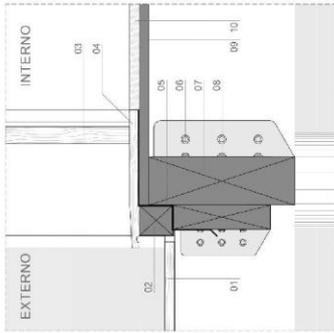


<b>LOGO DO HOTEL</b>	<b>NOME DA UNIDADE</b>
INSTITUIÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	
CURSO ARQUITETURA E URBANISMO	
ORIENTADOR PROF. DR. ARQUITETO TÔNICO II	DOCENTES ANGÉLICA PONZIO E WILLIAM MOG
ORIENTADO VICTOR MATEUS SCHULZ E RAVEL BREVA DE ANDRADE	
PRÁTICA CORTE CC E DETALHES	
05	08
ESCALA INDICADA	SEMESTRE 2021/1



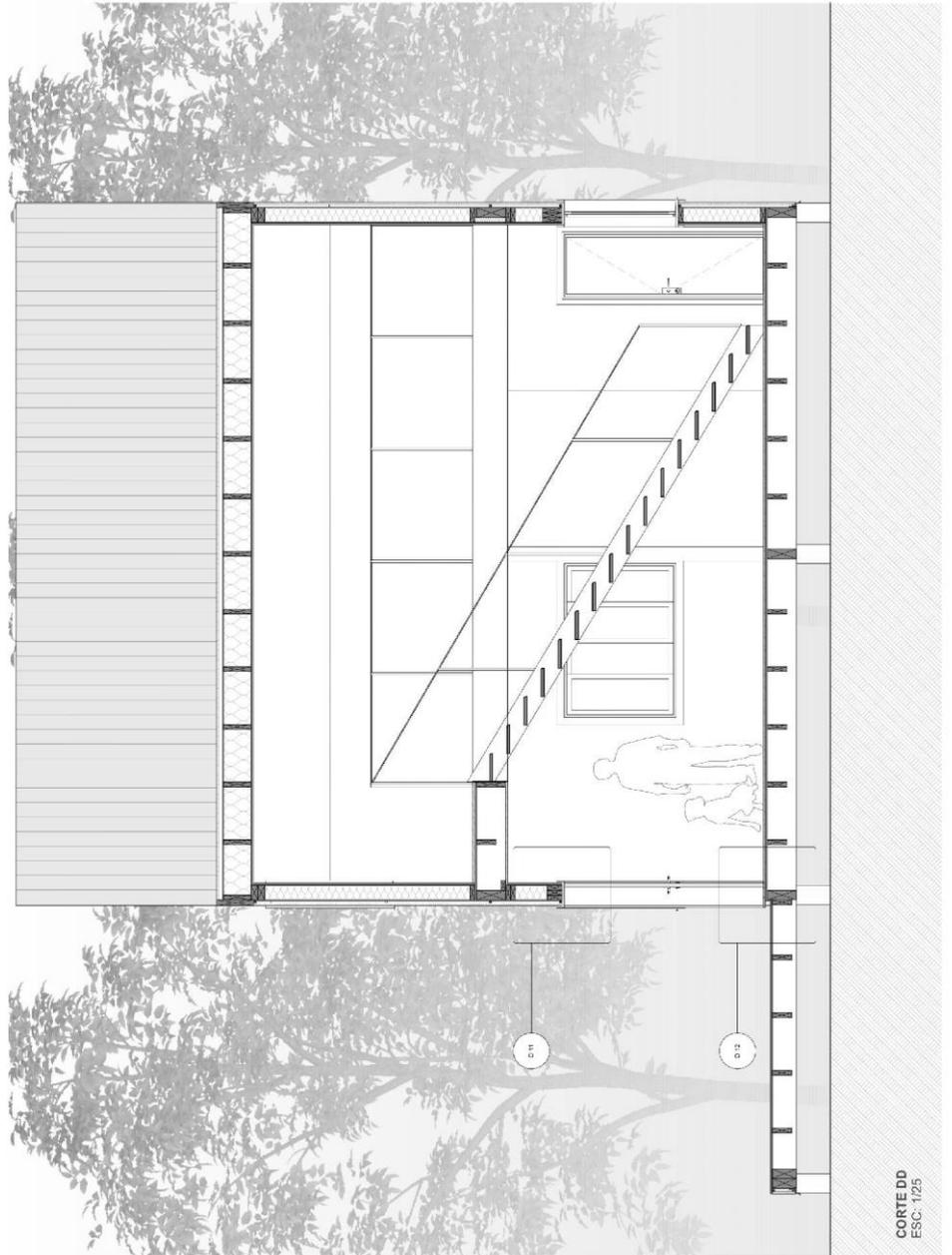
DETALHE 11 | PORTA (SUPERIOR)  
ESC: 1/5

- 01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm / e=25 mm
- 02. ABRIRILHADA DE FIDUCIA 10,00 cm / e=10mm
- 03. PAREDE EXTERNA 10,00 cm / e=10mm
- 04. ISOLAMENTO TERMICO ACUSTICO
- 05. VERGAS 3 DE 5x15 cm
- 06. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
- 07. REVESTIMENTO EXTERNO 120x240 cm / e=10mm
- 08. MARCO METALICA DE PROTEÇÃO
- 09. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm
- 10. GUARNIÇÃO
- 11. PREENCHIMENTO EXPANSIVO
- 12. POLHA DA PORTA



DETALHE 12 | ENCONTRO COM DECK E PORTA (INFERIOR)  
ESC: 1/5

- 01. MADEIRAMENTO DO DECK
- 02. PEÇA DE SUPORTE PARA SOLEIRA
- 03. FOLHA DA PORTA
- 04. SOLEIRA
- 05. ABRIRILHADA DE FIDUCIA DE PROTEÇÃO
- 06. ESTRIBO DE FIXAÇÃO
- 07. VIGA DE FUNDAÇÃO 10x30 cm
- 08. BARROTE DE FUNDAÇÃO 5x20 cm
- 09. OSB DE PISO 120x240cm / e=20mm
- 10. PISO DE MADEIRA 2,5x20cm / e=20mm

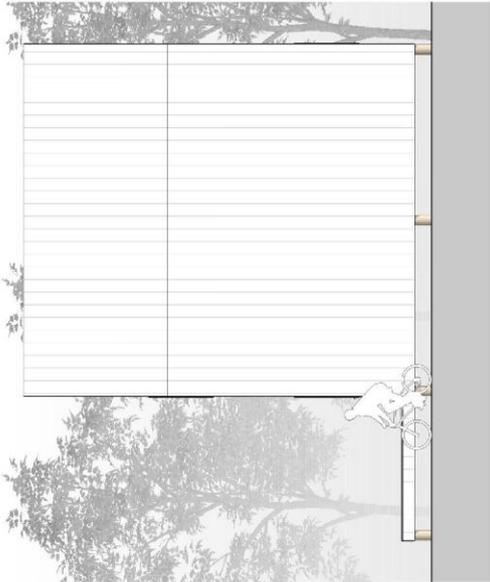


CORTE DD  
ESC: 1/25

LOGO DO HOTEL	NOME DA UNIDADE		
INSTITUIÇÃO	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL		
CURSO	ARQUITETURA E URBANISMO		
DISCIPLINA	PROJETO ARQUITETÔNICO II		
DOCENTES	ANGÉLICA PONZIO E WILLIAM MOG		
PROFESSOR	VICTOR MATEUS SCHULZ E RAVEL BREVIA DE ANDRADE		
CONTÉUDO	CORTE DD E DETALHES		
06	ESCALA	INDUSTRIE 200% <sup>1</sup>	
08	INDICADA		



FACHADA 01  
ESC.: 1/50



FACHADA 02  
ESC.: 1/50



FACHADA 03  
ESC.: 1/50



FACHADA 04  
ESC.: 1/50

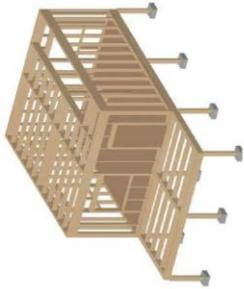
LOGO DO HOTEL		NOME DA UNIDADE	
INSTITUIÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL		CURSO ARQUITETURA E URBANISMO	
DISCIPLINA PROJETO ARQUITETÔNICO II		DOCENTES ANGÉLICA PONZIO E WILLIAM MOG	
DOCENTES VICTOR MATEUS SCHULZ E RAVEL BREVIA DE ANDRADE		CONTÉUDO FACHADAS	
PRÁTICA 07		ESCALA INDICADA	
08		SISTEMAS 2021/1	

SEQUÊNCIA DE MONTAGEM DA ESTRUTURA  
ESC: S/E

01



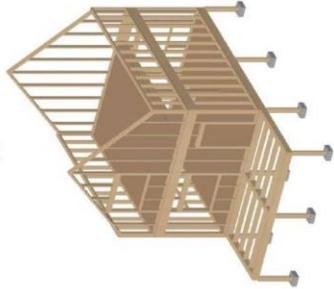
05



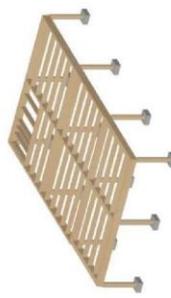
02



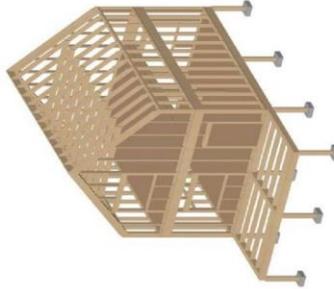
06



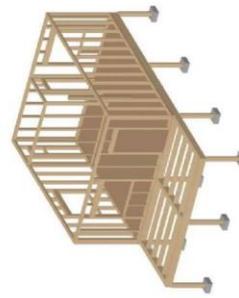
03



07



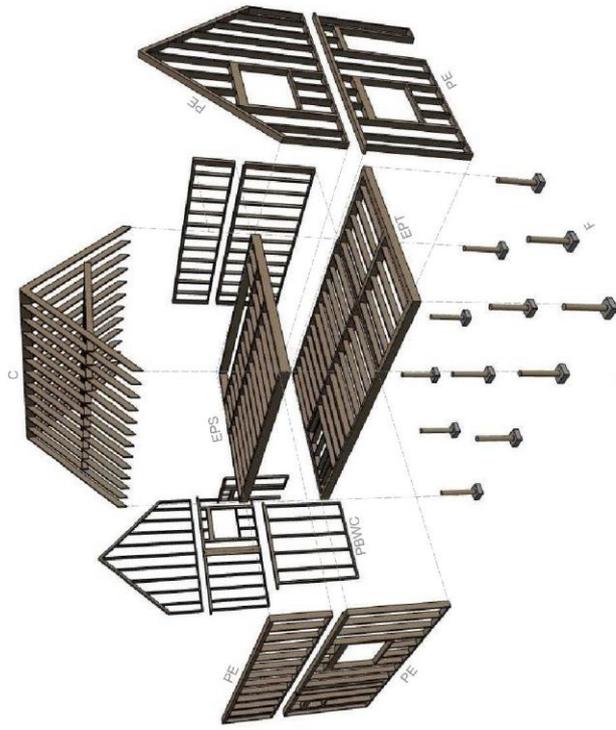
04



08



AXONOMÉTRICA EXPLODIDA  
ESC: S/E



F	PEÇA	MAIOR VAIO	DIMENSÃO
EPT	Estracos	360 cm	Ø = 30 cm
	Vigas	360 cm	10 cm x 30 cm
	Barridos	300 cm	9 cm x 20 cm
	Chapas OSB	-	120 cm x 240 cm x 18mm
	Vigas dock	300 cm	10 cm x 25 cm
PE	Barridos dock	300 cm	5 cm x 20 cm
	Guias	-	5 cm x 15 cm
	Montantes	90 cm (espaçamento)	5 cm x 15 cm
	Verga porta	105 cm	5 cm x 15 cm (3 peças)
	Verga janela grande	165 cm	5 cm x 20 cm (3 peças)
PBWC	Contra-verga janela grande	165 cm	5 cm x 15 cm
	Verga janela BWC	55 cm	5 cm x 15 cm (3 peças)
	Contra-verga janela BWC	55 cm	5 cm x 15 cm
	Chapas OSB	-	120 cm x 240 cm x 18mm
	Guias	60 cm (espaçamento)	5 cm x 10 cm
EPS	Montantes	360 cm	5 cm x 10 cm
	Vigas	300 cm	10 cm x 30 cm
	Barridos	300 cm	9 cm x 20 cm
C	Chapas OSB	300 cm (espaçamento = 80 cm)	120 cm x 240 cm x 18mm
	Calços	720 cm	5 cm x 20 cm
	Viga buseira	-	5 cm x 30 cm
F	Contra-lamelas	-	5 cm x 20 cm
	Chapas OSB	-	120 cm x 240 cm x 10mm
	EPT	-	120 cm x 240 cm x 10mm

NOME DA UNIDADE

LOGO DO HOTEL	INSTITUIÇÃO
	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO	ARQUITETURA E URBANISMO
DISCIPLINA	PROJETO ARQUITETÔNICO II
DOCENTES	ANGÉLICA PONZIO E WILLIAM MOG
PROFESSOR	VICTOR MATEUS SCHULZ E RAVEL BREVA DE ANDRADE
CONTÉUDO	ETAPAS CONSTRUTIVAS E PERSPECTIVA EXPLODIDA
08	ESCALA INDICADA
08	INDICAR

# SISTEMA LIGHT *WOODFRAME*

---

Construção virtual de  
unidade em *woodframe*  
por meio de *software*  
BIM

ArchiCAD versão 24

Victor Mateus Schulz

Copyright © 2021 Victor Mateus Schulz. Todos os direitos reservados. Uso exclusivo no âmbito da disciplina Projeto Arquitetônico II turma C (4º semestre) do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob coordenação da profa. Dra. Angelica Paiva Ponzio. Este material é acompanhado de um *template* com um modelo em BIM.

# Índice

1. Introdução .....	4
2. Metodologia .....	4
3. Abrindo o <i>template</i> .....	5
3.1 Apresentação do modelo .....	6
4. Estrutura e sua sequência de montagem .....	21
5. Ordem da construção virtual da unidade .....	25
5.1 Blocos de fundação .....	26
5.2 Estacas de fundação .....	27
5.3 Vigas piso térreo .....	28
5.3.1 Dimensionamento de vigas .....	30
5.4 Barrotes piso térreo .....	30
5.4.1 Pré-dimensionamento dos barrotes .....	32
5.5 Chapas de OSB piso térreo .....	34
5.6 Estrutura parede 1 térreo .....	35
5.6.1 Seção dos montantes .....	39
5.7 Estrutura parede 3 térreo .....	39
5.7.1 Altura das vergas .....	44
5.7.2 Cantos e encontros de paredes .....	44
5.8 Estrutura cobertura .....	46
5.8.1 Dimensionamento caibros e vigas .....	49
6. Fechamentos .....	50
6.1 Soluções para fechamentos disponíveis no <i>template</i> .....	50
6.2 Criando ou configurando composições no ArchiCAD .....	52
6.3 Aplicando paredes com composições na unidade .....	53
6.4 Cobertura .....	55
6.4.1 Ferramenta Morph do ArchiCAD .....	56
6.4.2 Operações com elementos sólidos do ArchiCAD .....	57
6.4.3 Calhas embutidas e cumeeira com perfil complexo do ArchiCAD .....	58
7. Esquadrias .....	61
7.1 Portas .....	61
7.1.1 Elementos a serem configurados nas definições das portas .....	61
7.2 Janelas .....	64
7.2.1 Elementos a serem configurados nas definições das janelas .....	64
8. Observações Finais sobre o Modelo .....	68
9. Detalhamentos .....	68
10. Por onde começar o projeto individual? .....	69
11. Epílogo .....	70
12. Agradecimentos .....	71
13. Referências .....	71

# 1. Introdução

Este polígrafo tem como objetivo guiar o exercício dirigido a saber; construção virtual de uma unidade referência em *woodframe* por meio de *software* BIM - ArchiCAD 24. O foco deste material não é o ensino de comandos de operação, mas sim, apresentar aos alunos um entendimento técnico-construtivo específico através de uma prática reflexiva fazendo uso da construção virtual, visualização e representação englobados em uma mesma plataforma.

A **construção virtual** busca, dessa maneira, aproximar o praticante do processo construtivo uma vez que neste exercício a estrutura em madeira é modelada seguindo uma sequência de montagem similar ao ocorrido *in loco*, observadas as devidas adaptações e simplificações visando facilitar sua finalidade educacional (neste caso, alunos de 4 semestre de um curso de graduação em arquitetura). Tais ressalvas encontram-se também resumidas ao final deste polígrafo.

O potencial de **visualização** do *software*, por sua vez, corrobora com a compreensão de cada parte constituinte da estrutura, e da unidade como um todo, além de soluções técnicas específicas do *woodframe*, permitindo ainda identificar interferências através de uma análise visual do modelo.

Já a **representação** tem por objetivo a materialização da documentação que constitui um anteprojeto arquitetônico.

Observação: para realizar este exercício recomenda-se um grau mínimo de conhecimento sobre a operação do *software*. Utilizou-se para este material a versão 24 do ArchiCAD. Isto não impede de o exercício ser desenvolvido em outras versões, no entanto, destaca-se que alterações ocorrem de uma versão para outra, exigindo, em alguns casos, flexibilidade do participante para interpretar informações e adaptá-las quando necessário. Ressalta-se ainda que este polígrafo é um material complementar ao *template*, e que esta didática foi desenvolvida para que ambos sejam utilizados paralelamente.

## 2. Metodologia

Este exercício será desenvolvido com auxílio de um *template* em ArchiCAD. Neste, disponibiliza-se um modelo de referência em *woodframe* ao lado do qual a construção de uma réplica ocorrerá, permitindo consultas ao primeiro para maiores esclarecimentos.

O exercício constitui-se em uma sequência de passos de modelagem e montagem de algumas partes da estrutura, seguindo uma sequência ordenada de “vegetais” (*layers*) divididos em duas funções, as quais estão identificadas através de números e grelhas de referência.

Os Vegetais numéricos de 001 a 024 correspondem a compreensão das partes que constituem a estrutura e sua sequência de montagem. Já as grelhas de A à L guiam a ordem de execução da construção virtual do modelo, ou seja, o passo a passo deste exercício.

Os componentes estruturais do modelo são fornecidos previamente dimensionados visando facilitar o objetivo principal do exercício que é o entendimento do sistema como um todo; no entanto, ao servir de *template*, o mesmo é passível de ser interpretado para diferentes dimensionamentos.

## 3. Abrindo o *template*

O primeiro passo para iniciar o exercício é abrir o ArchiCAD, e selecionar o *template* disponibilizado. Para isso basta clicar na opção “Procurar...”, conforme destacado na imagem abaixo, e encontrá-lo em seu computador. O arquivo está nomeado como Template\_versão\_24. Lembre-se de que o formato do arquivo é .tpl (Template do ARCHICAD (\*.tpl)).



Imagem 01: Janela Iniciar o ARCHICAD 24

Neste *template* encontram-se configurados escala, unidades de trabalho<sup>1</sup>, definições de piso<sup>2</sup>, canetas e cores<sup>3</sup>, força dos materiais<sup>4</sup> e as composições a serem utilizadas<sup>5</sup>.

**Escala:** Plantas e cortes 1/25 - Detalhes 1/5 ou 1/10

**Unidades de trabalho:** centímetros (cm).

**Definições de piso:** o primeiro passo ao iniciar um novo projeto no ArchiCAD é estabelecer a altura dos pisos, bem como em relação a quais elementos construtivos estas alturas estarão vinculadas. Neste exercício em específico trabalhou-se com uma altura de 300 cm entre os pisos de origem, sempre tendo como base o topo das chapas de OSB do piso de cada pavimento, conforme pode ser visto nos cortes das páginas 7 a 10.

**Força dos Materiais:** refere-se a um valor atribuído a cada material de construção, que varia de 1 a 999. Nenhum material possui a mesma força, isso faz com que as representações não se misturem. Materiais com forças superiores se sobressaem nas representações em relação aos materiais com forças inferiores.

**Composições:** na técnica construtiva *woodframe*, os fechamentos, sejam eles paredes, pisos ou coberturas, é realizado por meio de uma sobreposição de camadas de materiais. No ArchiCAD não é necessário modelar cada uma destas camadas separadamente. Pode-se criar composições atribuindo uma espessura e um material de construção para cada camada e, aplicá-las em elementos como lajes, paredes, coberturas, membranas, etc.

<sup>1</sup> Unidades de trabalho - Opções > Preferências do Projeto > Unidades de Trabalho

<sup>2</sup> Definições de Piso - atalho para acessar Ctrl+7

<sup>3</sup> Canetas e Cores - Opções > Atributos do Elemento > Canetas & Cores

<sup>4</sup> Força dos Materiais - Opções > Atributos do Elemento > Materiais de Construção

<sup>5</sup> Composições - Opções > Atributos do Elemento > Composições

## 3.1 Apresentação do modelo

A definição do modelo referência em *woodframe* utilizado neste exercício não partiu de uma obra existente ou emblemática dentro do campo da arquitetura. A unidade foi idealizada de modo a abordar soluções convencionais envolvendo o *woodframe*, considerando o programa abordado na disciplina Projeto Arquitetônico II<sup>6</sup>, bem como os aspectos locais. Deste modo, estabeleceu-se um modelo com aproximadamente 60 m<sup>2</sup> divididos em dois pavimentos, englobando um programa mínimo de áreas de dormir, banho, refeições e lazer. A volumetria é composta por quatro paredes regulares, um telhado com duas águas de 45° cada, calhas embutidas, portas e janelas convencionais, e um deck frontal. O objetivo é abordar as soluções listadas abaixo e apresentadas nos detalhamentos das imagens 10 a 21:

- Canto de parede em planta (Imagem 10)
- Encontro de paredes em planta (Imagem 11)
- Porta em planta (Imagem 12)
- Janela em planta (Imagem 13)
- Cumeeira em corte (Imagem 14)
- Calha embutida em corte (Imagem 15)
- Entre pisos em corte (Imagem 16)
- Encontro de piso entre áreas seca e molhada em corte (Imagem 17)
- Parte superior de Janela em corte (Imagem 18)
- Parte inferior de Janela em corte (Imagem 19)
- Parte superior de porta em corte (Imagem 20)
- Parte inferior de porta e encontro com o deck em corte (Imagem 21)

Em relação as convenções envolvendo o *woodframe* utilizou-se uma modulação com intervalos de 60 cm. Isto estabelece que todas as peças estruturais estão espaçadas a cada 60 cm sempre considerando seu eixo, com exceção das peças que estão no perímetro da unidade, onde se começa a contar em suas extremidades. As estruturas das paredes externas possuem 15 cm de espessura, e as paredes internas 10 cm.<sup>7</sup> A tabela da página 06 apresenta o dimensionamento das peças da estrutura da unidade. Este partiu tendo como referência as bibliografias de Rob Thallon<sup>8</sup> e Francis Ching<sup>9</sup>, utilizadas com **finalidades educacionais aplicadas a um anteprojecto arquitetônico acadêmico. Quando se tratar de projetos profissionais arquitetônicos e estruturais executivos, a estrutura deverá ser dimensionada por um arquiteto e/ou engenheiro especialista em cálculo estrutural em madeira, sendo também imprescindível seguir as especificações dos fabricantes dos materiais empregados assim como da legislação local.** A seguir serão exibidas as plantas, cortes, elevações e os detalhamentos englobando as soluções propostas por este modelo.

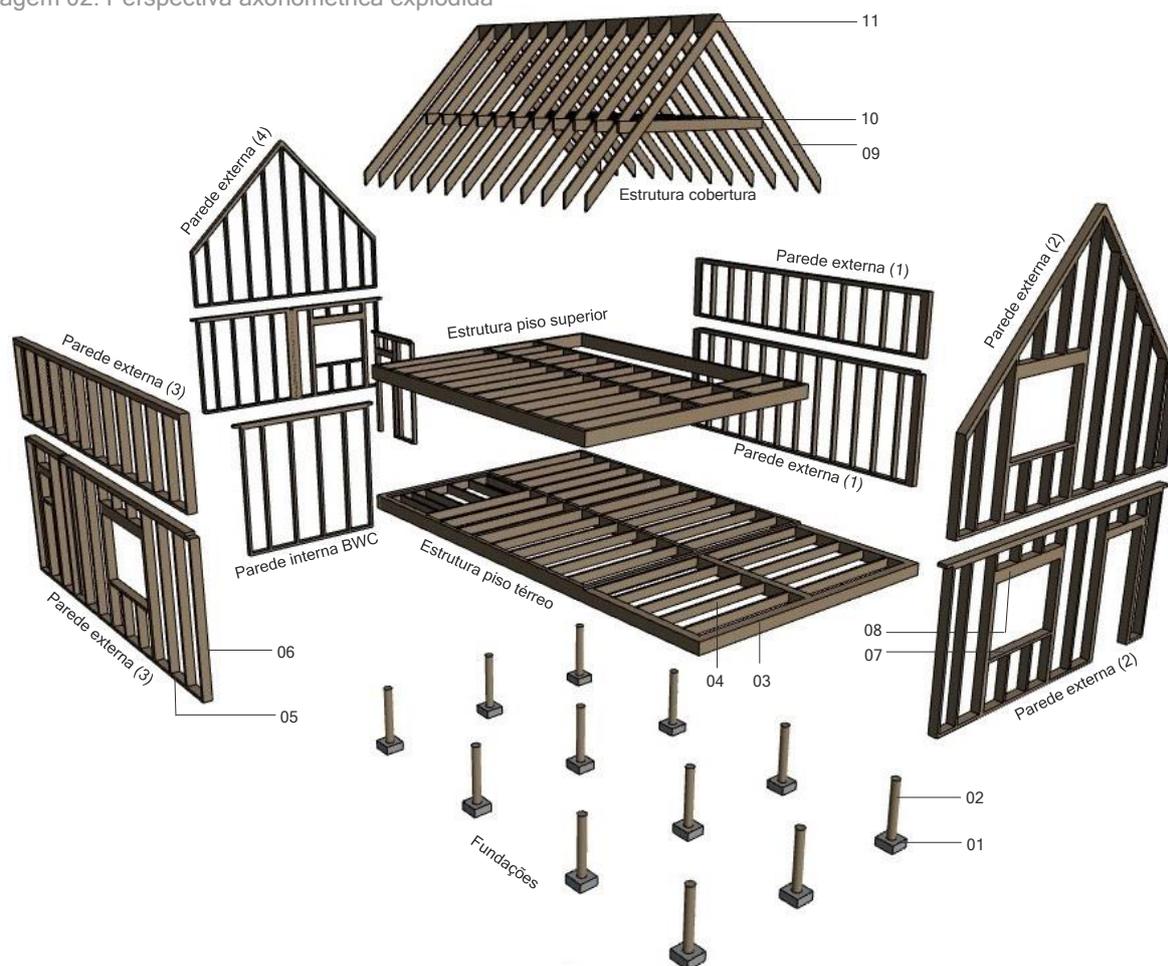
<sup>6</sup> As turmas de Projeto Arquitetônico II têm como regente a Profa. Angelica Paiva Ponzio e fazem atualmente parte do 4º período do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A disciplina aborda como temática o hotel *design* onde cada aluno desenvolve uma unidade de hospedagem de aproximadamente 60m<sup>2</sup> englobando um programa de áreas de dormir, refeições, banho e lazer, utilizando como técnica construtiva o *woodframe*.

<sup>7</sup> Para maiores detalhes sobre os dimensionamentos, adaptações e simplificações aqui adotadas, ver o Epílogo no final deste trabalho.

<sup>8</sup> THALLON, R. **Graphic Guide to Frame Construction**. 3. ed. Newtown: Taunton Press, 2009. 256p

<sup>9</sup> CHING, F. D. K. **Técnicas de Construção Ilustradas**. 4. ed. Porto Alegre - RS: Bookman, 2010. 480p.

Imagem 02: Perspectiva axonométrica explodida

**LEGENDA**

01 - Blocos de fundação 45x45x20 cm

02 - Estacas de Fundação

03 - Vigas MLC Pinus

04 - Barrotes MLC Pinus

05 - Guias

06 - Montantes

07 - Contra-vergas

08 - Vergas

09 - Caibros

10 - Contraventamentos

11 - Cumeeira

	PEÇA	MAIOR VÃO	DIMENSÃO
F	Estacas	360 cm (espaçamento)	Ø = 20 cm h = 140 cm
EPT	Vigas	360 cm	10 cm x 30 cm
	Barrotes	300 cm	5 cm x 20 cm
	Chapas OSB	-	120 cm x 240 cm x 20 mm (18,3 mm)
	Vigas Deck	300 cm	2 peças de 10 cm x 25 cm
	Barrotes Deck	300 cm	5 cm x 20 cm
PE	Guias	-	5 cm x 15 cm
	Montantes	60 cm (espaçamento)	5 cm x 15 cm
	Vergas Porta	105 cm	5 cm x 15 cm (3 peças)
	Vergas Janelas Grandes	165 cm	5 cm x 20 cm (3 peças)
	Contra-verga Janelas Grandes	165 cm	5 cm x 15 cm
	Vergas Janela BWC	55 cm	5 cm x 15 cm (3 peças)
	Contra-verga Janela BWC	55 cm	5 cm x 15 cm
	Chapas OSB	-	120 cm x 240 cm x 10 mm (11,1 mm)
PBWC	Guias	-	5 cm x 10 cm
	Montantes	60 cm (espaçamento)	5 cm x 10 cm
EPS	Vigas	360 cm	10 cm x 30 cm
	Barrotes	300 cm	5 cm x 20 cm
	Chapas OSB	-	120 cm x 240 cm x 20 mm (18,3 mm)
C	Caibros	300 cm (espaçamento = 60 cm)	5 cm x 20 cm
	Cumeeira	720 cm	5 cm x 30 cm
	Contraventamentos	-	5 cm x 20 cm (duplicadas)
	Chapas OSB	-	120 cm x 240 cm x 10mm

F = Fundações    EPT = Estrutura Piso Térreo  
 EPS = Estrutura Piso Superior    C = Cobertura

PE = Paredes Externas

PBWC = Paredes internas BWC

Obs. A tabela apresenta as dimensões brutas/adaptadas. Ver Epílogo no final deste material para dimensões nominais de fabricantes.

Imagem 03: Planta baixa pavimento térreo

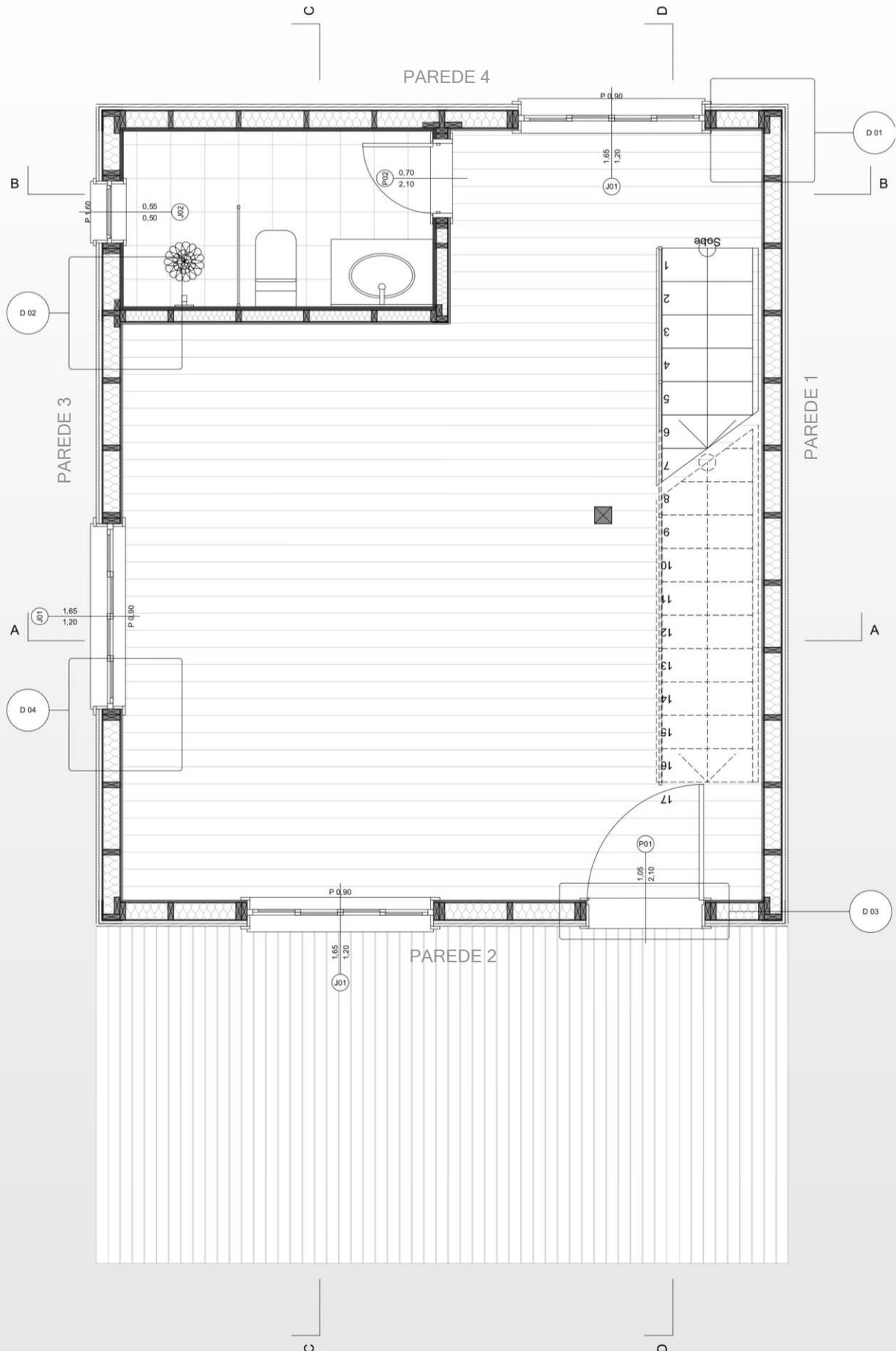
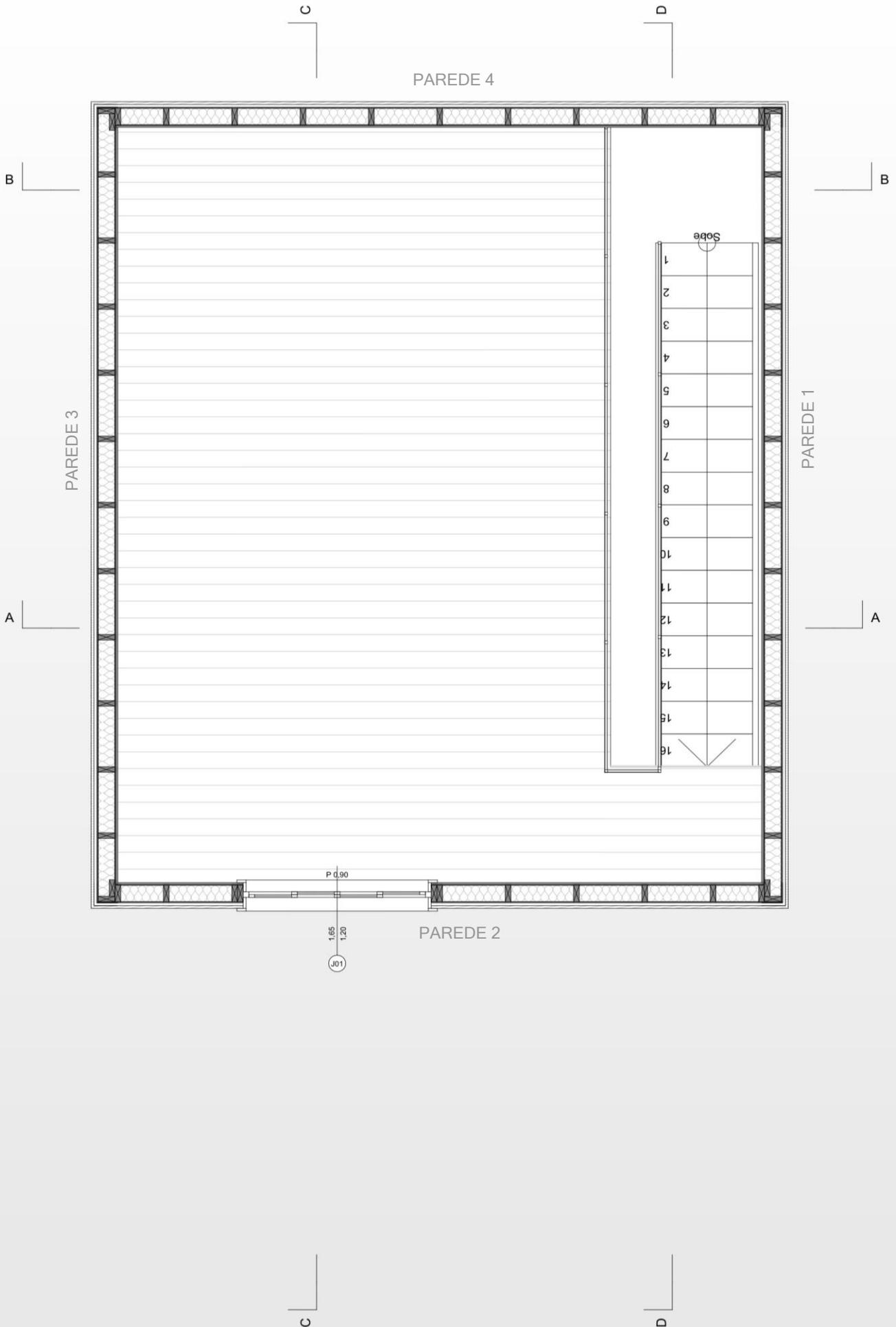
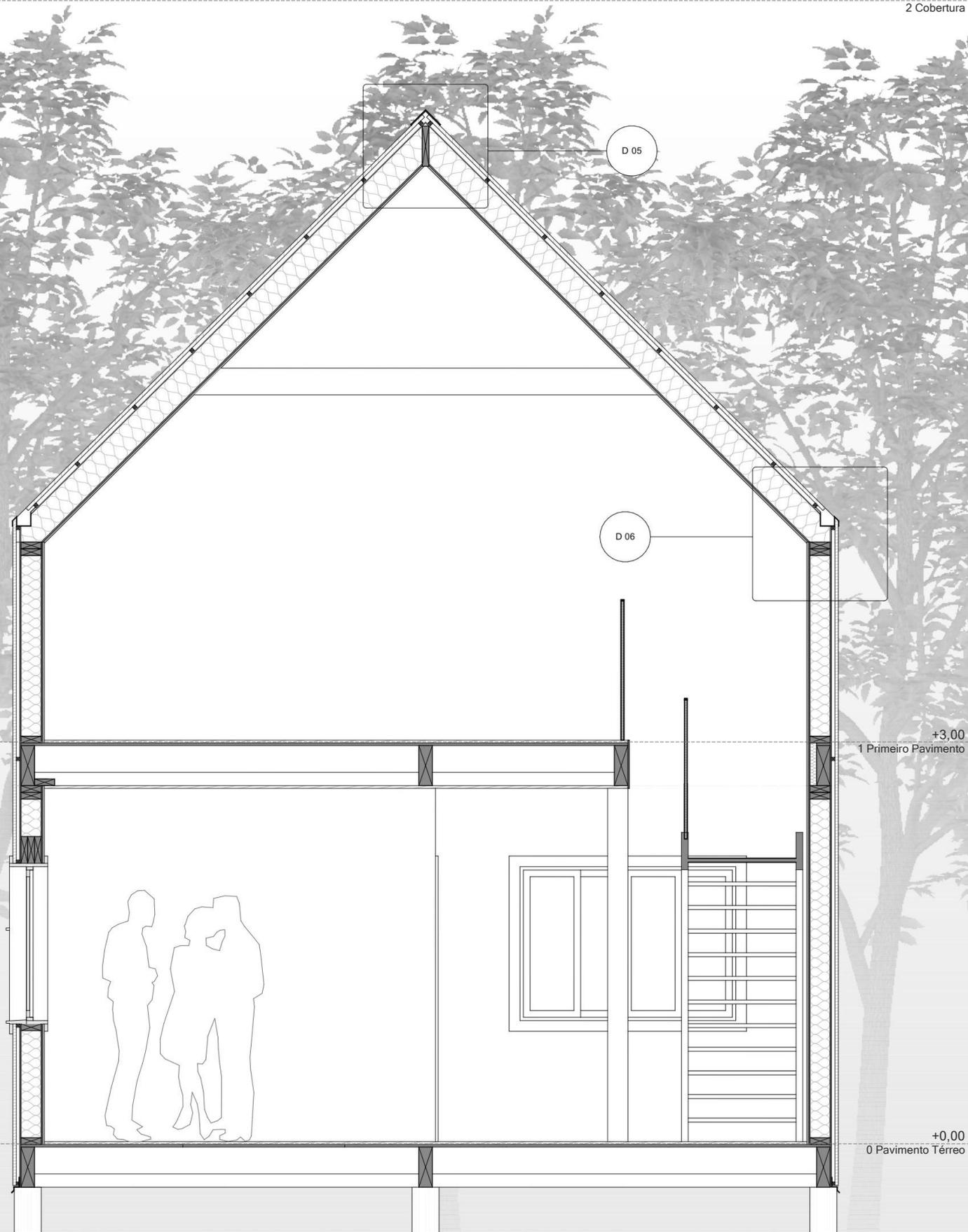


Imagem 04: Planta baixa pavimento superior



+7,90  
2 Cobertura



+3,00  
1 Primeiro Pavimento

+0,00  
0 Pavimento Térreo

Imagem 06: Corte BB

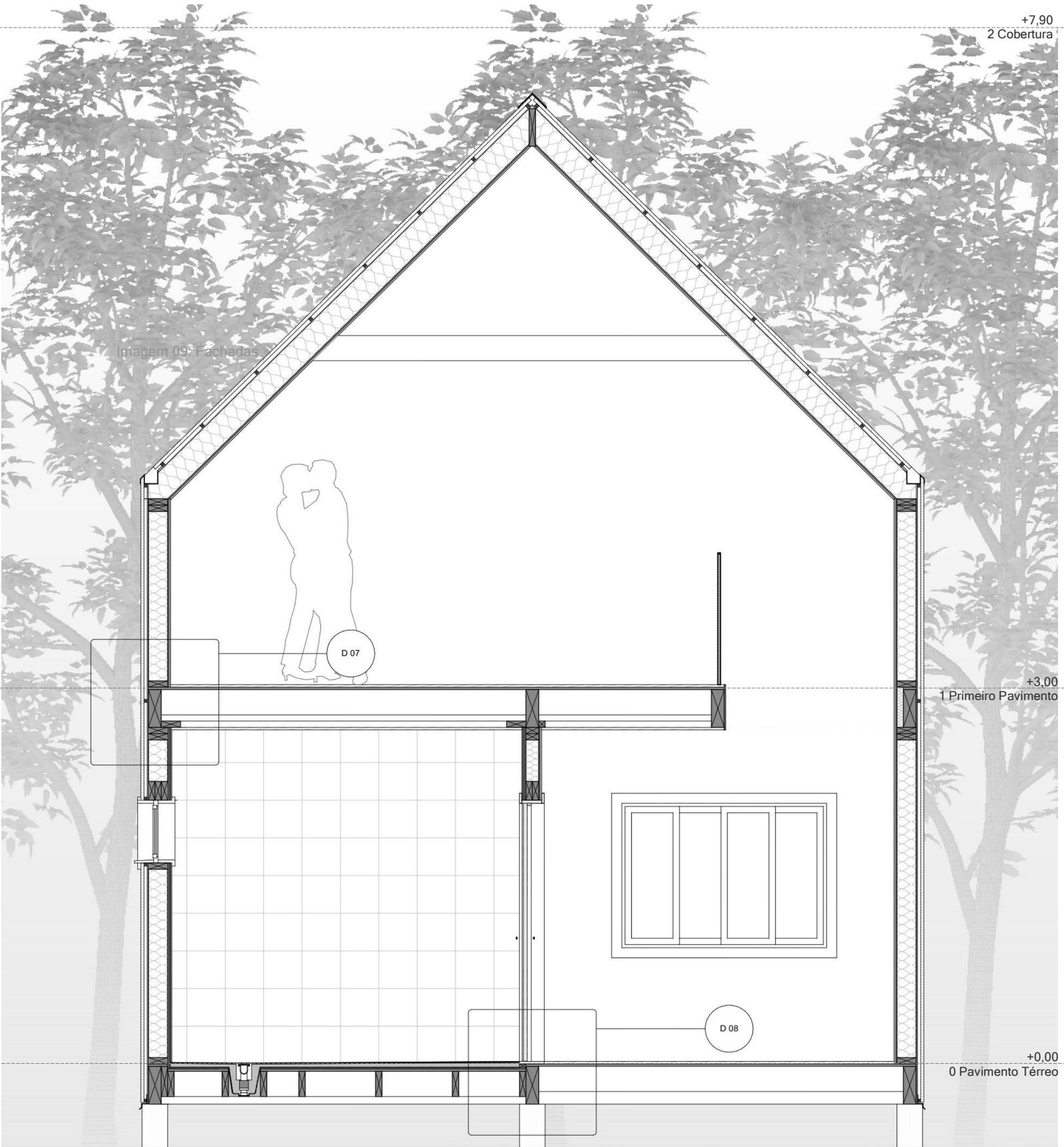


Imagem 09: Fachadas

+7,90  
2 Cobertura

+3,00  
1 Primeiro Pavimento

+0,00  
0 Pavimento Térreo

D 07

D 08

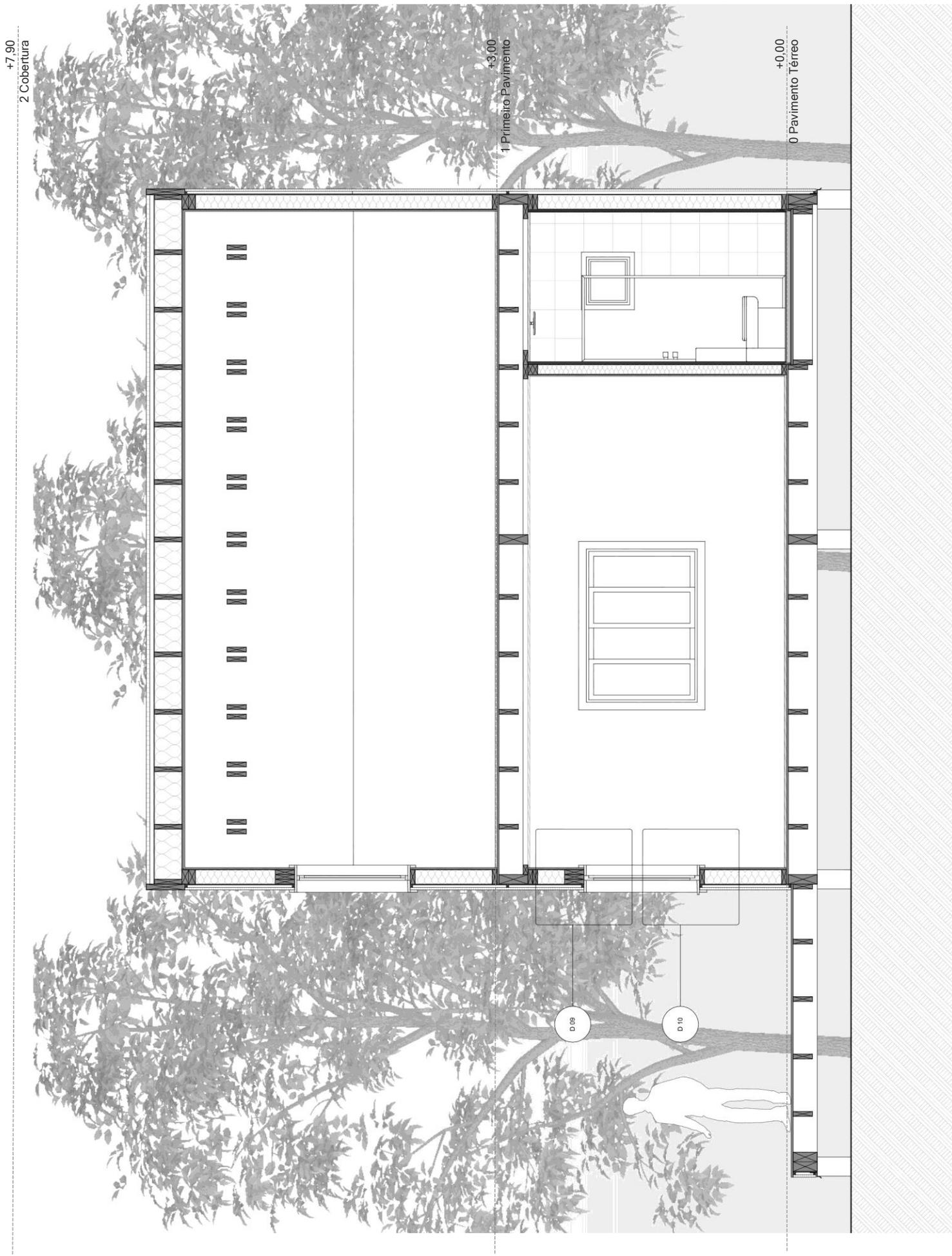
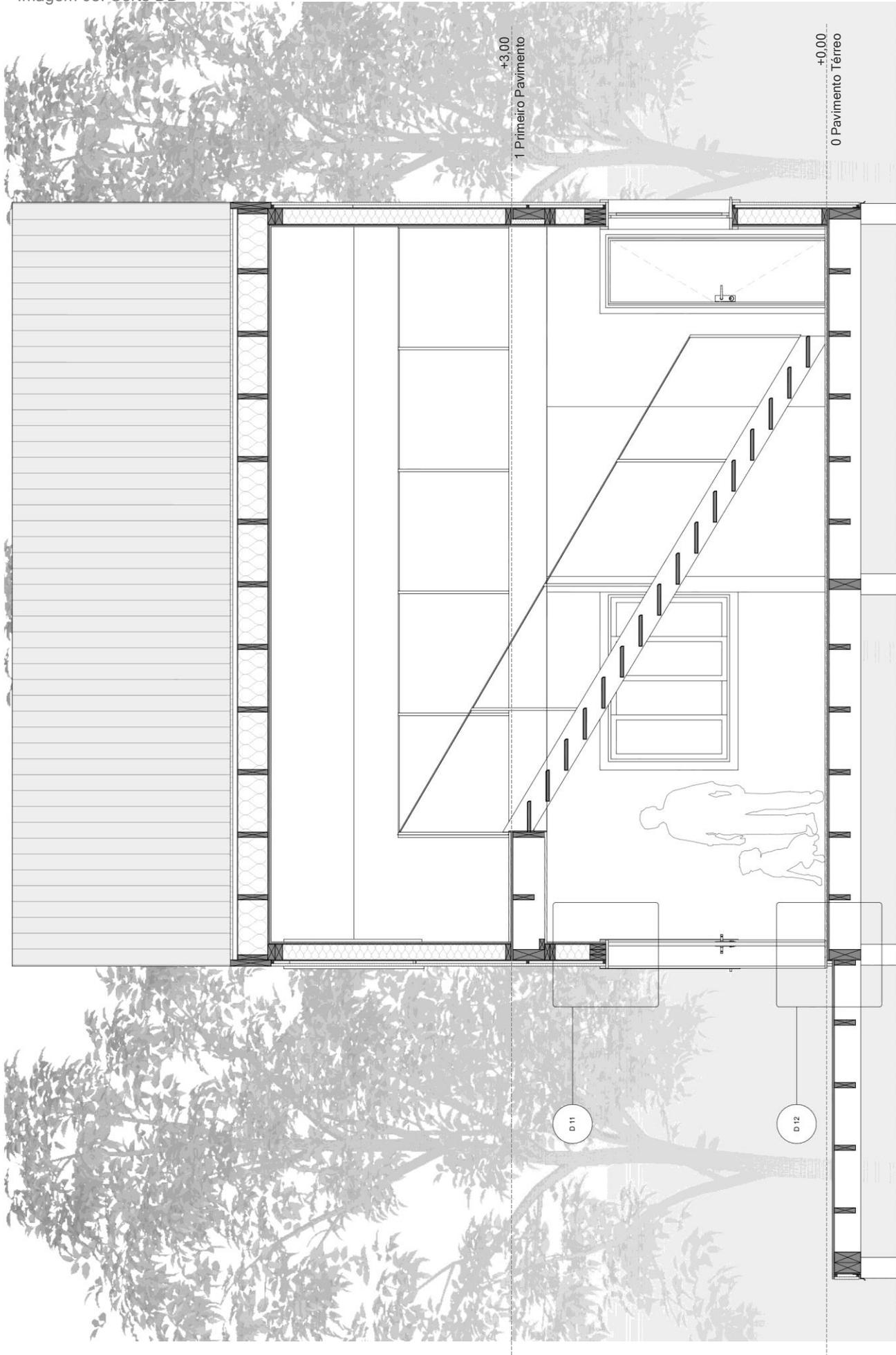


Imagem 08: Corte DD





FACHADA 01



FACHADA 02

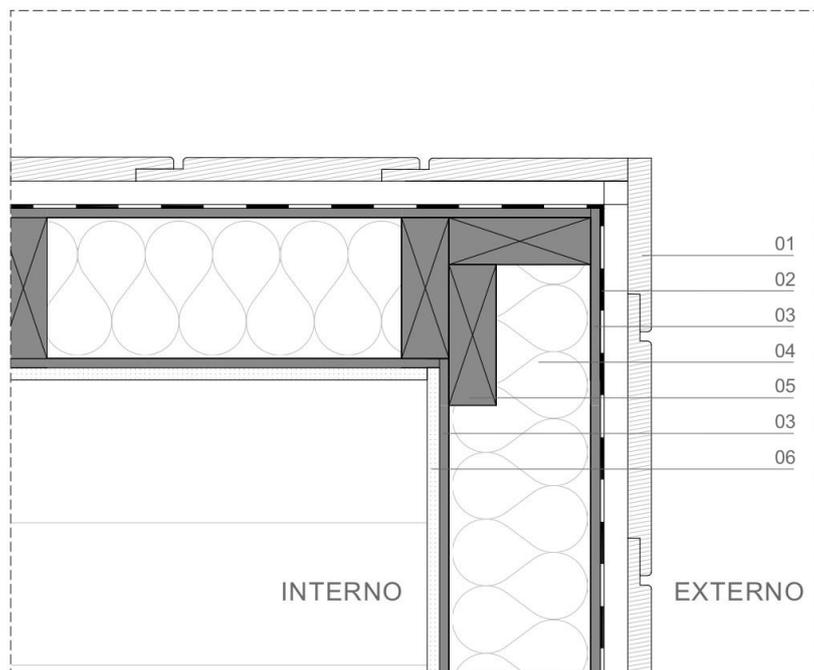


FACHADA 03



FACHADA 04

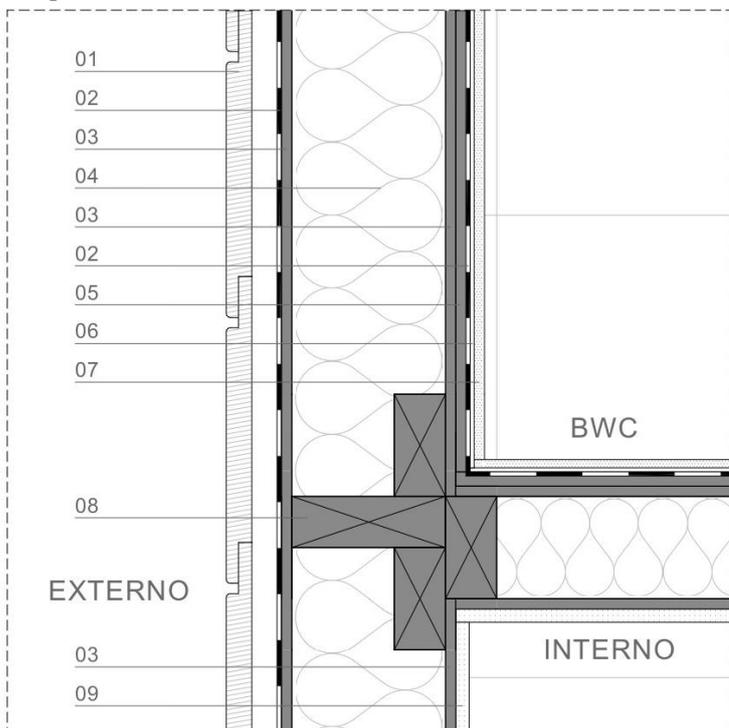
Imagem 10: Detalhe 01



- 01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x15 cm
- 02. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 03. OSB 120x240 cm
- 04. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 05. MONTANTES 5x15 cm
- 06. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm

**DETALHE 01 | CANTO DE PAREDE EM PLANTA**

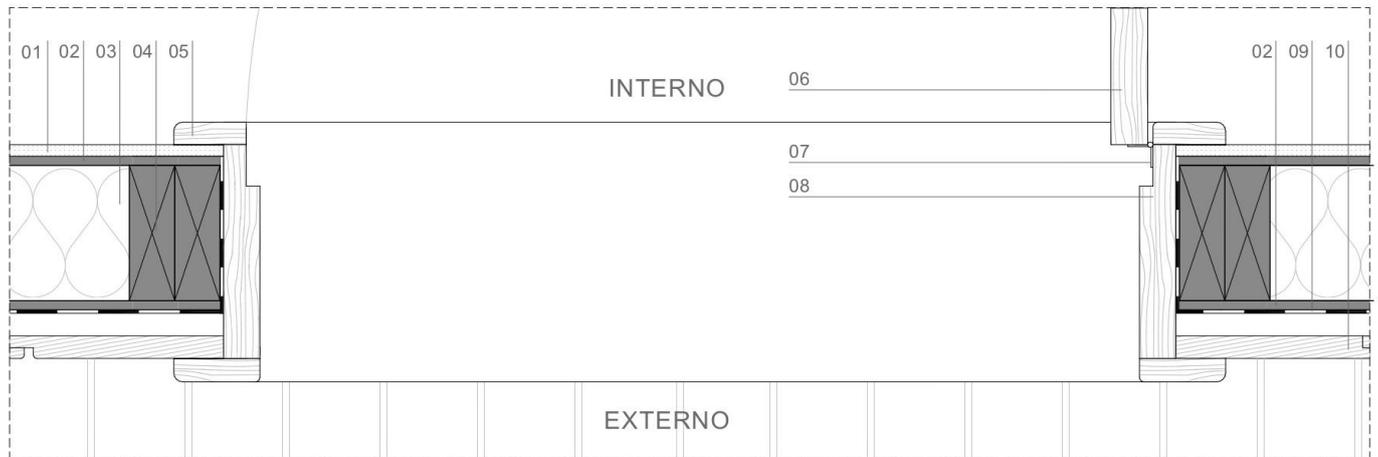
Imagem 11: Detalhe 02



- 01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x15 cm
- 02. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 03. OSB 120x240 cm
- 04. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 05. PLACA CIMENTÍCIA
- 06. CIMENTO COLA
- 07. REVESTIMENTO CERÂMICO
- 08. MONTANTES 5x15 cm
- 09. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm

**DETALHE 02 | ENCONTRO DE PAREDES EM PLANTA**

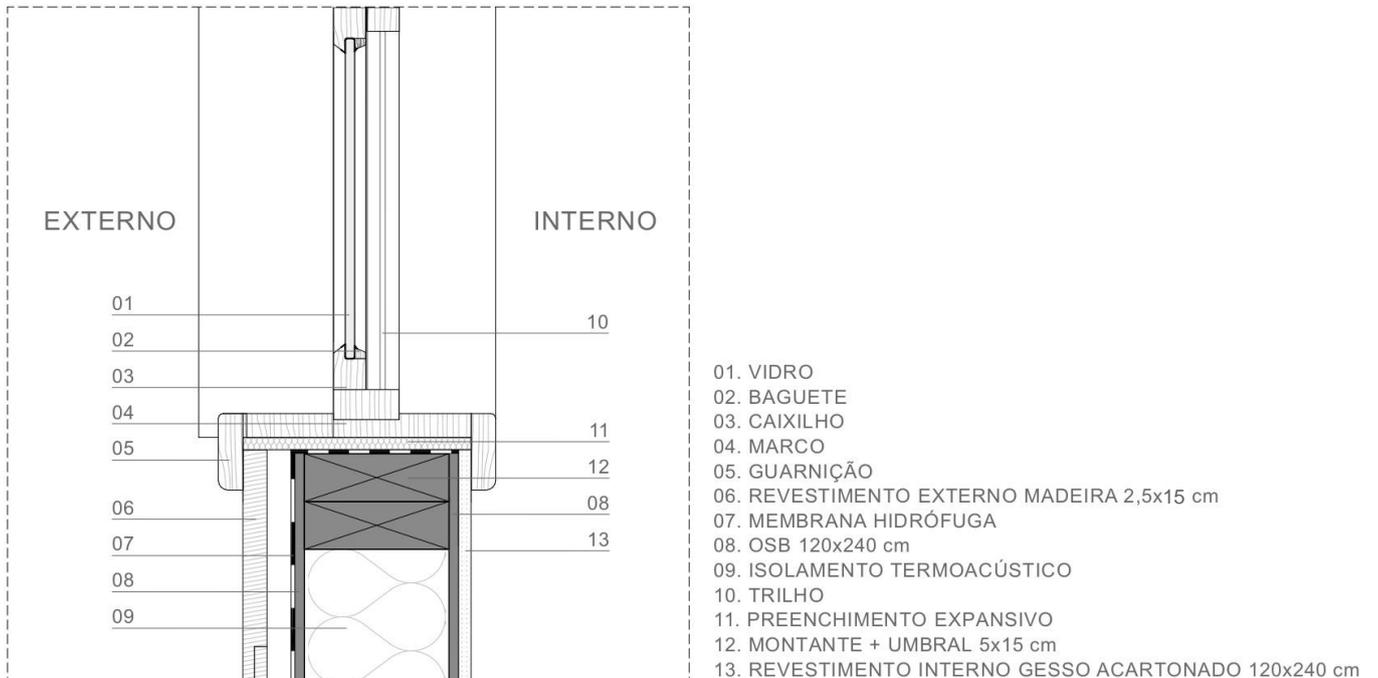
Imagem 12: Detalhe 03



- 01. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm
- 02. OSB 120x240 cm
- 03. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 04. MONTANTES 5x15 cm
- 05. GUARNIÇÃO
- 06. FOLHA DA PORTA
- 07. DOBRADIÇA
- 08. MARCO COM BATENTE
- 09. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 10. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x15 cm

#### DETALHE 03 | PORTA EM PLANTA

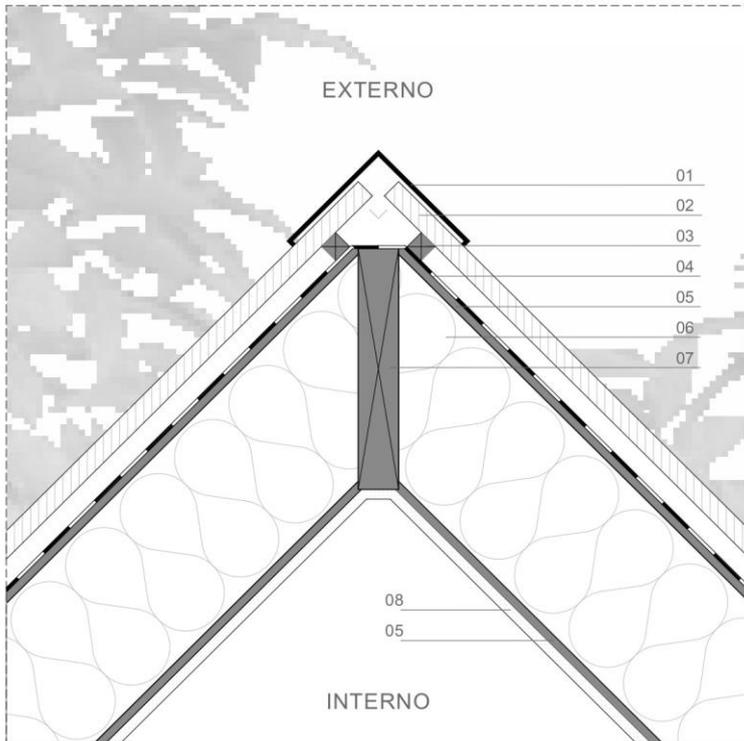
Imagem 13: Detalhe 04



- 01. VIDRO
- 02. BAGUETE
- 03. CAIXILHO
- 04. MARCO
- 05. GUARNIÇÃO
- 06. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x15 cm
- 07. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 08. OSB 120x240 cm
- 09. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 10. TRILHO
- 11. PREENCHIMENTO EXPANSIVO
- 12. MONTANTE + UMBRAL 5x15 cm
- 13. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm

#### DETALHE 04 | JANELA EM PLANTA

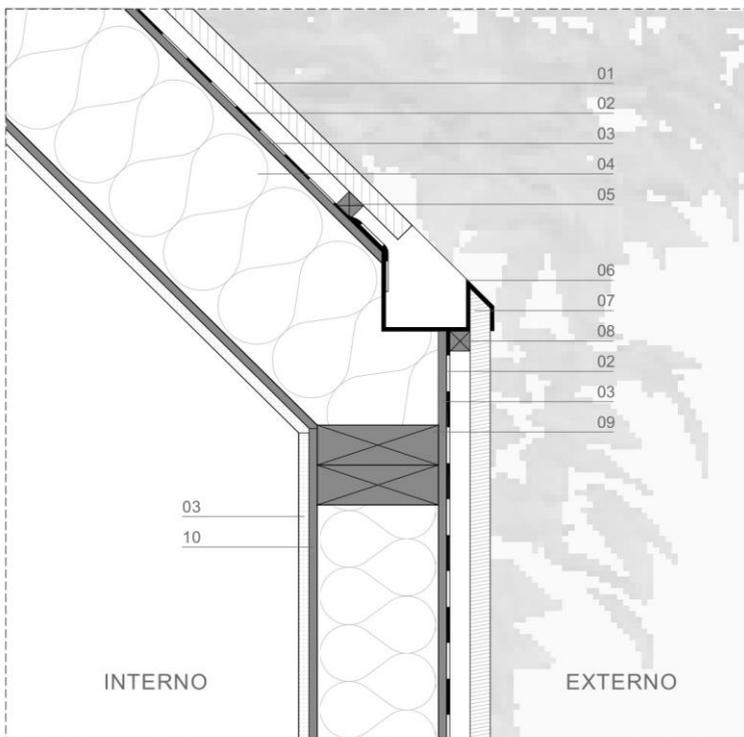
Imagem 14: Detalhe 05



- 01. PEÇA METÁLICA DE FECHAMENTO
- 02. MADEIRAMENTO REVESTIMENTO COBERTURA 2,5x15 cm
- 03. RIPAMENTO DE APOIO DA COBERTURA 2,5x2,5 cm
- 04. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 05. OSB 120x240 cm / e=10mm
- 06. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 07. VIGA DE CUMEEIRA
- 08. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm

**DETALHE 05 | CUMEEIRA**

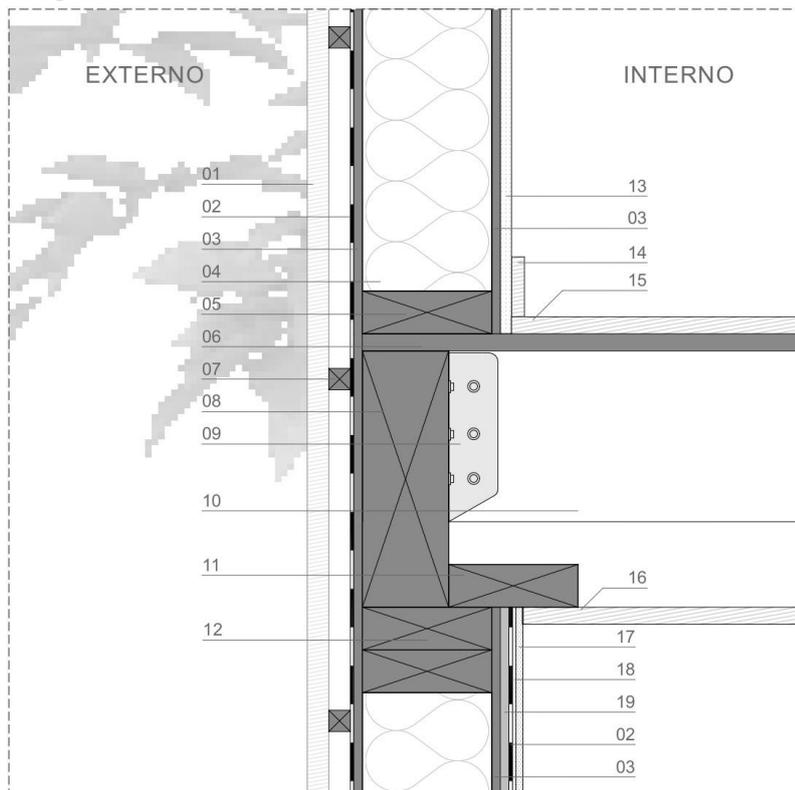
Imagem 15: Detalhe 06



- 01. MADEIRAMENTO REVESTIMENTO COBERTURA 2,5x15 cm
- 02. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 03. OSB 120x240 cm / e=10mm
- 04. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 05. RIPAMENTO DE APOIO DA COBERTURA 2,5x2,5 cm
- 06. CALHA COM ALGEROZ ACOPLADO
- 07. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm / e=2,5 cm
- 08. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
- 09. GUIAS 5x15 cm
- 10. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm

**DETALHE 06 | CALHA EMBUTIDA**

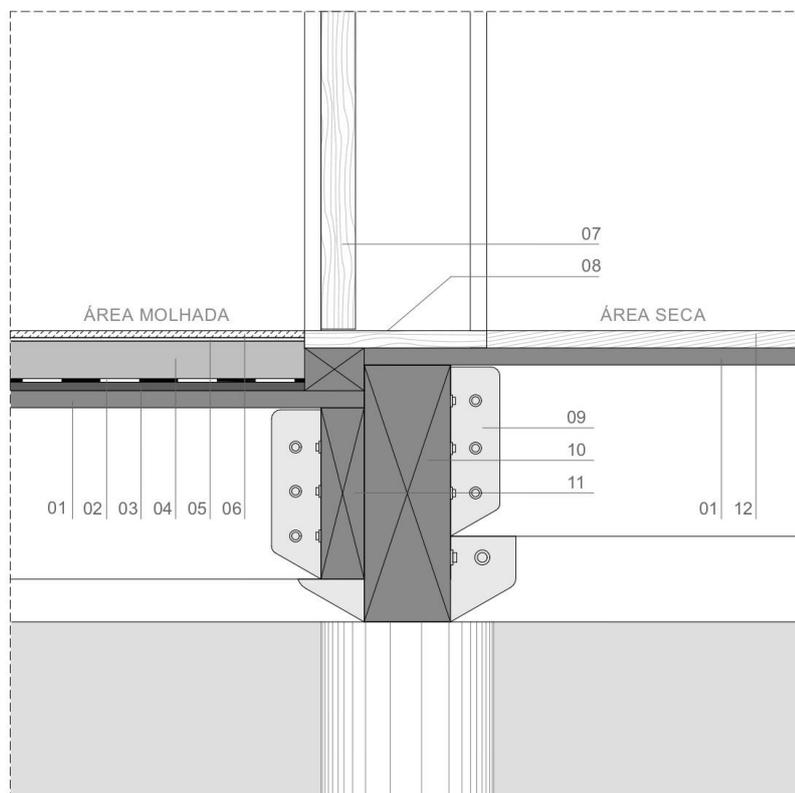
Imagem 16: Detalhe 07



- 01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x15 cm / e=25 mm
- 02. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 03. OSB DE PAREDE 120x240 cm / e=10mm
- 04. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 05. GUIA INFERIOR (PAREDE DO PAVIMENTO SUPERIOR) 5x15 cm
- 06. OSB DE PISO 120x240 cm / e=20mm
- 07. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
- 08. VIGA (ESTRUTURA PISO SUPERIOR) 10x30 cm
- 09. ESTRIBO DE FIXAÇÃO
- 10. BARROTE (ESTRUTURA PISO SUPERIOR)
- 11. PEÇA PARA FIXAÇÃO DO FORRO 5x15 cm
- 12. GUIAS SUPERIORES (PAREDE DO PAVIMENTO TÉRREO) 5x15cm CADA
- 13. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm
- 14. RODAPÉ
- 15. PISO DE MADEIRA 2x20 cm
- 16. FORRO DE MADEIRA 2x20 cm
- 17. REVESTIMENTO CERÂMICO
- 18. CIMENTO COLA
- 19. PLACA CIMENTÍCEA

**DETALHE 07 | ENTRE PISOS**

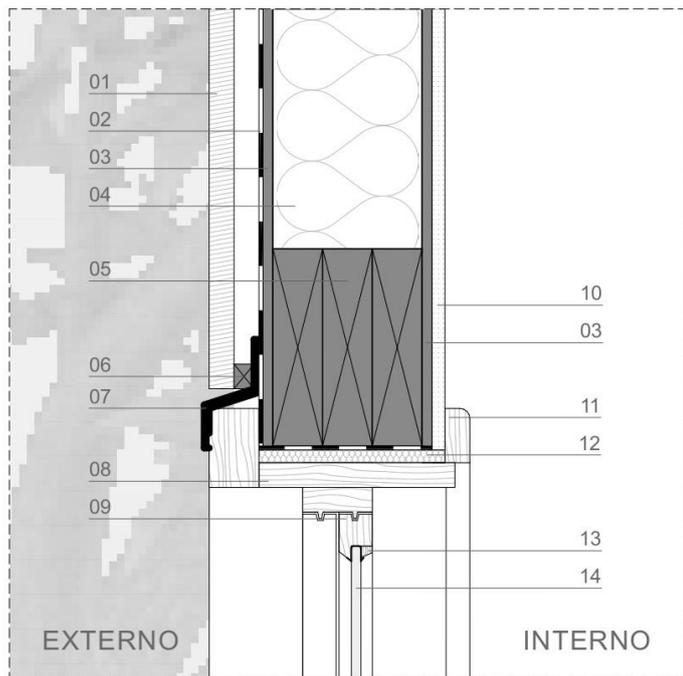
Imagem 17: Detalhe 08



- 01. OSB DE PISO 120x240 cm / e=20mm
- 02. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 03. PLACA CIMENTÍCIA e=10mm
- 04. ARGAMASSA POLIMÉRICA e=44mm
- 05. CIMENTO COLA e=4mm
- 06. PISO CERÂMICO e=8mm
- 07. FOLHA DA PORTA
- 08. SOLEIRA
- 09. ESTRIBO DE FIXAÇÃO
- 10. VIGA DE FUNDAÇÃO 10x30cm
- 11. BARROTE FUNDAÇÃO 5x20cm
- 12. PISO DE MADEIRA 2x20cm

**DETALHE 08 | ENTREPISOS**

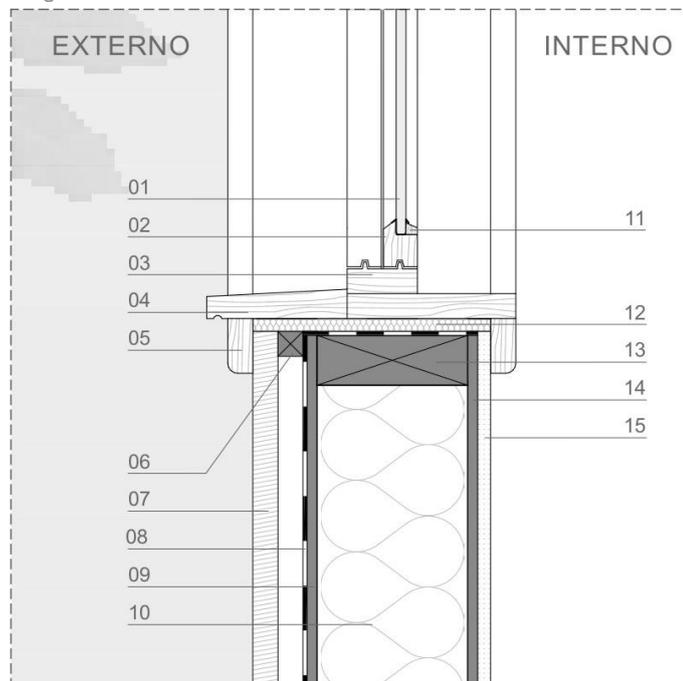
Imagem 18: Detalhe 09



- 01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x15 cm / e=25 mm
- 02. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 03. OSB DE PAREDE 120x240 cm / e=10mm
- 04. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 05. VERGAS 3 DE 5x20 cm
- 06. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
- 07. CHAPA METÁLICA DE PROTEÇÃO
- 08. MARCO
- 09. CAIXILHO
- 10. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm
- 11. GUARNIÇÃO
- 12. PREENCHIMENTO EXPANSIVO
- 13. BAGUETE
- 14. VIDRO

**DETALHE 09 | JANELA EM CORTE (SUPERIOR)**

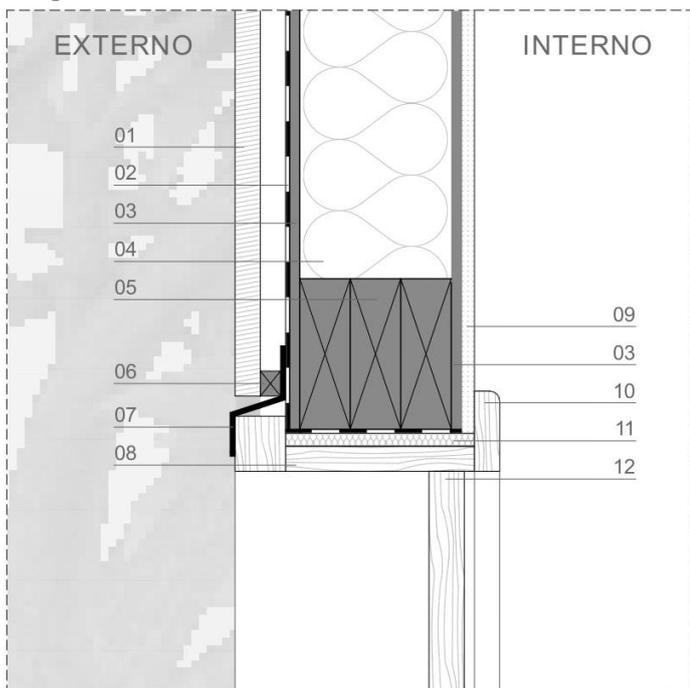
Imagem 19: Detalhe 10



- 01. VIDRO
- 02. CAIXILHO
- 03. MARCO
- 04. PEITORIL COM PINGADEIRA
- 05. GUARNIÇÃO
- 06. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
- 07. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x15 cm / e=2,5 cm
- 08. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 09. OSB DE PAREDE 120x240 cm / e=10mm
- 10. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 11. BAGUETE
- 12. PREENCHIMENTO EXPANSIVO
- 13. CONTRAVERGA
- 14. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm

**DETALHE 10 | JANELA EM CORTE (INFERIOR)**

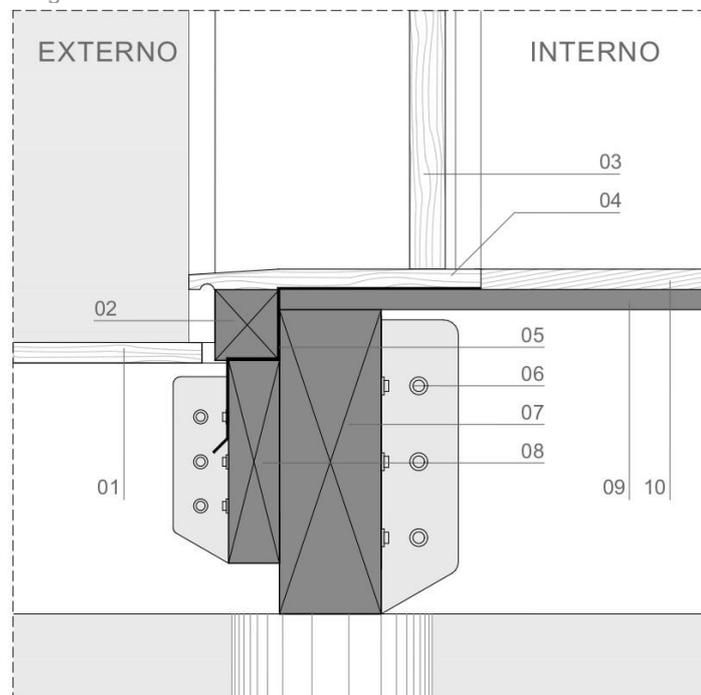
Imagem 20: Detalhe 11



01. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x15 cm / e=25 mm
02. MEMBRANA HIDRÓFUGA
03. OSB DE PAREDE 120x240 cm / e=10mm
04. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
05. VERGAS 3 DE 5x15 cm
06. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
07. CHAPA METÁLICA DE PROTEÇÃO
08. MARCO
09. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm
10. GUARNIÇÃO
11. PREENCHIMENTO EXPANSIVO
12. FOLHA DA PORTA

**DETALHE 11 | PORTA (SUPERIOR)**

Imagem 21: Detalhe 12



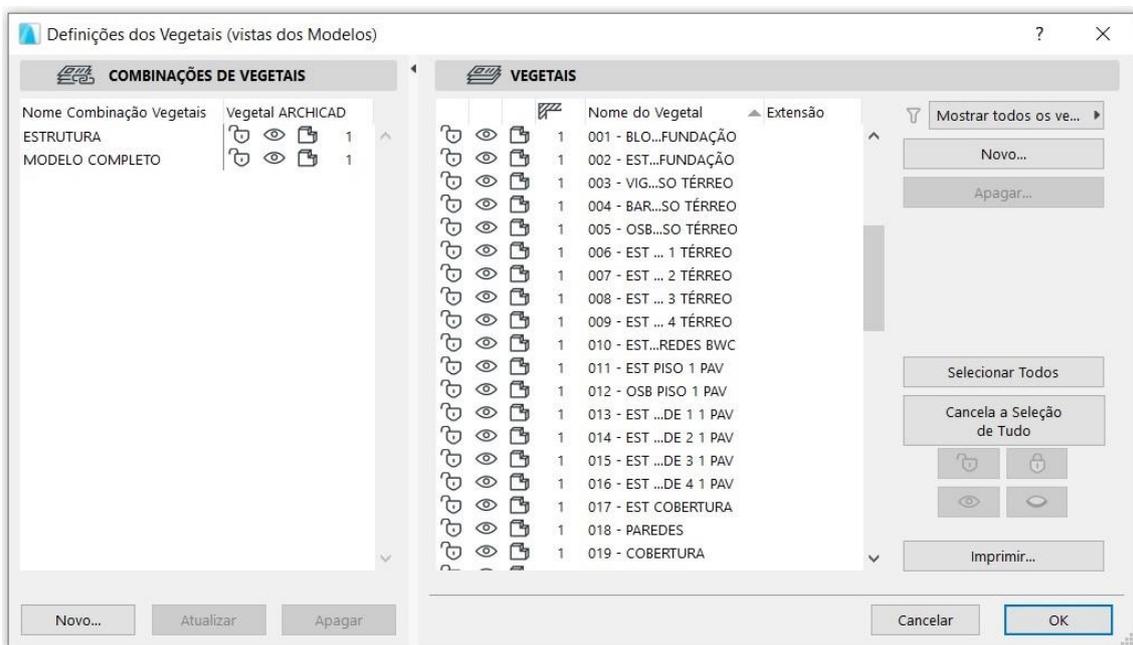
01. MADEIRAMENTO DO DECK
02. PEÇA DE SUPORTE PARA SOLEIRA
03. FOLHA DA PORTA
04. SOLEIRA
05. CHAPA METÁLICA DE PROTEÇÃO
06. ESTRIBO DE FIXAÇÃO
07. VIGA DE FUNDAÇÃO 10x30 cm
08. BARROTE DE FUNDAÇÃO 5x20 cm
09. OSB DE PISO 120x240cm / e=20mm
10. PISO DE MADEIRA 2,5x20cm / e=20mm

**DETALHE 12 | ENCONTRO COM DECK E PORTA (INFERIOR)**

## 4. Estrutura e sua sequência de montagem

Uma vez aberto o *template*, o primeiro ambiente refere-se a aba **Perspectiva Cônica Genérica**<sup>10</sup>, onde encontra-se o modelo 3D. Para facilitar a compreensão da técnica construtiva desenvolveu-se uma metodologia fazendo uso dos “vegetais” (*layers*) do ArchiCAD. Foram criados 24 “vegetais” numéricos (de 001 a 024), cada qual correspondente a uma etapa de montagem da unidade. Acessando a janela de **Definições dos vegetais**<sup>11</sup> em um primeiro momento, no lado esquerdo da janela, existe uma coluna chamada **COMBINAÇÕES DE VEGETAIS** onde há duas combinações denominadas **ESTRUTURA**, que permite visualizar somente a estrutura da unidade, e **MODELO COMPLETO**, que acrescenta os fechamentos, esquadrias e acabamentos em geral.

Imagem 22: Janela de Definições dos Vegetais



Já no lado direito da janela de **Definições dos vegetais** está a lista completa de “vegetais”. A parte introdutória deste exercício corresponde a compreensão dos elementos que constituem a estrutura da unidade em *woodframe*, bem como sua sequência de montagem. Para reproduzir a sequência de montagem basta selecionar a combinação de “vegetais” **MODELO COMPLETO**, desabilitar todos os “vegetais” numéricos<sup>12</sup>, e ligá-los um a um, em ordem crescente (de 001 a 024), obtendo o resultado demonstrado a seguir.

---



---



---



---



---



---



---



---

<sup>10</sup> Perspectiva Cônica Genérica - atalho para acessar F3

<sup>11</sup> Janela de Definições dos Vegetais - atalho para acessar Ctrl+L

<sup>12</sup> Para habilitar ou desabilitar um vegetal basta clicar no olho respectivo ao mesmo

Imagem 23: Vegetal 001 - Blocos de Fundação

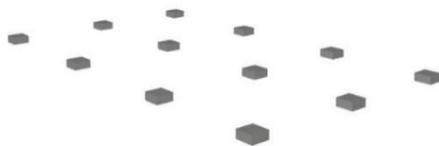


Imagem 24: Vegetal 002 - Estacas de Fundação



Imagem 25: Vegetal 003 - Vigas Estrutura Piso Térreo



Imagem 26: Vegetal 004 - Barrotes Estrutura Piso Térreo

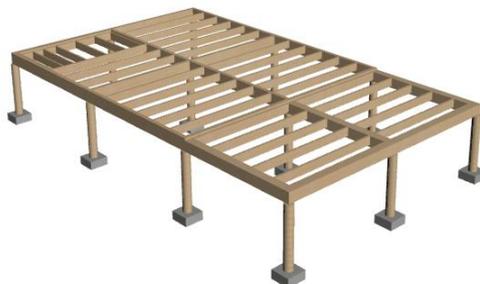


Imagem 27: Vegetal 005 - Chapas OSB Estrutura Piso Térreo

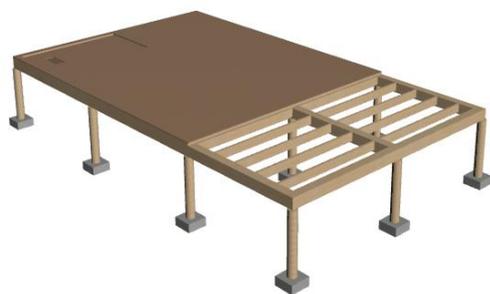


Imagem 28: Vegetal 006 - Estrutura Parede 1 Térreo



Imagem 29: Vegetal 007 - Estrutura Parede 2 Térreo



Imagem 30: Vegetal 008 - Estrutura Parede 3 Térreo



Imagem 31: Vegetal 009 - Estrutura Parede 4 Térreo



Imagem 32: Vegetal 010 - Estrutura paredes internas



Imagem 33: Vegetal 011 - Estrutura piso pav. superior



Imagem 34: Vegetal 012 - Chapas OSB Est. Piso Superior



Imagem 35: Vegetal 013 - Estrutura Parede 1 pav. superior



Imagem 36: Vegetal 014 - Estrutura Parede 2 Pav. Sup.



Imagem 37: Vegetal 015 - Estrutura Parede 3 pav. superior



Imagem 38: Vegetal 016 - Estrutura Parede 4 Pav. Superior



Imagem 39: Vegetal 017 - Estrutura Cobertura



Imagem 40: Vegetal 018 - Paredes



Imagem 41: Vegetal 019 - Cobertura



Imagem 42: Vegetais 020, 021 e 022 - Acabamentos, escada e complementares



Imagem 43: Vegetal 023 - Terreno



Imagem 44: Vegetal 024 - Mobiliário



## 5. Ordem da construção virtual da unidade

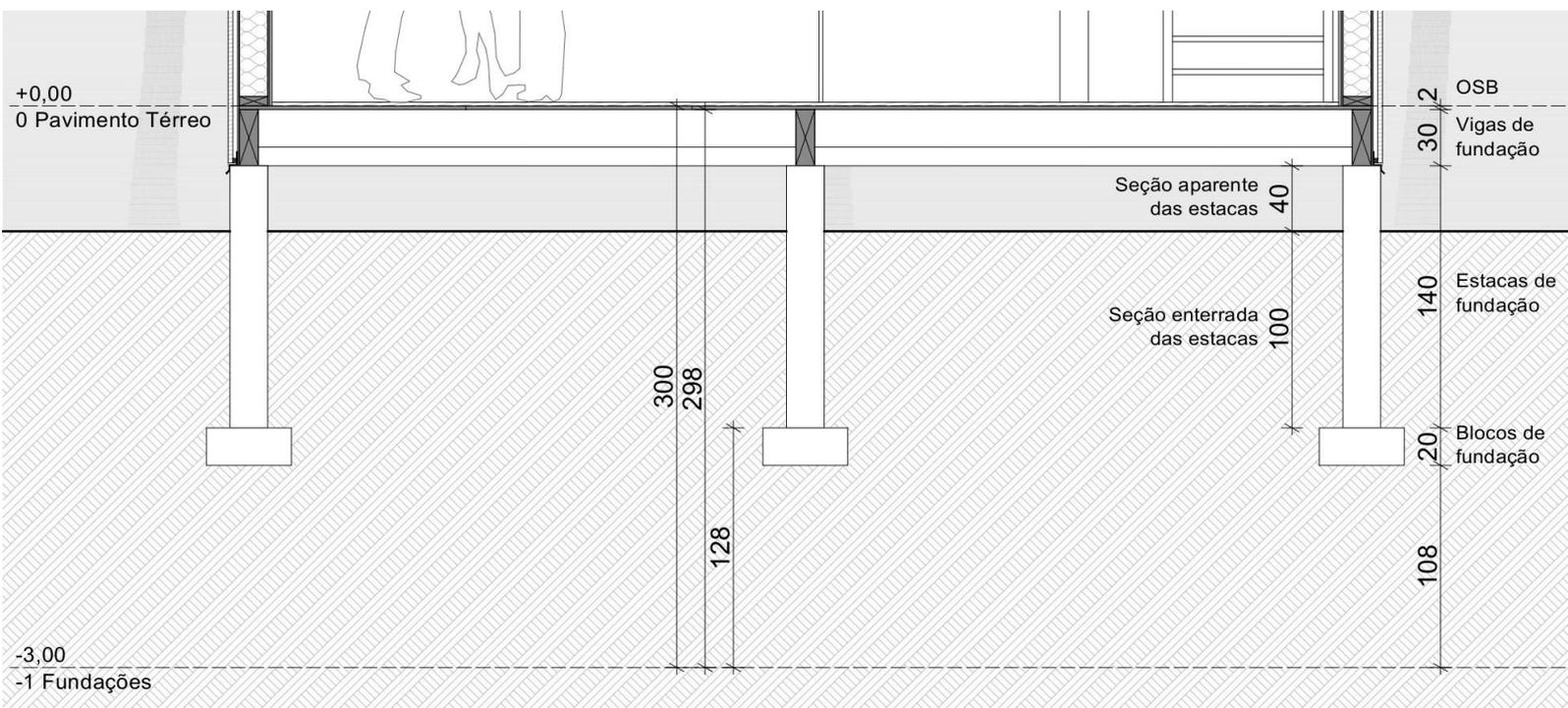
Introduzida a abertura do *template* e apresentadas as partes constituintes da unidade em *woodframe* bem como sua sequência de montagem, esta etapa tem como objetivo uma prática reflexiva para obtenção de conhecimento acerca da técnica *woodframe* através da construção virtual.

O exercício ocorrerá na seguinte ordem: 5.1 Blocos de fundação; 5.2 Estacas de fundação; 5.3 Vigas piso térreo; 5.4 Barrotes piso térreo; 5.5 Chapas OSB piso térreo; 5.6 Estrutura parede 1 térreo. Construída a estrutura da parede 1 do térreo, habilita-se o vegetal 007 correspondente a estrutura da parede 2, e constrói-se a 5.7. Estrutura parede 3 térreo. Construídas estas etapas, liga-se os vegetais de 009 a 016 para habilitar as demais estruturas de paredes e pisos, uma vez que conhecimentos a respeito destes já terão sido obtidos. Prossegue-se então para o último passo da modelagem da estrutura, referente a 5.8 Estrutura da cobertura. Modeladas estas etapas, a estrutura em *woodframe* da unidade estará completa, e finaliza-se com as etapas 6. Fechamentos e 7. Esquadrias.

Para esta etapa serão utilizadas as grelhas de A à L, guiando o passo a passo da construção das respectivas estruturas. As grelhas deverão ser habilitadas ou desabilitadas em ordem alfabética conforme orientação nos próximos passos. **Destaca-se que as grelhas alfabéticas servem apenas como uma referência para guiar a modelagem e tornar o processo mais ágil e preciso. Existe outra grelha na Janela de Definições dos vegetais denominada Grelha 60x60, esta sim correspondente ao módulo construtivo. Manter a Grelha 60x60 ligada durante o exercício para observar os deslocamentos das grelhas alfabéticas em relação à Grelha 60x60 durante a modelagem.**

### Esclarecendo alguns pontos

Imagem 45: Corte esquemático compreensão das dimensões das fundações



300 - Valor utilizado para estabelecer a altura das chapas de OSB que cobrem a estrutura do piso térreo. Este valor refere-se ao topo do elemento em relação aos rés-do-chão do pavimento -1 Fundações.

298 - Valor utilizado para estabelecer a altura das vigas e barrotes da estrutura do piso térreo. Este valor refere-se ao topo dos elementos em relação aos rés-do-chão do pavimento -1 Fundações.

128 - Valor utilizado para estabelecer a altura dos blocos e estacas de fundação. Quanto aos blocos, este valor refere-se ao topo do elemento em relação aos rés-do-chão do pavimento -1 Fundações. Quanto à estaca, este valor refere-se a base do elemento em relação aos rés-do-chão do pavimento -1 Fundações.

## 5.1 Blocos de fundação

Imagem 46: Definições Blocos de Fundação

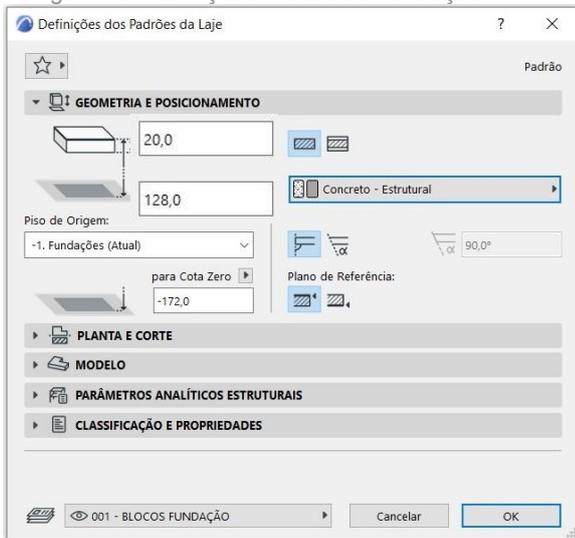
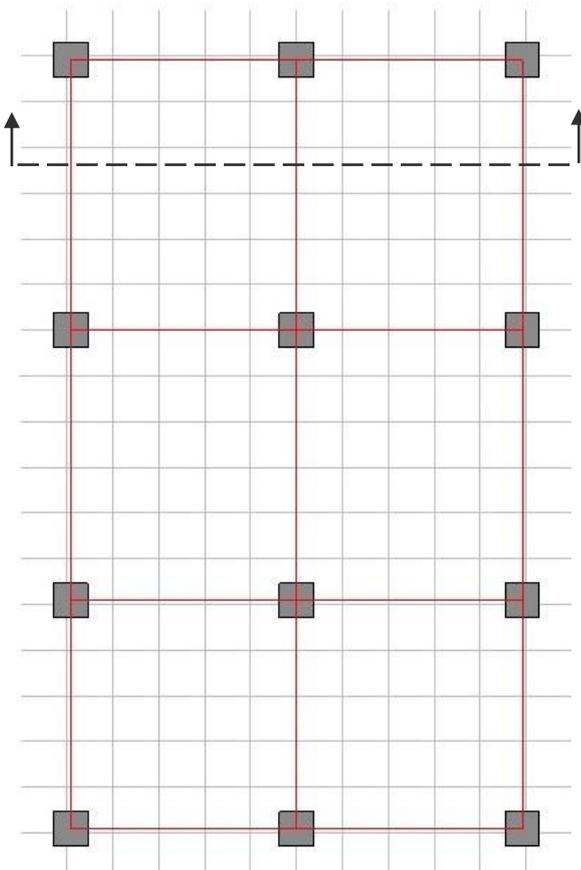
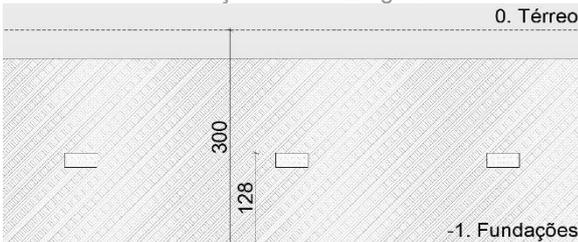


Imagem 47: GRELHA A (em vermelho) e disposição dos blocos de fundação - em cinza grelha 60x60



Para modelar os blocos de fundação, certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem -1. Fundações** e mantenha habilitada somente a **GRELHA A**, além da **Grelha 60x60**, e o vegetal **001 Blocos Fundação**. Os blocos de fundação devem ser locados tendo como referência seu próprio centro e o encontro de todos os eixos da GRELHA A (conforme imagem 47 ou conforme o modelo referência à esquerda do *template*). Para modelar os blocos utilize o elemento **Laje**, com as dimensões **45x45x20cm**, e como composição **Concreto - Estrutural** (conforme imagem 46).

**Observação:** Antes de iniciar a modelagem dos blocos de fundação, por uma questão de organização do modelo e melhor compreensão das partes constituintes da estrutura, selecione o vegetal da etapa em que estará trabalhando, neste caso, por exemplo, vegetal **001. Blocos de fundação**. Após modelar todos os blocos, selecione os mesmos e crie um grupo através do comando **Ctrl+G**<sup>8</sup>. Lembre-se de aplicar estes dois passos antes de iniciar e ao finalizar a modelagem de cada etapa.

**Dica:** modele um bloco de fundação, loque o mesmo no local correto, e replique este através da função **multiplicação**<sup>9</sup>.

**Observação:** A GRELHA A se desloca 5 cm em X e em Y nas extremidades do modelo (fronteira com área externa incluindo o deck) com relação à Grelha 60x60 para centralizar o bloco em relação às estacas e ao eixo central das vigas de fundação.

<sup>8</sup> Ctrl+G - comando para agrupar elementos. Para desagrupar utilize o comando Ctrl+Shift+G.

<sup>9</sup> Para fazer uma cópia - selecione o elemento que deseja multiplicar, arraste ele com a função mover, clique em Ctrl para fazer uma cópia, e clique novamente no local onde deseja soltá-lo.

## 5.2 Estacas de Fundação

Para modelar as estacas de fundação, certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem -1. Fundações** e mantenha habilitada a somente a **GRELHA A**, além da **Grelha 60x60** e o vegetal **002 Estacas de Fundação**. As estacas devem ser locadas tendo como referência seu próprio centro, e o encontro de todos os eixos da GRELHA A (conforme imagem 48 ou conforme o modelo referência à esquerda do *template*). Para modelar as estacas utilize o elemento **Pilar**, com 140 cm de altura, 20 cm de diâmetro (CHING, 2010, 3.22), e como composição **Madeiramento - Tipo 2** (conforme imagens 49 e 50; pode-se optar por uma questão de maior durabilidade o concreto). Em local plano pode-se manter cerca de 100 cm da estaca enterrada (NUTAU/USP); já em terrenos pouco íngremes recomenda-se enterrar um mínimo de 120 a 150 cm da estaca, variando de acordo com as condições locais e o projeto estrutural (CHING, 2010, 3.22). Sempre manter uma distância mínima de aproximadamente 40 cm entre o solo e o vigamento da unidade (NUTAU/USP).

**Observação:** Verifique se dentro da aba **PLANTA E CORTE > VISUALIZAÇÃO EM PLANTA > Visualização em Planta** está selecionada umas destas opções: **Vista, Corte e Projeção, Corte Simbólico, Tudo em Vista ou Tudo em Projeção**.

Imagem 48: GRELHA A (em vermelho) e disposição das estacas de fundação - em cinza grelha 60x60

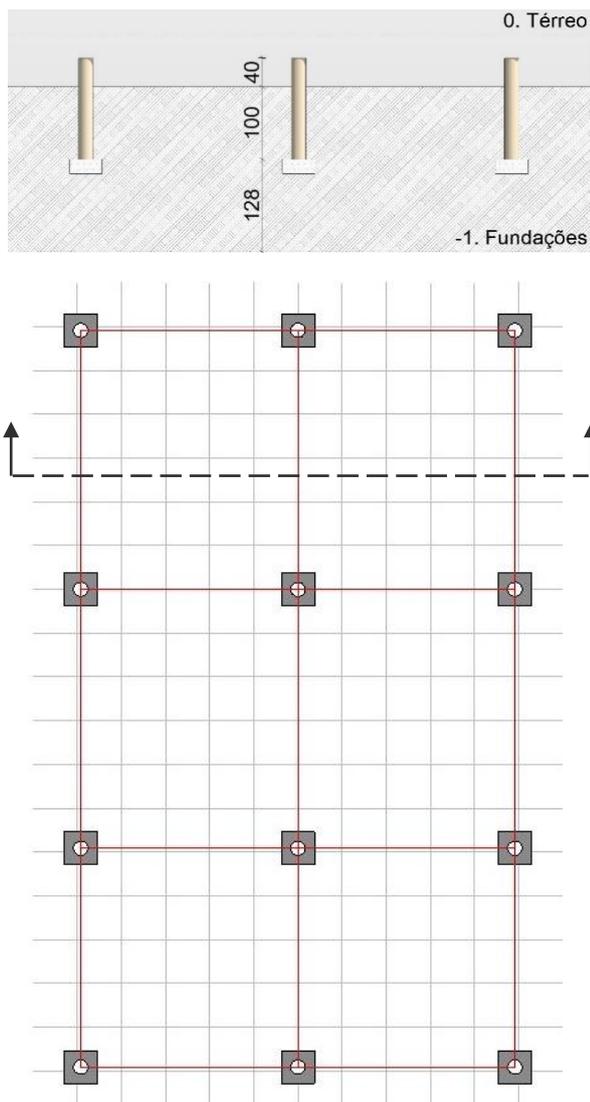


Imagem 49: Definições Estacas de Fundação - **Pilar**

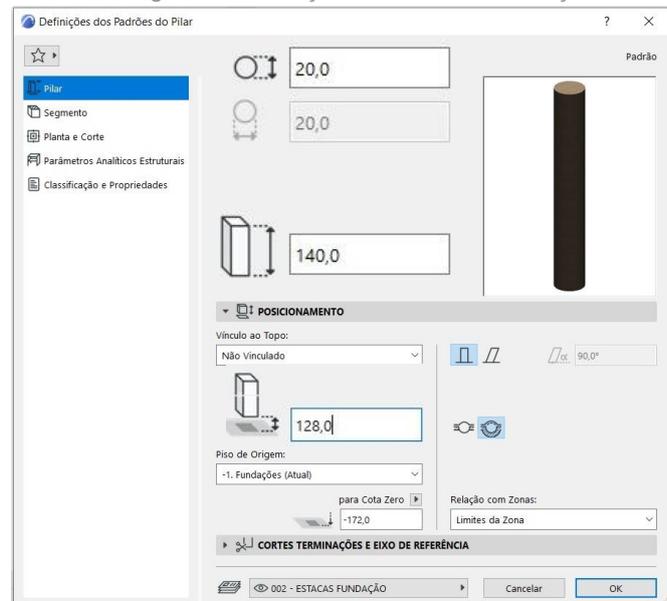
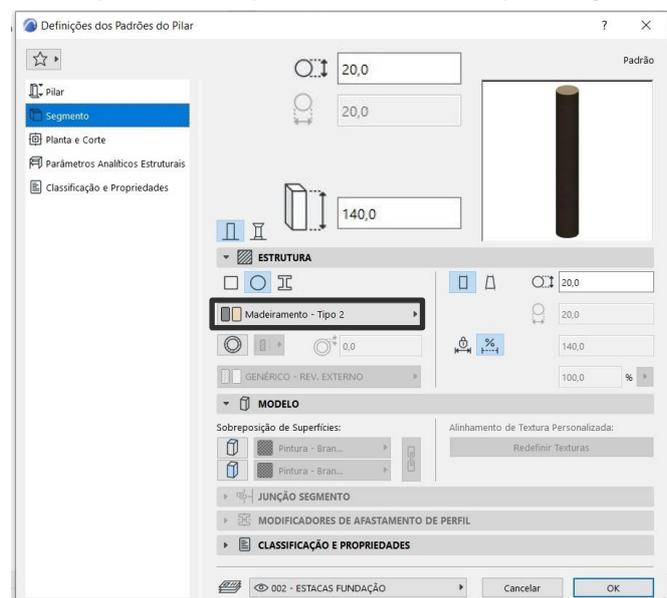
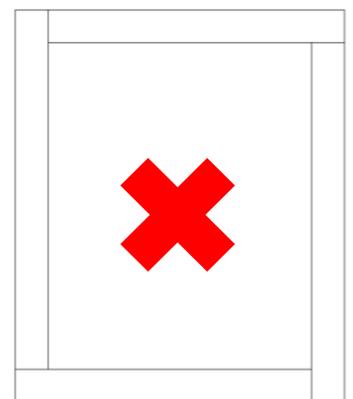
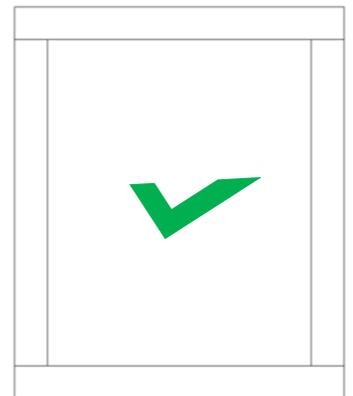
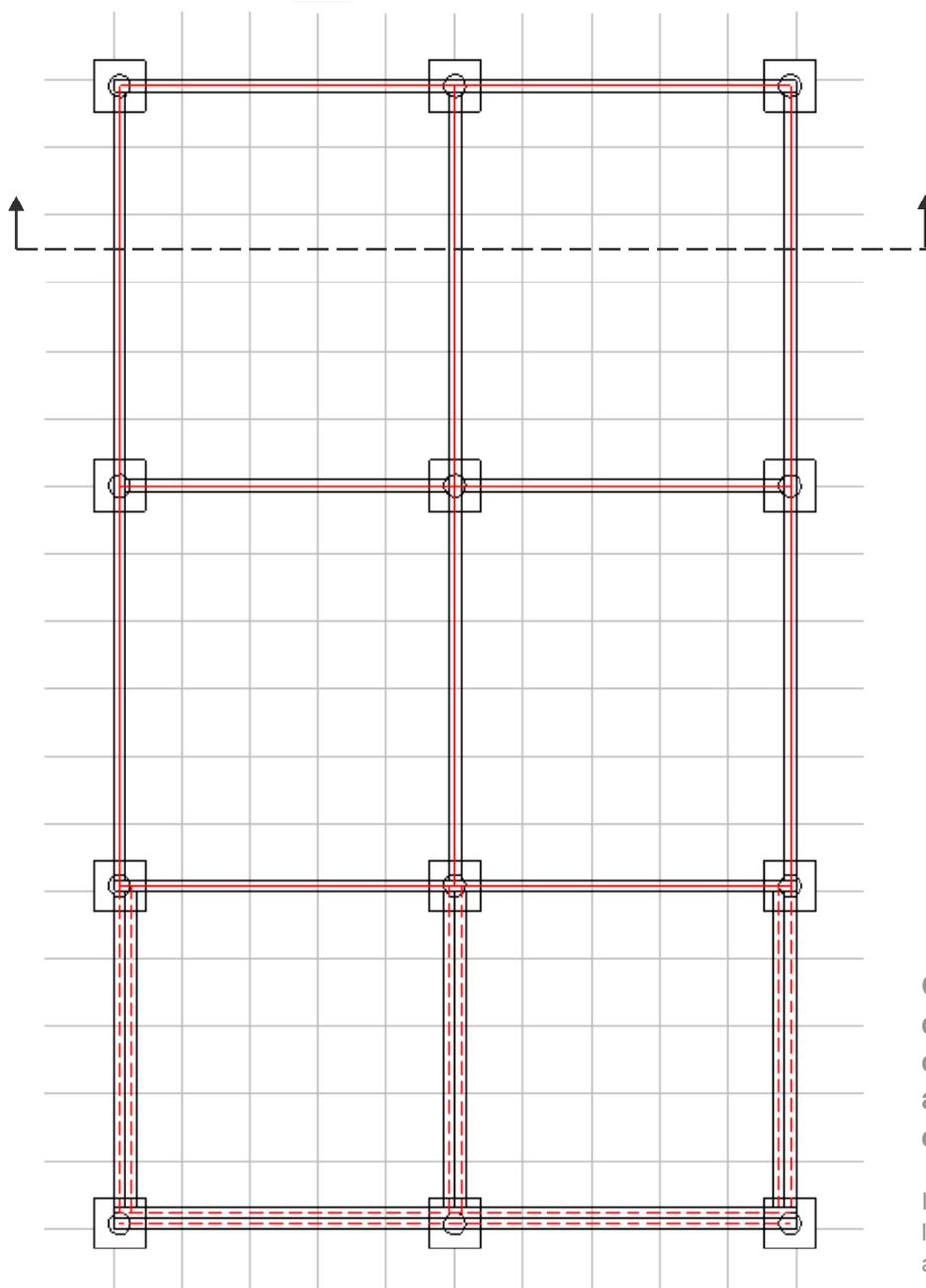
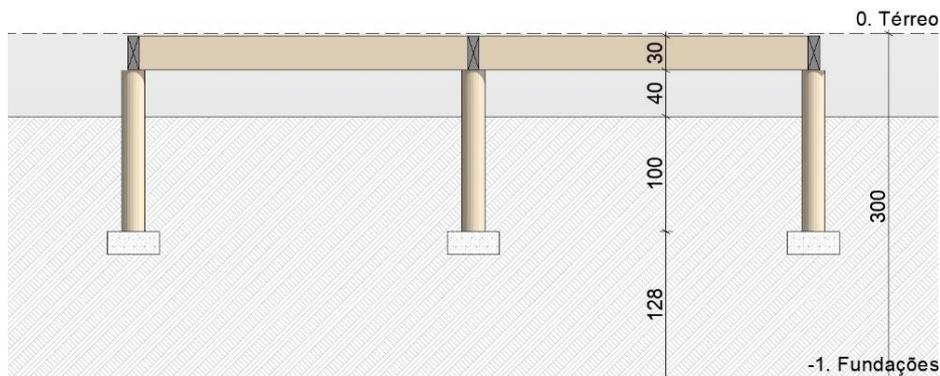


Imagem 50: Definições Estacas de Fundação - **Segmento**



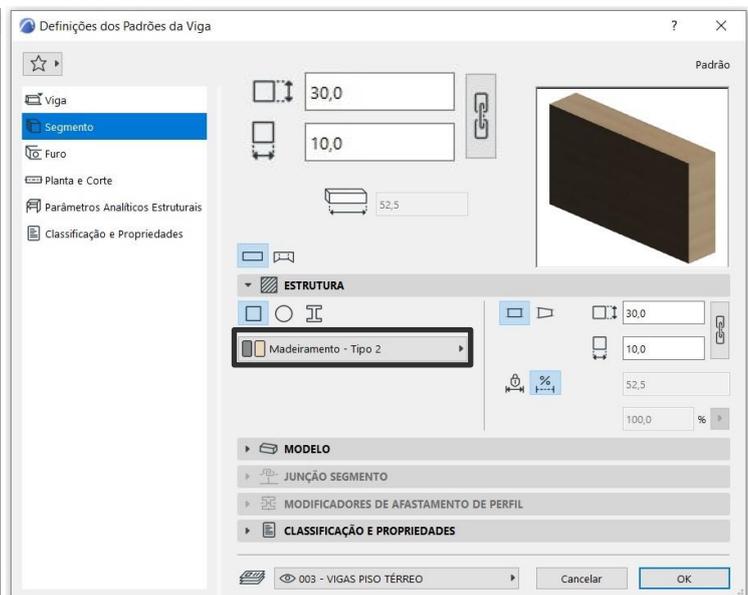
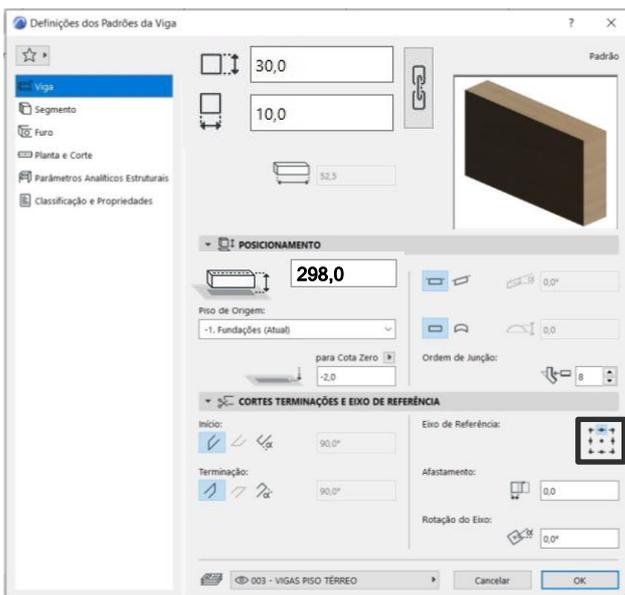
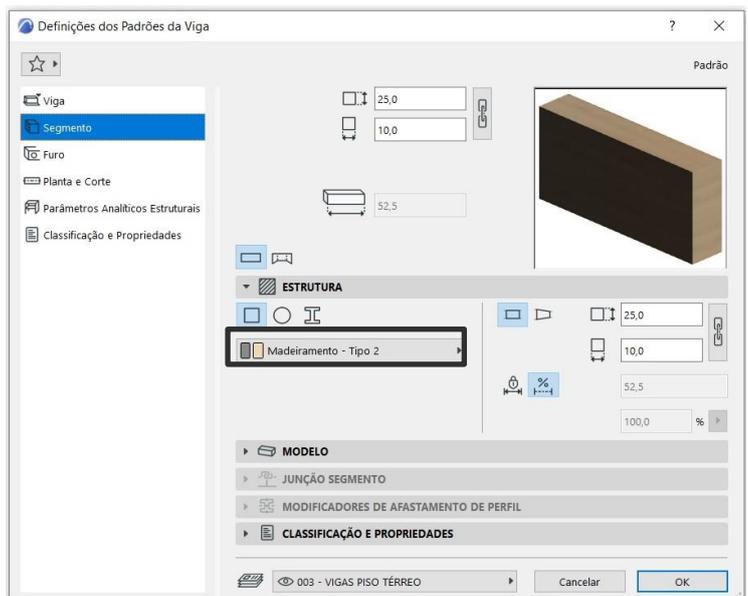
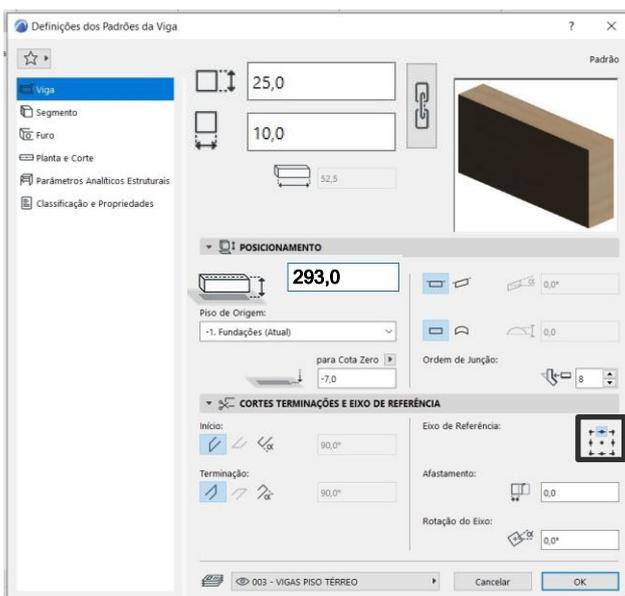
## 5.3 Vigas Piso Térreo



Observação: Para criar um desnível de 5 cm entre o interior da unidade e o deck optou-se por reduzir a altura das vigas do deck para 25 cm e duplicá-las (2 x 10x25cm).

Imagem 51: GRELHA B (em vermelho) e localização vigas de fundação/deck - em cinza a grelha 60x60

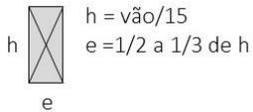
Para modelar as vigas do piso térreo certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem -1. Fundações** e mantenha habilitada somente a **GRELHA B**, além da **Grelha 60x60** e o **vegetal 003 Vigas Piso Térreo**. As vigas devem ser locadas tendo como referência seu próprio eixo em relação a todos os eixos da GRELHA B (conforme imagem 51 ou conforme o modelo referência à esquerda do *template*). Para modelar as vigas utilize o elemento **Viga**. As mesmas terão 10 cm de largura, mas estarão divididas em duas alturas em níveis diferentes; tendo 30 cm de altura dentro do corpo da unidade (indicadas na grelha com linhas contínuas) e duas peças de 25 cm de altura no deck (indicadas na grelha com linhas tracejadas). O motivo dessa diferença está especificado na observação da página anterior. Como composição utilize **Madeiramento - Tipo 2** (todas as informações a serem preenchidas constam nas imagens 52 a 55). Para dimensionar vigas utilize a **tabela 5.3.1**. Nas imagens 52 e 54 atentar para o ponto que deve estar selecionado no **Eixo de Referência**.

Imagem 52: Definição vigas de fundação - **Viga**Imagem 53: Definição vigas de fundação - **Segmento (material)**Imagem 54: Definição vigas deck - **Viga**Imagem 55: Definição vigas deck - **Segmento (material)**

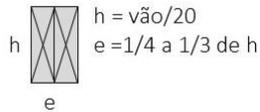
**Observação:** sempre que em uma interseção entre dois ou mais elementos seus eixos se encontrarem, os elementos irão se fundir em uma espécie de *fillet*, unindo suas representações. Caso isto não seja desejado, basta separar os eixos de cada elemento.

## 5.3.1 Dimensionamento de Vigas

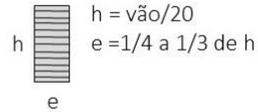
Madeira simples



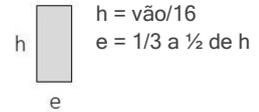
Madeira composta



Laminada colada



Concreto

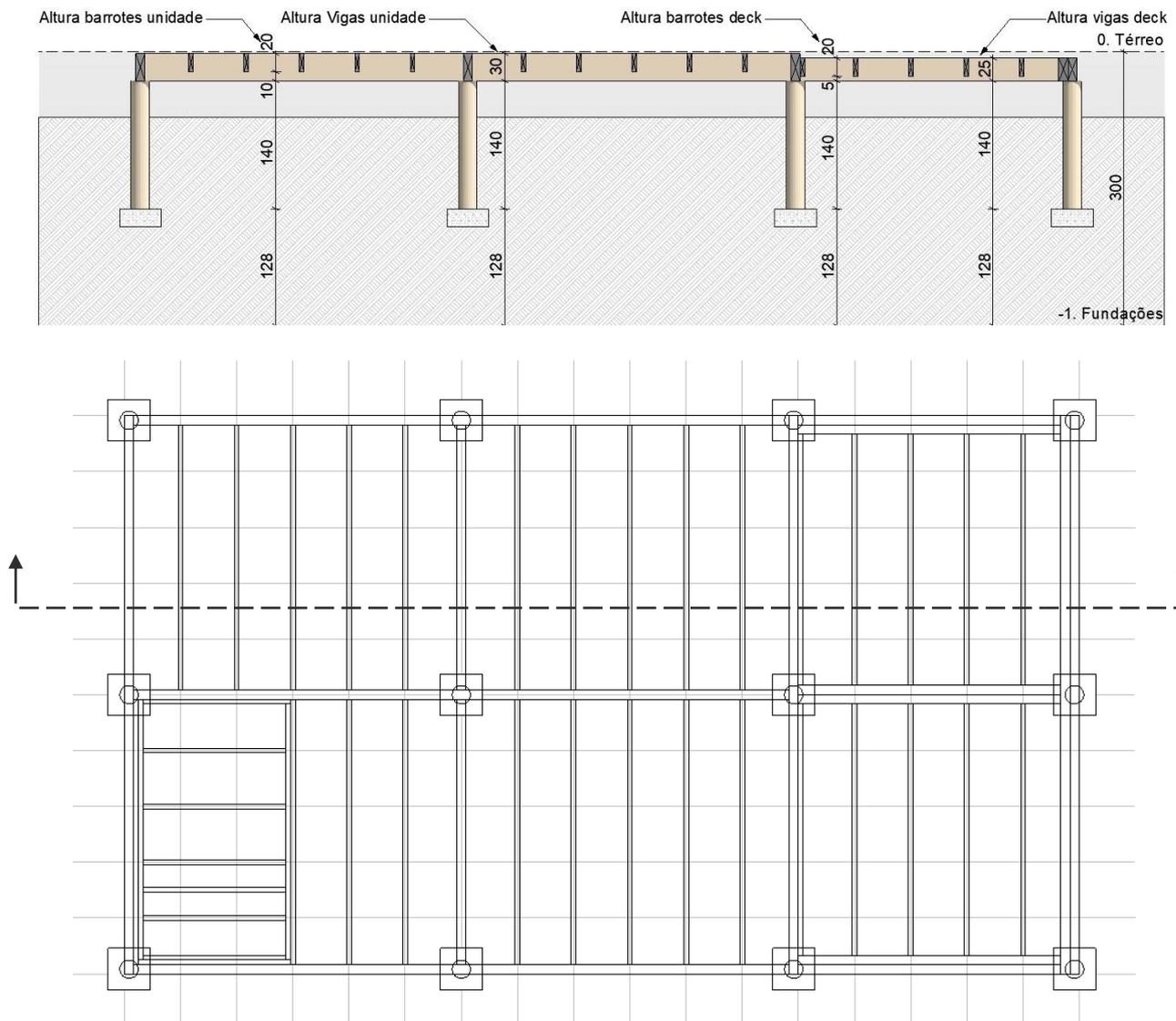


Fonte: CHING, 2010, 4.35, 4.4; CHING 2009, 102, 127.

Observação: Tabela apenas de referência para pré-lançamento; na finalização deste modelo o mesmo teve seu dimensionamento revisado nas vigas de piso e barrotos.

## 5.4 Barrotos Piso Térreo

Imagem 56: Corte e planta esquemática com a locação dos barrotos de fundação/deck



Para modelar os barrotes do piso térreo certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem -1**. **Fundações** e mantenha habilitada somente a **GRELHA C**, além da **Grelha 60x60** e o **vegetal 004 Barrotes Piso Térreo**. Os barrotes devem ser locados tendo como referência seu próprio eixo em relação a todos os eixos da GRELHA C (conforme imagem 56 ou conforme o modelo referência à esquerda do *template*). Para modelar os barrotes utilize o elemento **Viga**. Os mesmos terão 5 cm de largura e 20 cm de altura. Os barrotes do corpo da unidade estão indicados na grelha com linhas contínuas, já os barrotes do deck estão indicados na grelha com linhas tracejadas. Esta distinção, de maneira semelhante às vigas, existe devido a uma diferença de nível entre o interior da unidade e o deck, dado pelo valor do **Afastamento do Piso de Origem** dentro da aba **Viga**. Como composição utilize **Madeiramento - Tipo 1** (todas as informações a serem preenchidas constam nas imagens 57 a 60). **Para dimensionar barrotes utilize a tabela 5.4.1**. Nas imagens 57 e 59 atentar para o ponto que deve estar selecionado no **Eixo de Referência**.

Imagem 57: Definição barrotes de fundação - **Viga**

Imagem 58: Definição barrotes de fundação - **Segmento (material)**

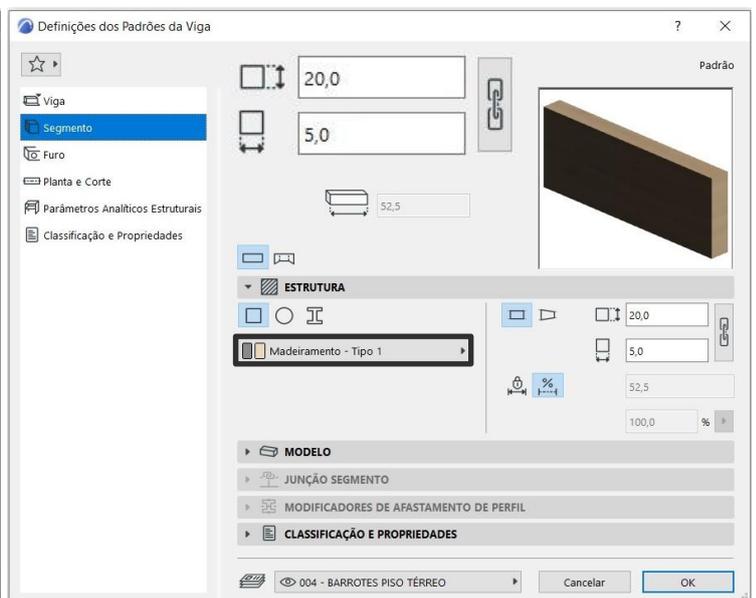
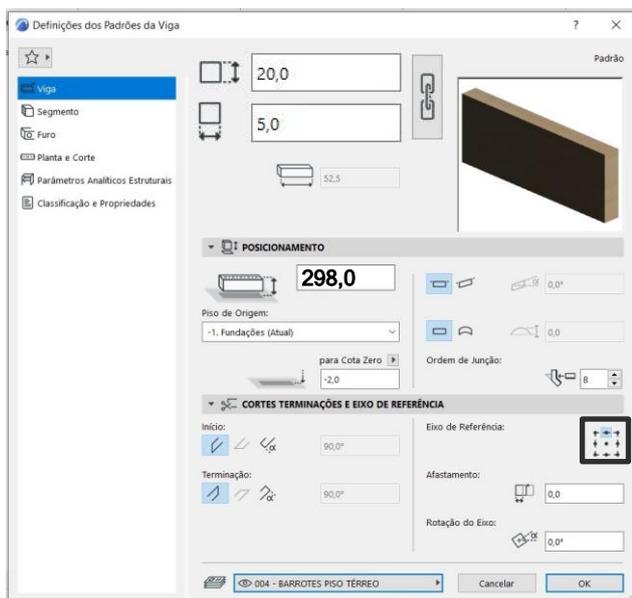
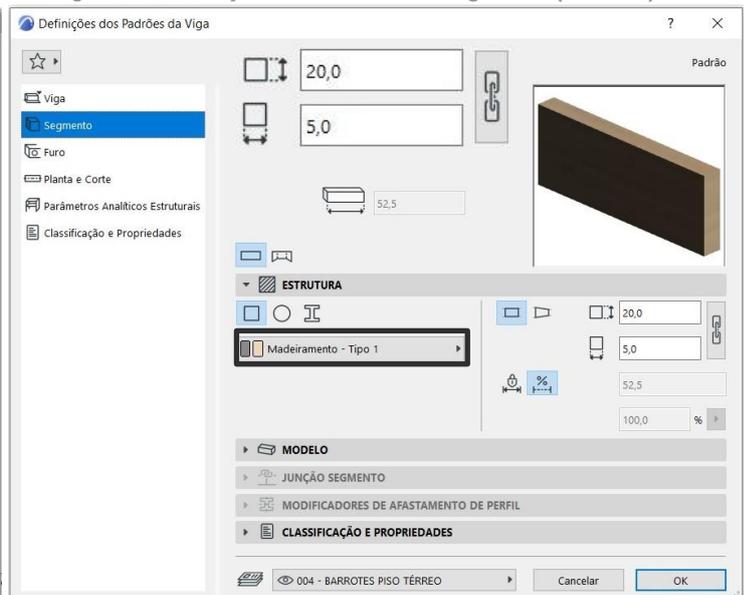
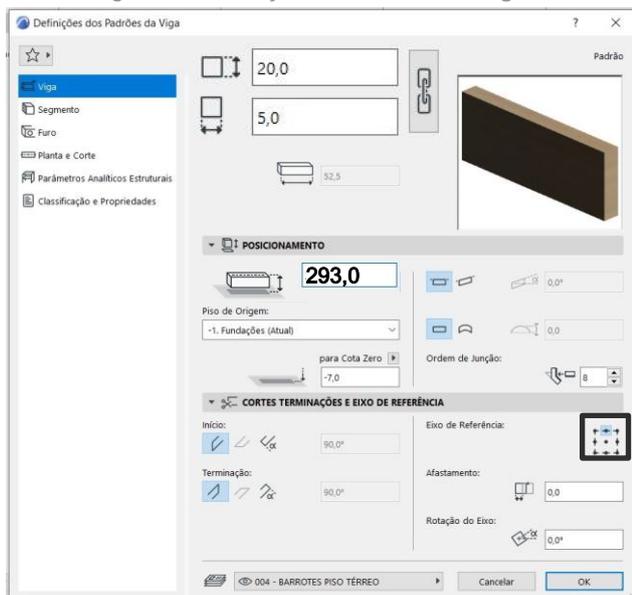


Imagem 59: Definição barrotes deck - **Viga**

Imagem 60: Definição barrotes deck - **Segmento (material)**



## 5.4.1 Pré-dimensionamento dos Barrotes

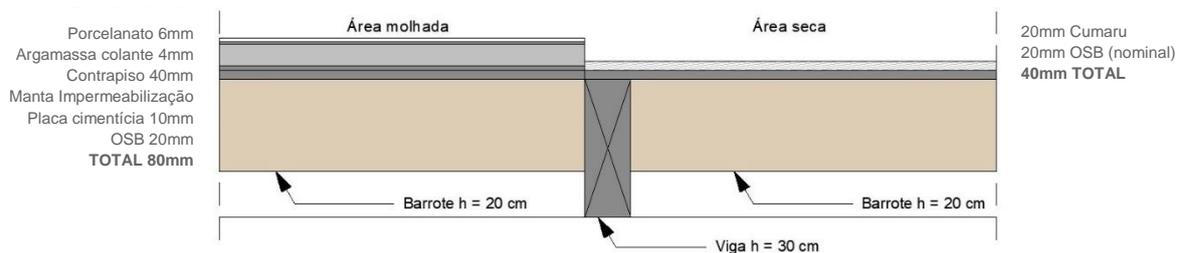
	THALLON		CHING (ou vão / 16)
	40	60	
 5x15	2,80m	2,46m	até 3,00m
 5x20	3,71m	3,10m	de 2,40 a 3,60m
 5x25	4,66m	3,81m	de 3,00 a 4,30m
 5x30	5,42	4,41	de 3,60 a 5,50m

Fonte: CHING, 2010, p.4,27; Medidas para Spruce Pine-fir #2 em Thallon, p. 32.

Observação: Tabela apenas de referência para pré-lançamento; na finalização deste modelo o mesmo teve seu dimensionamento revisado nas vigas de piso e barrotes.

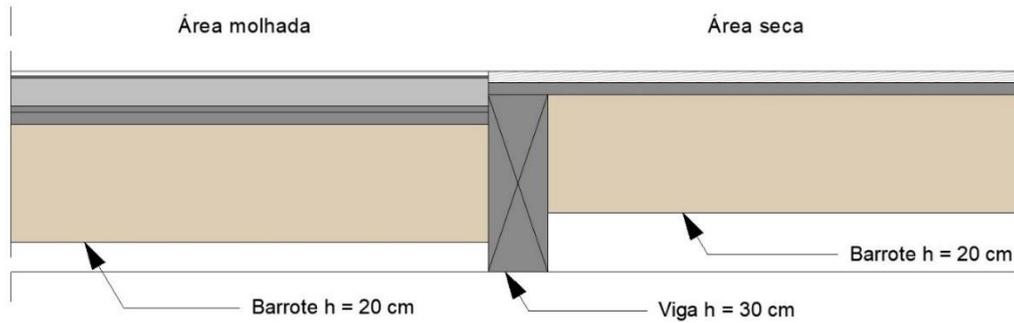
**Observação:** um ponto que deve ser previsto no lançamento da estrutura, é que após finalizado o esqueleto, o piso receberá materiais de isolamento/acabamento. Áreas secas: OSB (espessura de 20mm medida nominal) e um acabamento em madeira - neste modelo utilizou-se cumaru de 20mm, totalizando 40mm de espessura. Áreas molhadas, no entanto, além do OSB (20mm medida nominal), adota aqui uma solução que recebe ainda placa cimentícia (10mm), + manta impermeabilizante, um contrapiso com caimento no ambiente do banheiro em direção ao ralo de 1,5%, tendo 20mm no ponto mais baixo deste caimento. Na sequência é colocada a argamassa colante (4mm), e o porcelanato (6mm), resultando em um piso com 80mm de espessura dentro da área molhada. Isto resultará em uma diferença de nível de 40mm entre áreas seca e molhada, conforme pode ser observado na imagem 61.

Imagem 61: Diferença no nível de piso entre áreas seca e molhada



No caso de desnível uma possível solução para esta questão é baixar o nível somente dos barrotes dentro da área molhada em 40mm. As vigas desta unidade possuem 30 cm de altura e os barrotes 20 cm, permitindo uma diferença de 10 cm - medida suficiente para fazer o ajuste necessário, conforme demonstra a imagem 62. Caso esta solução não seja possível, também pode-se deslocar os barrotes (e se necessário aumentar a altura das vigas) dentro da área molhada até que os pisos sejam nivelados.

Imagem 62: Nivelamento do piso áreas seca e molhada



Outro aspecto que deve ser verificado dentro das áreas molhadas ao baixar o nível dos barrotes são os pontos de fixação das chapas de OSB em todo o perímetro do ambiente. Pode-se, neste caso, acrescentar barrotes extras nas extremidades, conforme demonstra a sequência de esquemas nas imagens a seguir. Importante: na parede externa (com montantes de 15 cm de largura) recomenda-se acrescentar um barrote com a mesma h da viga visando atingir a mesma espessura da parede (ver imagem 95).

Imagem 63: Solução convencional de fixação das chapas de OSB

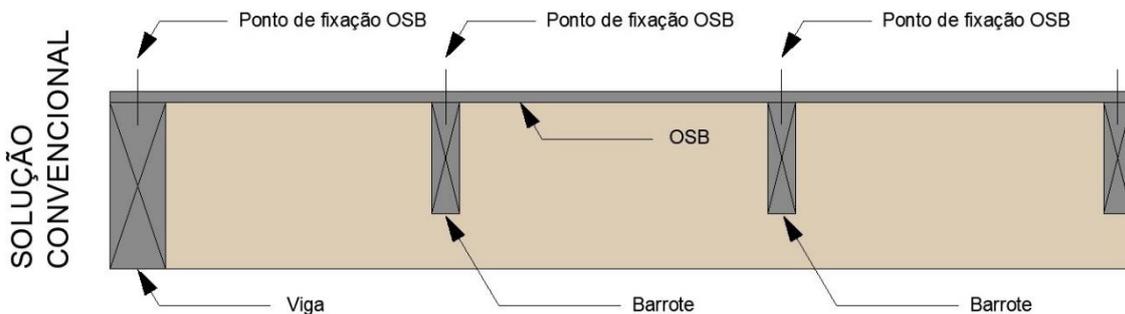


Imagem 64: Rebaixamento dos barrotes dentro do perímetro do banheiro

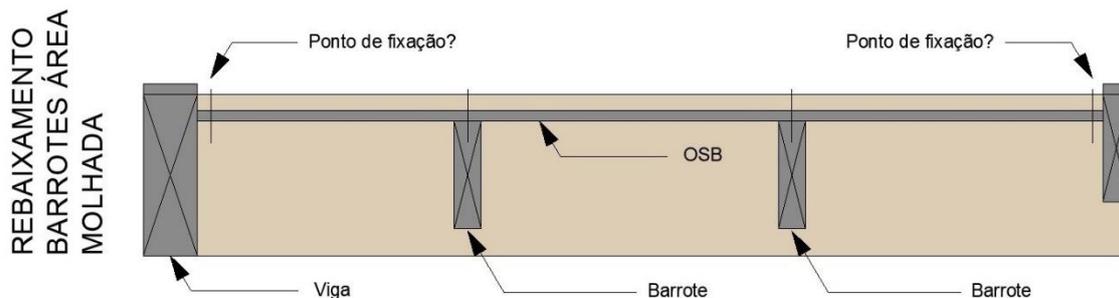
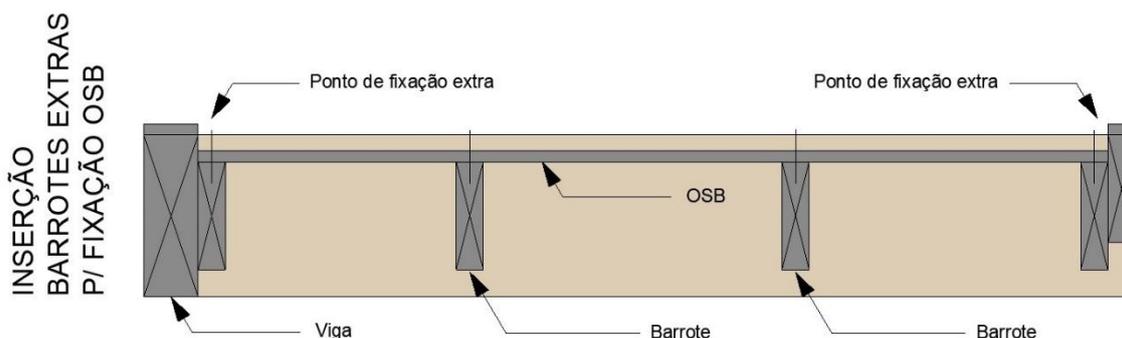
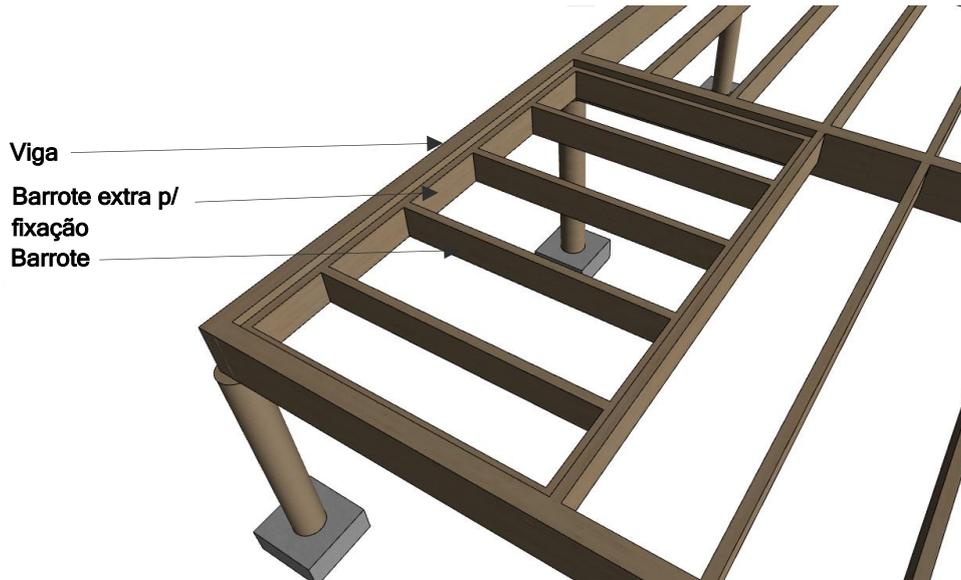


Imagem 65: Solução proposta para fixação dos barrotes dentro do perímetro do banheiro



A imagem a seguir demonstra em perspectiva o resultado da inserção dos pontos de fixação em todo o perímetro da área a ser ocupada pelo banheiro.

Imagem 66: Solução proposta para fixação dos OSBs dentro do perímetro da área molhada



## 5.5 Chapas OSB Piso Térreo

Para modelar as chapas de OSB a serem fixadas sobre a estrutura do piso térreo certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem -1. Fundações** e mantenha habilitada a **Grelha 60x60** e os **vegetais de 001 a 005**. As chapas de OSB serão fixadas somente sobre o perímetro da unidade. O deck externo, neste caso, não tem a necessidade de ser coberto com OSB, pode-se utilizar o madeiramento para deck diretamente sobre a estrutura, mantendo um espaçamento mínimo entre as ripas para o escoamento da água da chuva. Para modelar as chapas utilize o elemento **Laje**. As chapas têm uma dimensão padrão de **120 cm** de largura, **240 cm** de comprimento e **18 mm** de altura - que serão aqui arredondados para **20 mm** (medida nominal). As chapas devem ser locadas de maneira intercalada uma em relação a outra, conforme demonstrado na imagem 69, sempre verificando se suas extremidades estão sobre o eixo de vigas ou barrotes para sua fixação. Como composição utilize **OSB**. Verifique as informações que devem ser preenchidas nas definições do elemento na imagem 67 para as chapas que estão sobre a área seca da unidade, e na imagem 68 para aquelas que estão dentro da área molhada da unidade.

Imagem 67: Definições OSBs área seca da unidade

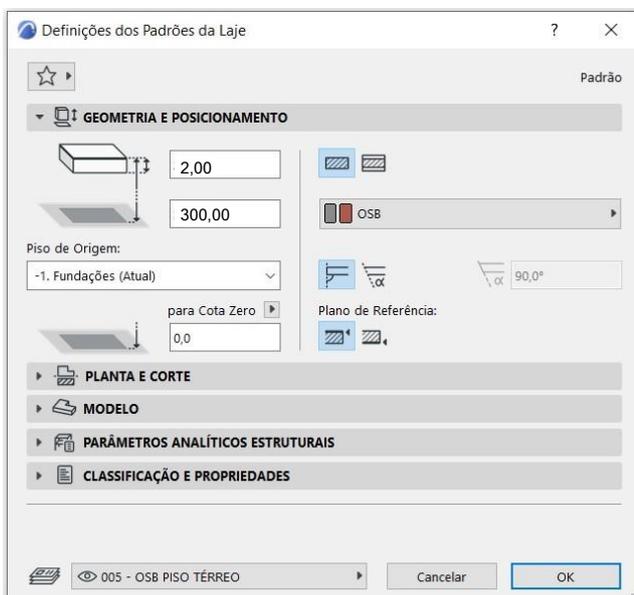


Imagem 68: Definições OSBs área molhada da unidade

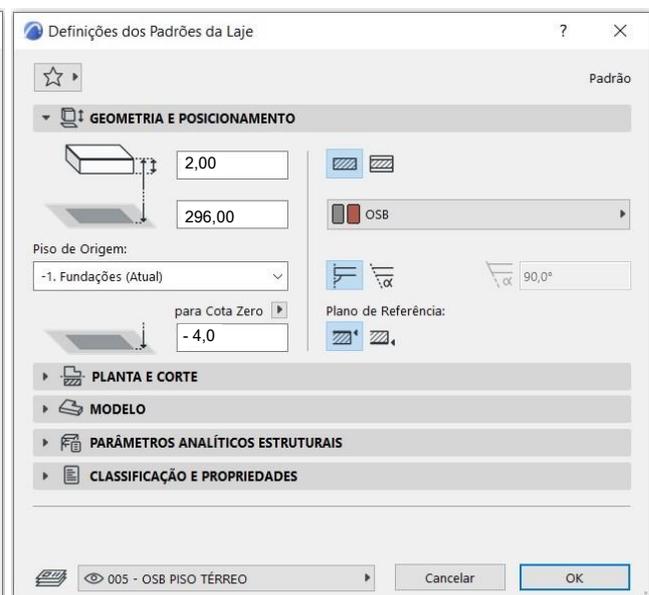
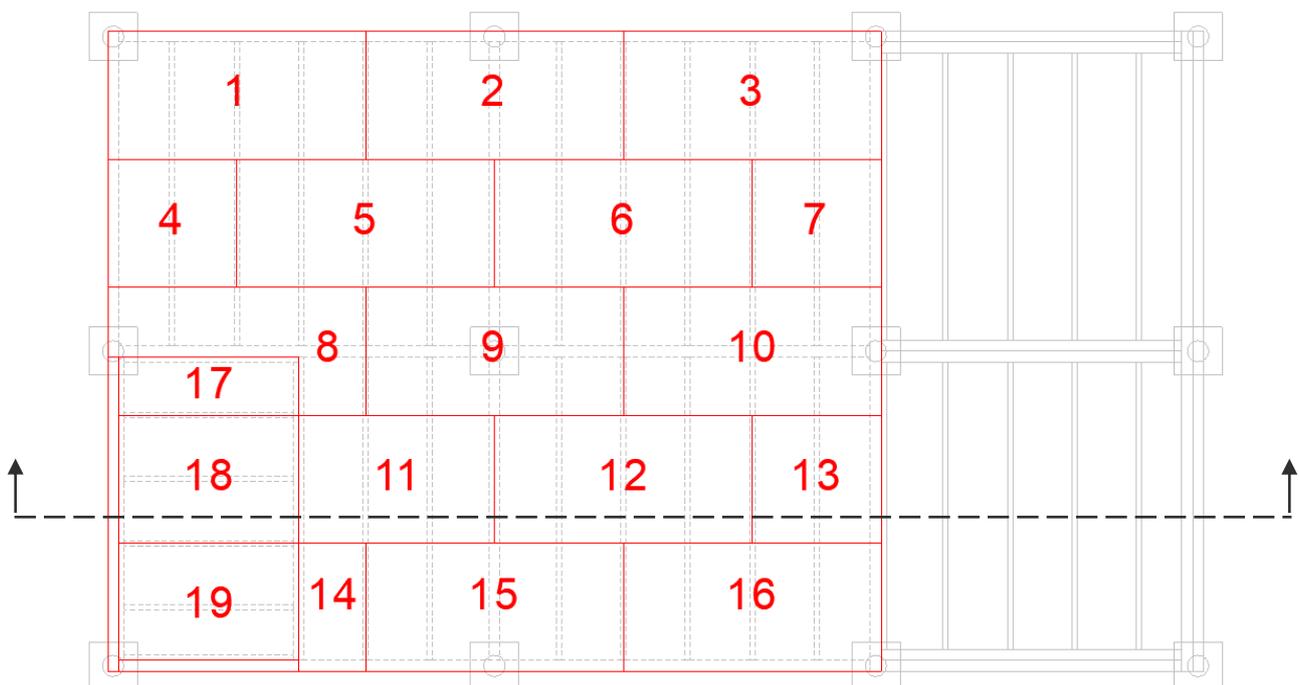
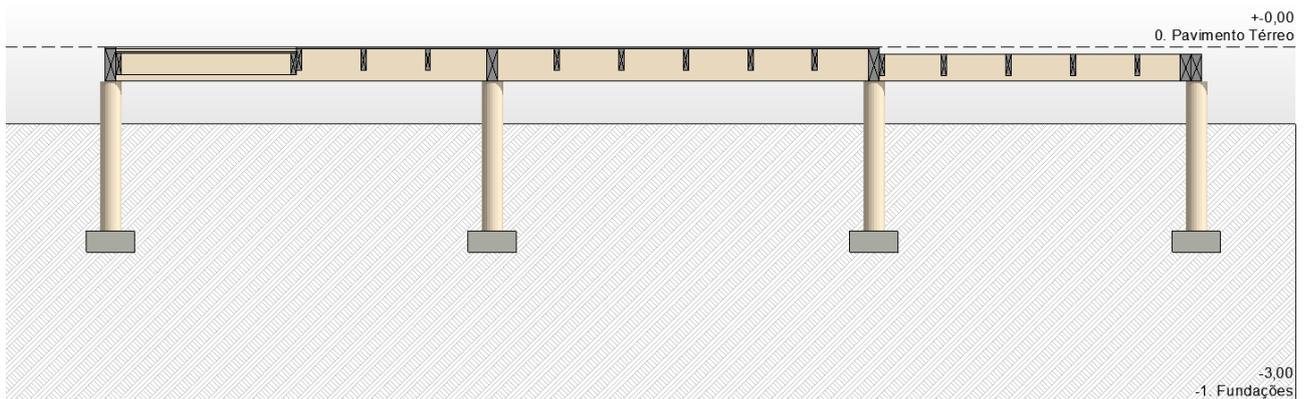


Imagem 69: Corte esquemático e disposição chapas OSB em planta - destaque para vigas e barrotes em tracejados revelando os pontos de fixação nos encontros das chapas



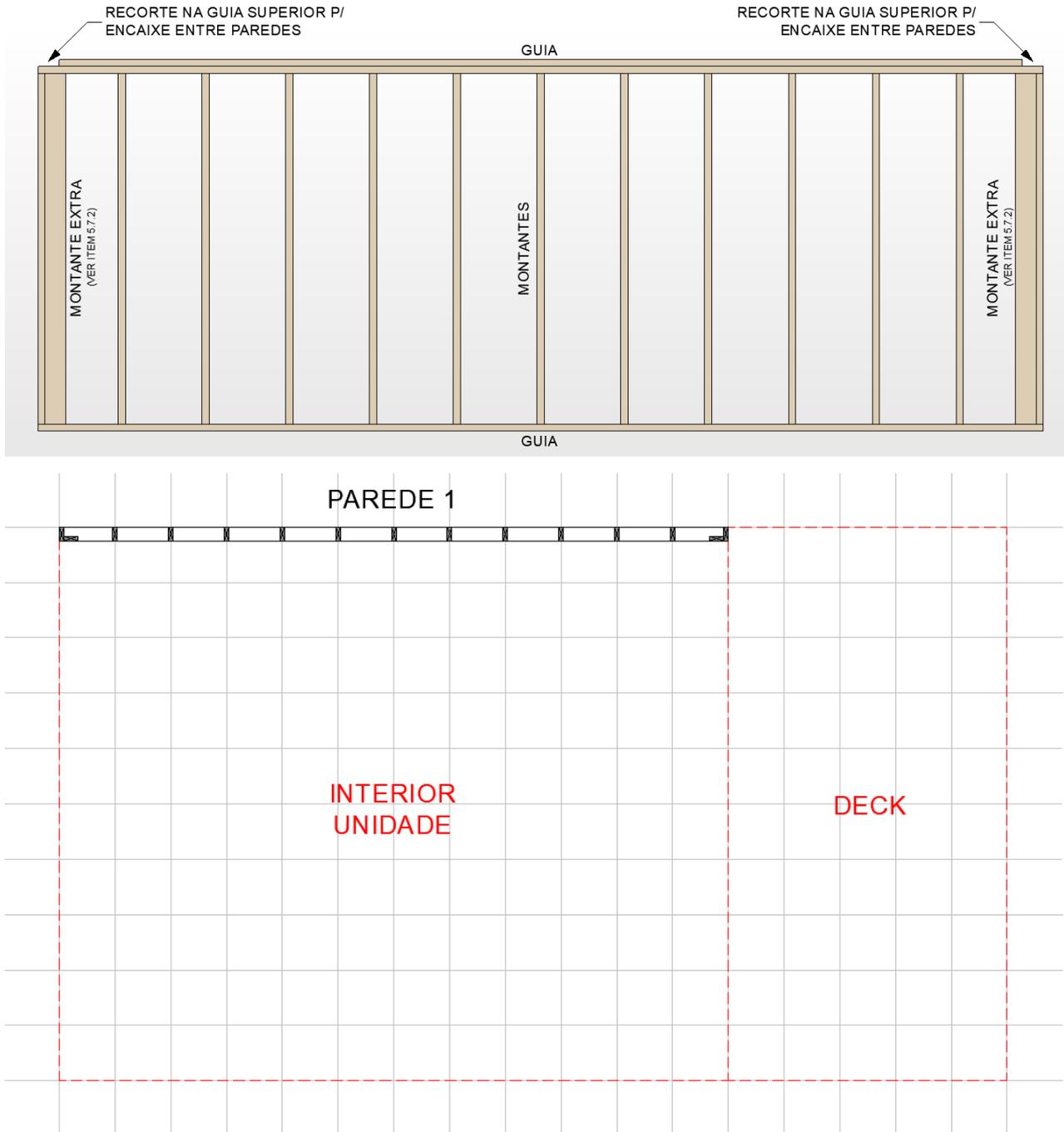
**Dica:** modele a primeira chapa de OSB e cubra o restante da área através dos comandos de multiplicação e edição da forma presentes dentro da paleta flutuante do ArchiCAD (adição e/ou subtração). A numeração acima destina-se apenas a uma melhor visualização da disposição das chapas aplicada neste exercício. Não esqueça de cobrir com OSB também as vigas que ficaram expostas após o rebaixamento dos barrotes no BWC.

## 5.6 Estrutura Parede 1 Térreo

Na técnica construtiva *woodframe* a estrutura padrão de uma parede é composta por elementos de madeira de 5x10 ou 5x15 cm (medidas nominais), de acordo com o número de pavimentos e cobertura que irá sustentar - ver tabela 5.6.1. Estes elementos se dividem em: guias horizontais - sendo uma na parte inferior e duas na parte superior da parede; e montantes verticais espaçados a cada 60 cm (ver item 5.6.1); e por fim, vergas, contra-vergas e umbrais quando há portas ou janelas. A imagem a seguir representa a estrutura da parede 1 do pavimento térreo, demonstrando a estrutura de uma parede convencional, sem esquadrias.

**Dica:** habilite o pavimento de fundações como rastreamento para visualizar as relações entre a estrutura da parede com as vigas/barrotes de fundação.

Imagem 70: Estrutura da parede 1 do térreo em elevação e em planta



**Observação:** destaque para o recorte realizado na guia superior que servirá para o encaixe e fixação entre paredes. Recorte = 10 ou 15 cm - de acordo com a espessura da parede.

Para modelar a estrutura da Parede 1 certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem 0. Pavimento Térreo** e mantenha habilitada somente a **GRELHA D**, além da grelha 60x60 e o vegetal 006 **Estrutura Parede 1 Térreo**. As guias devem ser locadas tendo como limite as linhas externas da grelha D. Já os montantes devem ser locados tendo como referência seu próprio centro e dispostos a cada 60 cm conforme indica a grelha. Para modelar as guias utilize o elemento **Viga** e para modelar os montantes utilize o elemento **Pilar**, preenchendo as informações destacadas nas definições dos elementos conforme as imagens 71 a 76. Como composições utilize **Madeiramento Tipo 2** para a guia inferior e a guia superior 1, e **Madeiramento Tipo 1** para os montantes e a guia superior 2. Não esqueça de fazer o recorte de 15 cm na guia superior 2 conforme indicado na imagem 70.



Imagem 75: Definições Montantes - Pilar

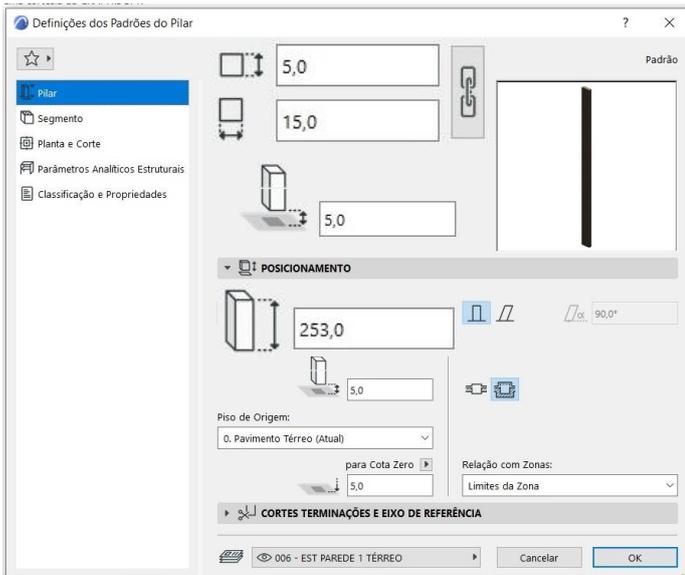
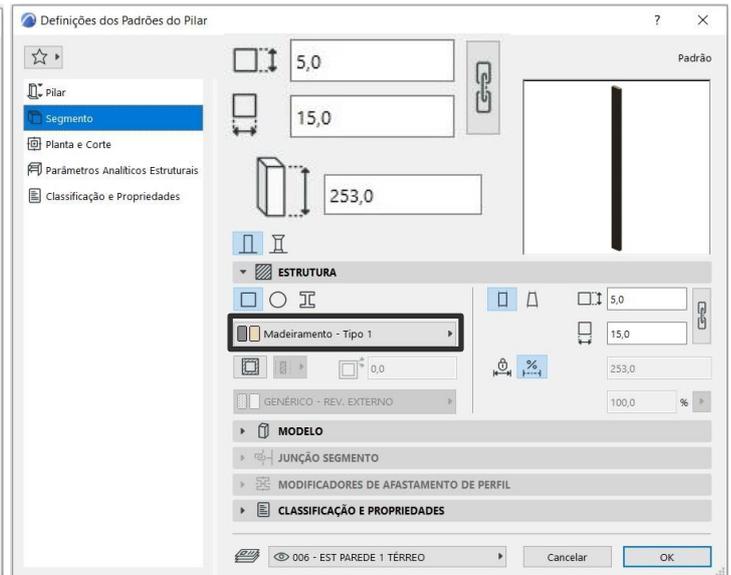
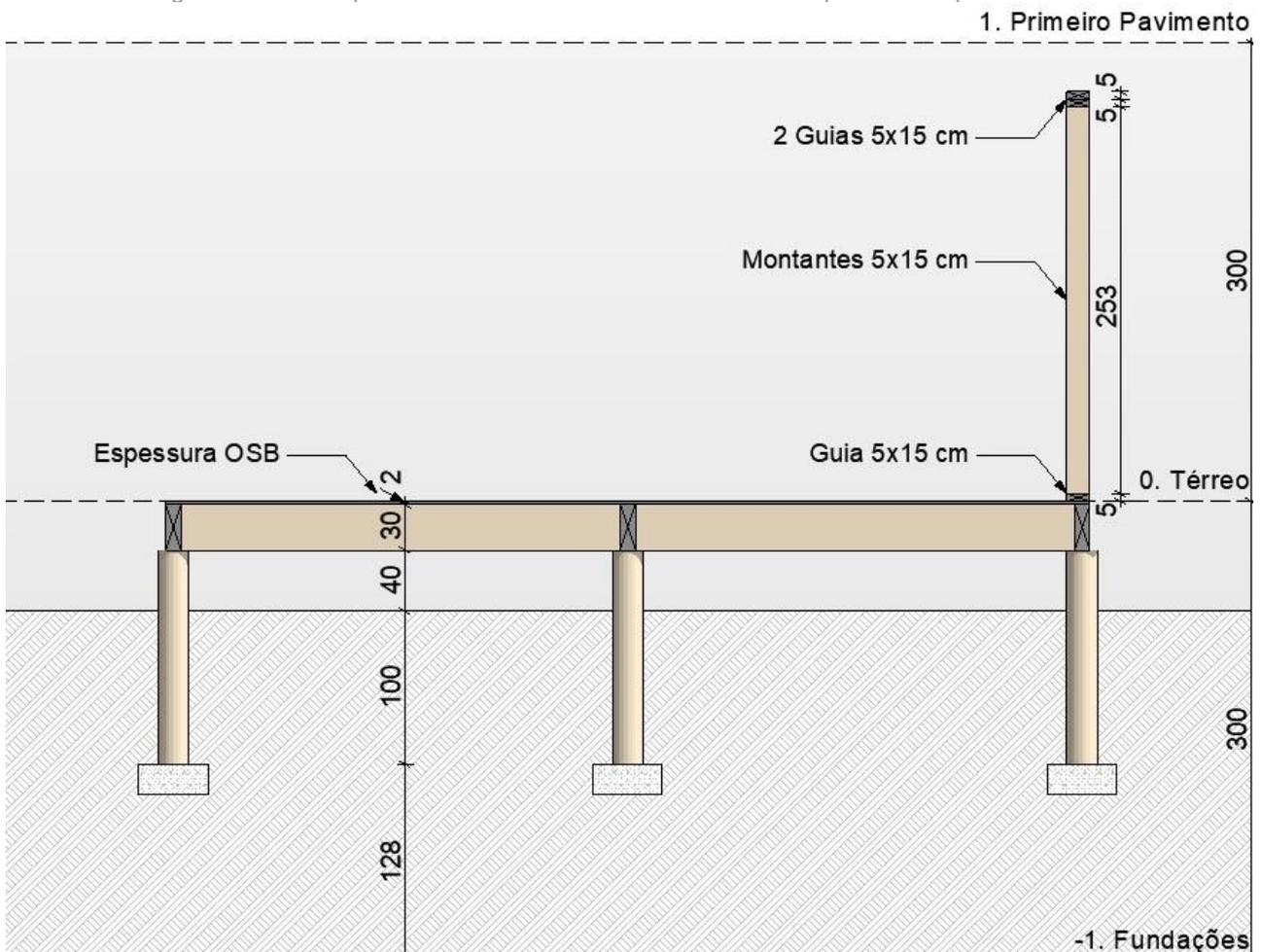


Imagem 76: Definições Montantes - Segmento (material)

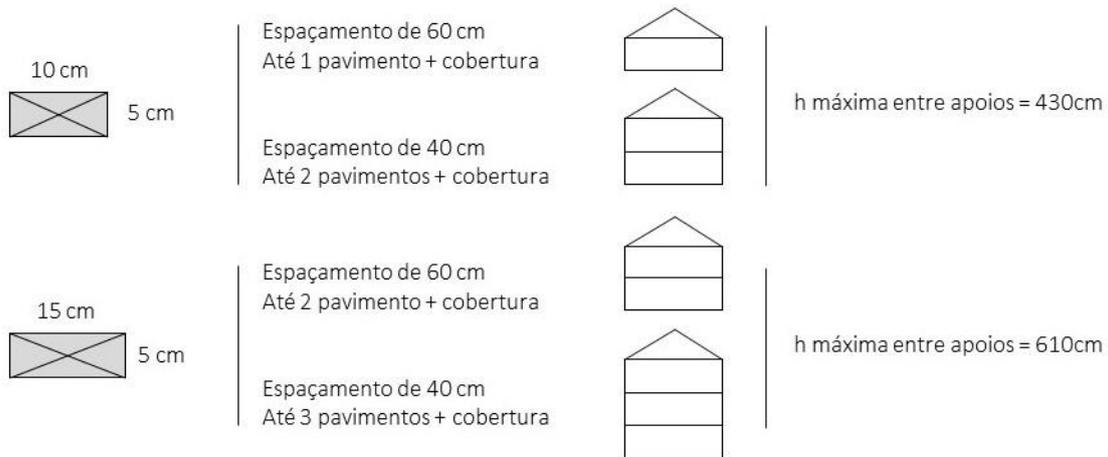


**Observação:** para que em planta a representação do pilar (montante parede) seja gerada de maneira correta (com o X que simboliza madeira cortada), certifique-se que dentro das definições do elemento, na aba **PLANTA E CORTE** > **VISUALIZAÇÃO EM PLANTA** > **Visualização em Planta** esteja selecionada uma das opções **Vista e Corte**, **Vista**, **Corte e Projeção** ou **Corte Simbólico**; e dentro da aba **Símbolo em Planta** > **Tipo de Símbolo** esteja selecionada a opção **X**.

Imagem 77: corte esquemático com as dimensões da estrutura da parede 1 do pavimento térreo



## 5.6.1 Seção dos montantes



Fonte: CHING, 2010, p.5.42, CHING 2010, 169.

Modelada a estrutura da parede 1 do térreo, ative o vegetal 007 para habilitar a estrutura da parede 2, para prosseguir para o próximo passo: modelagem da estrutura da parede 3. Verifique através do 3D que na estrutura da parede 2 do térreo a guia inferior da parede foi cortada na soleira da porta.

## 5.7 Estrutura Parede 3 Térreo

Esta parede possui duas janelas, portanto deve-se utilizar umbrais nas laterais das aberturas, pois estes servirão como apoio para as vergas na parte superior e para as contra-vergas na parte inferior das janelas, conforme pode ser observado na imagem abaixo.

Imagem 78: Estrutura da parede 3 do térreo em elevação e planta

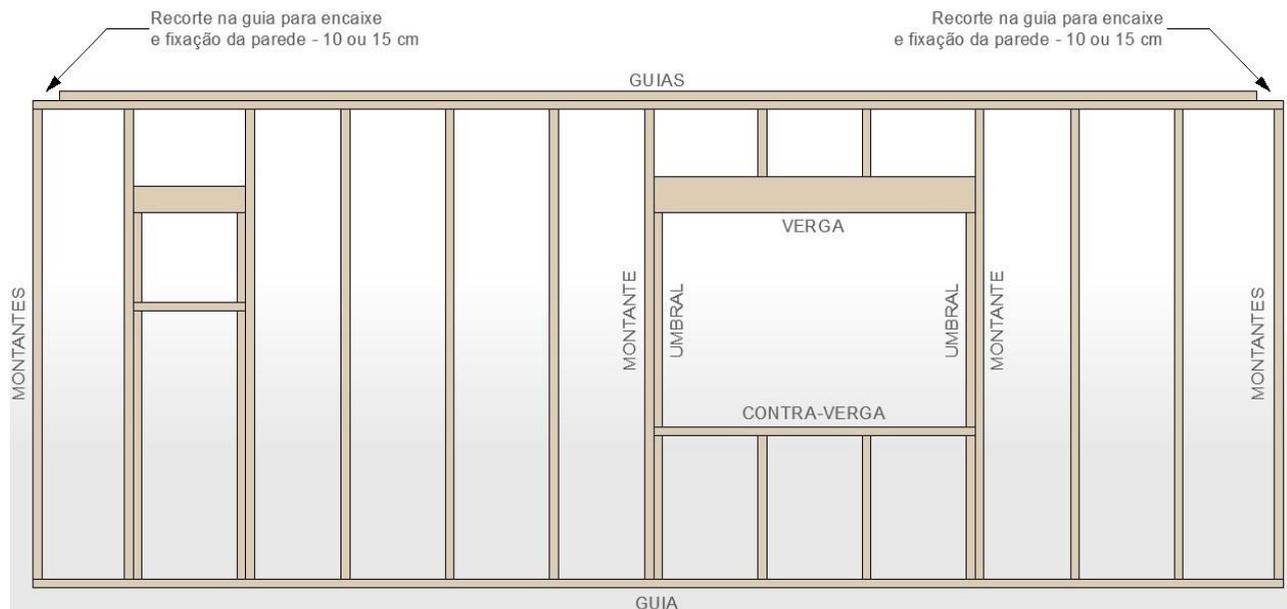






Imagem 83: Definições Montantes - Pilar

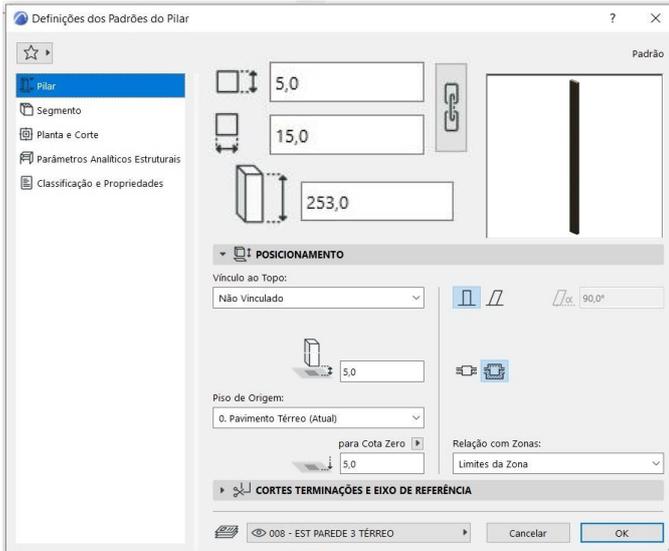


Imagem 84: Definições Montantes - Segmento (material)

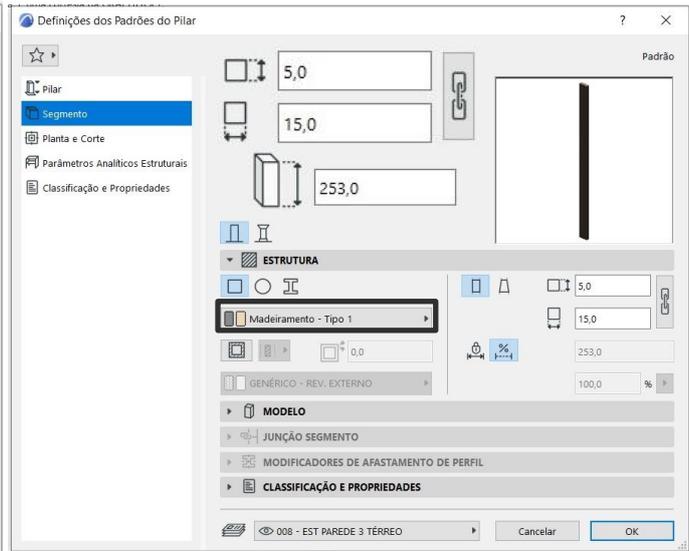


Imagem 85: Definições contra-verga janela grande

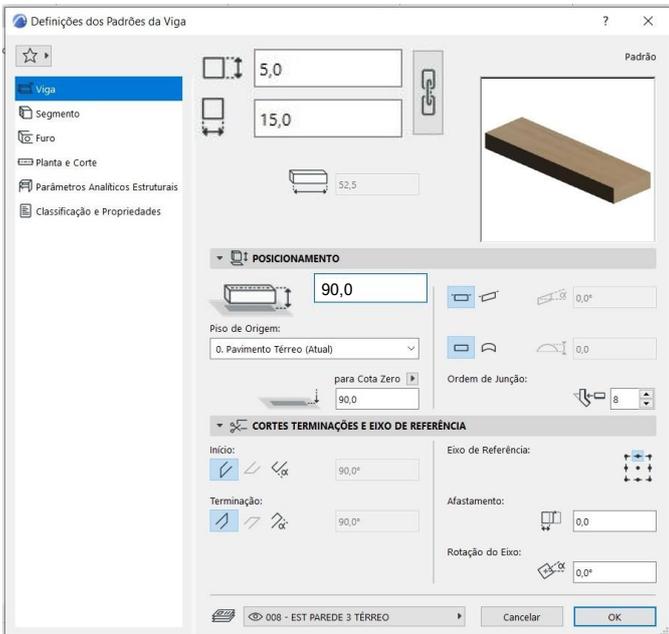


Imagem 86: Definições verga janela grande

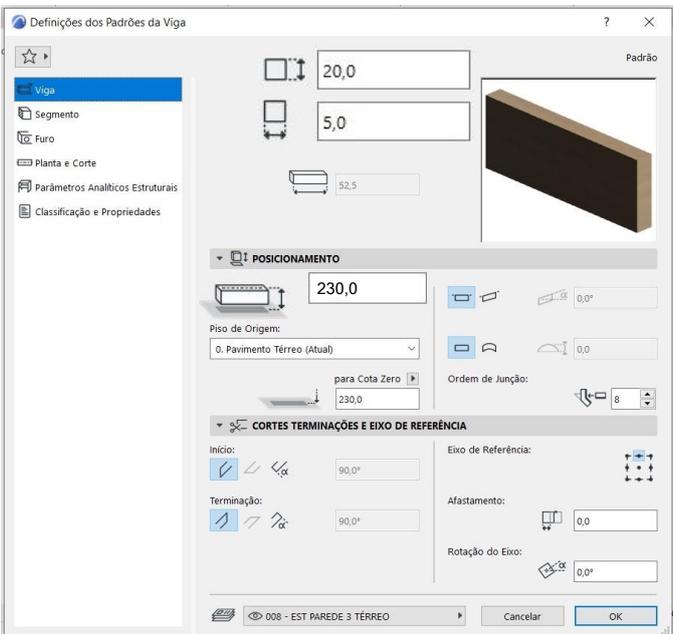


Imagem 87: Definições contra-verga janela pequena

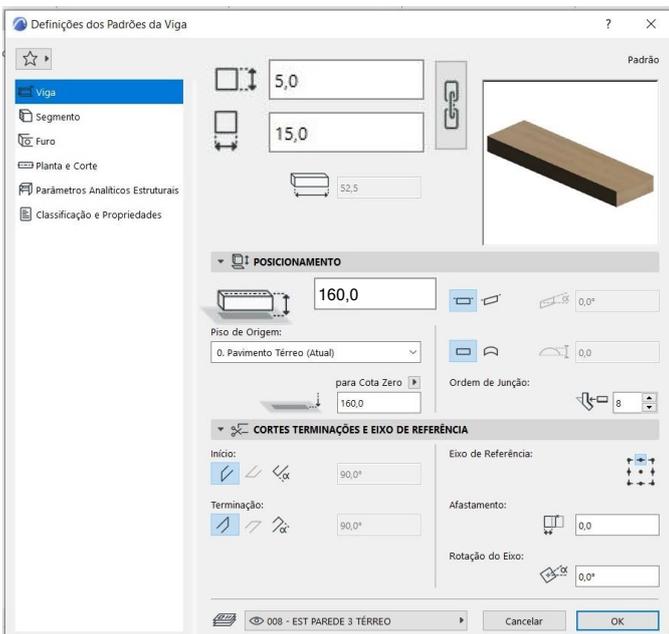


Imagem 88: Definições verga janela pequena

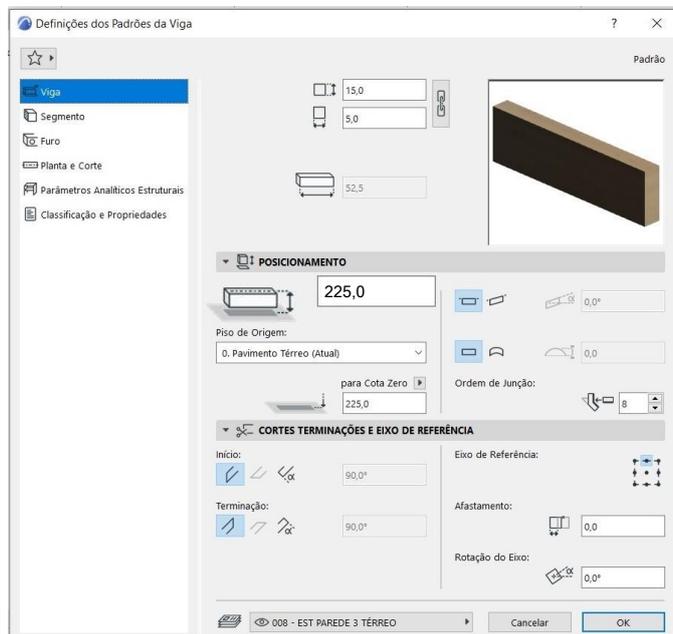
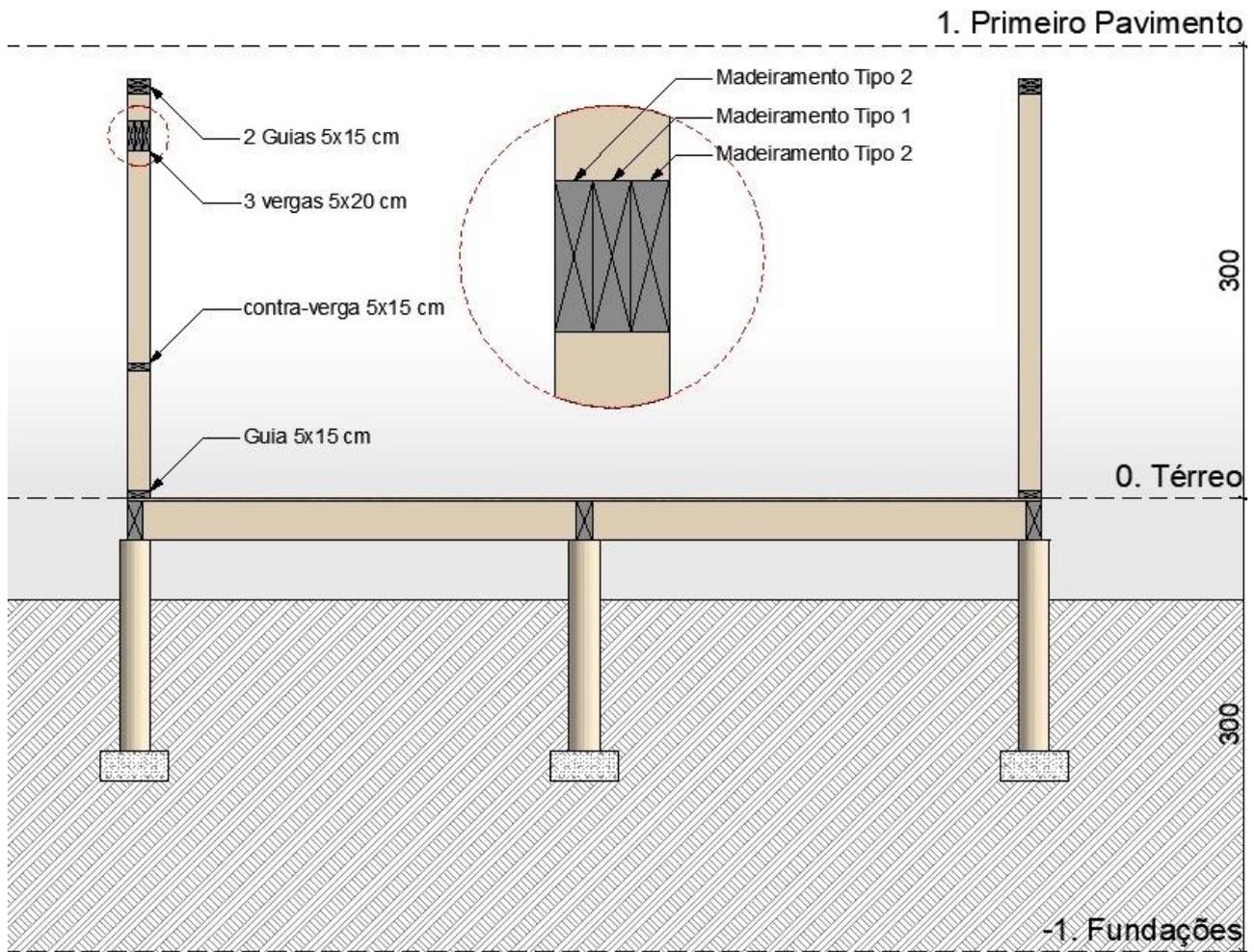
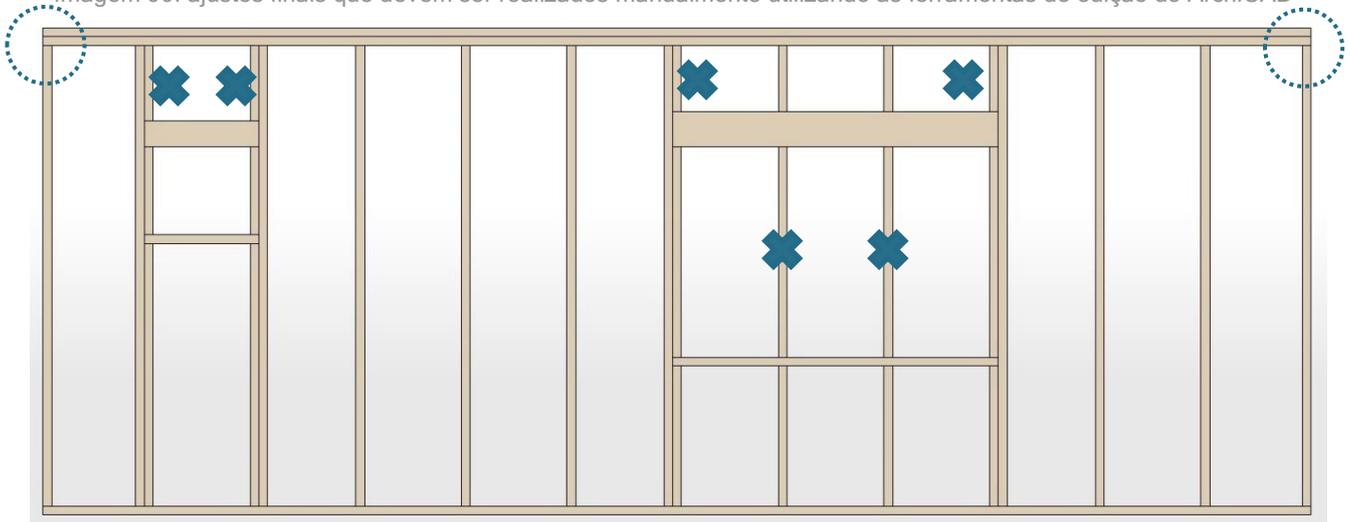


Imagem 89: corte esquemático com as dimensões da estrutura da parede 3 do pavimento térreo e detalhe disposição das vergas na janela grande



Nesta etapa do exercício, se seguidas as definições propostas, a estrutura da parede 3 deve estar conforme demonstra a imagem a seguir. Por fim, utilizando as ferramentas de edição do ArchiCAD, realize manualmente (na visualização em 3D) o corte de 15 cm para o encaixe com as outras paredes, e também corte os montantes entre vergas e contra vergas, e o umbral na parte superior das vergas, conforme indicado na imagem abaixo. O resultado final pode ser observado na imagem 78.

Imagem 90: ajustes finais que devem ser realizados manualmente utilizando as ferramentas de edição do ArchiCAD



### 5.7.1 Altura das vergas

					
	2 ou 3x (5x10)	2 ou 3x (5x15)	2 ou 3x (5x20)	2 ou 3x (5x25)	2 ou 3x (5x30)
Cobertura	120	120 a 180	180 a 240	240 a 300	300 a 360
1º Pavimento		120	120 a 180	180 a 240	240 a 300

Fonte: CHING, 2010, p.5.45. Para vão maiores calcular como viga

Observação: As vergas são duplicadas (2x) nas paredes com 10 cm de espessura e opcionalmente triplicadas (3x) nas paredes com 15 cm de espessura.

### 5.7.2 Cantos e encontros de paredes

Imagem 91: Detalhe posicionamento montantes no canto e encontro de paredes

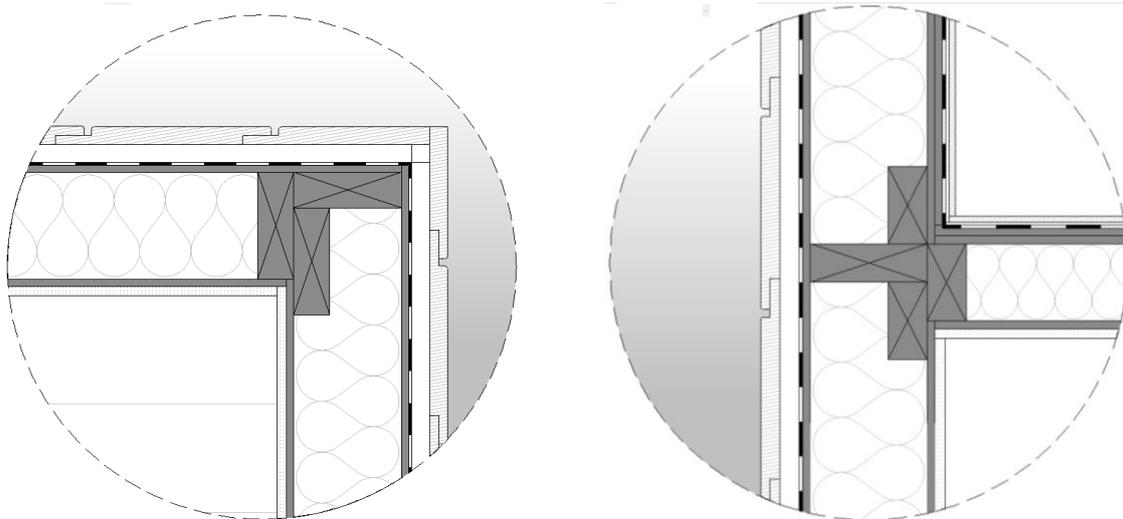
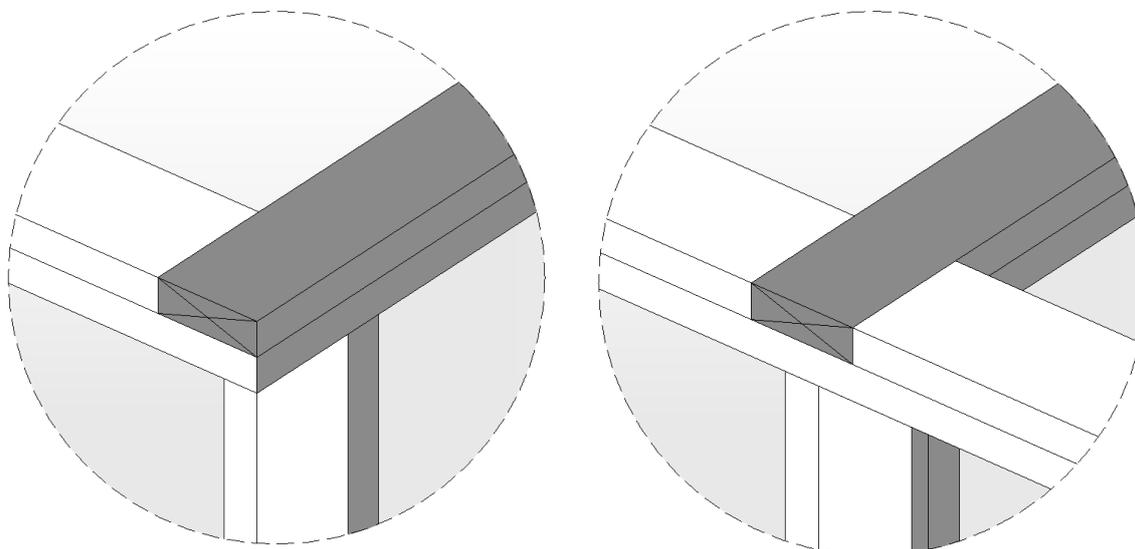
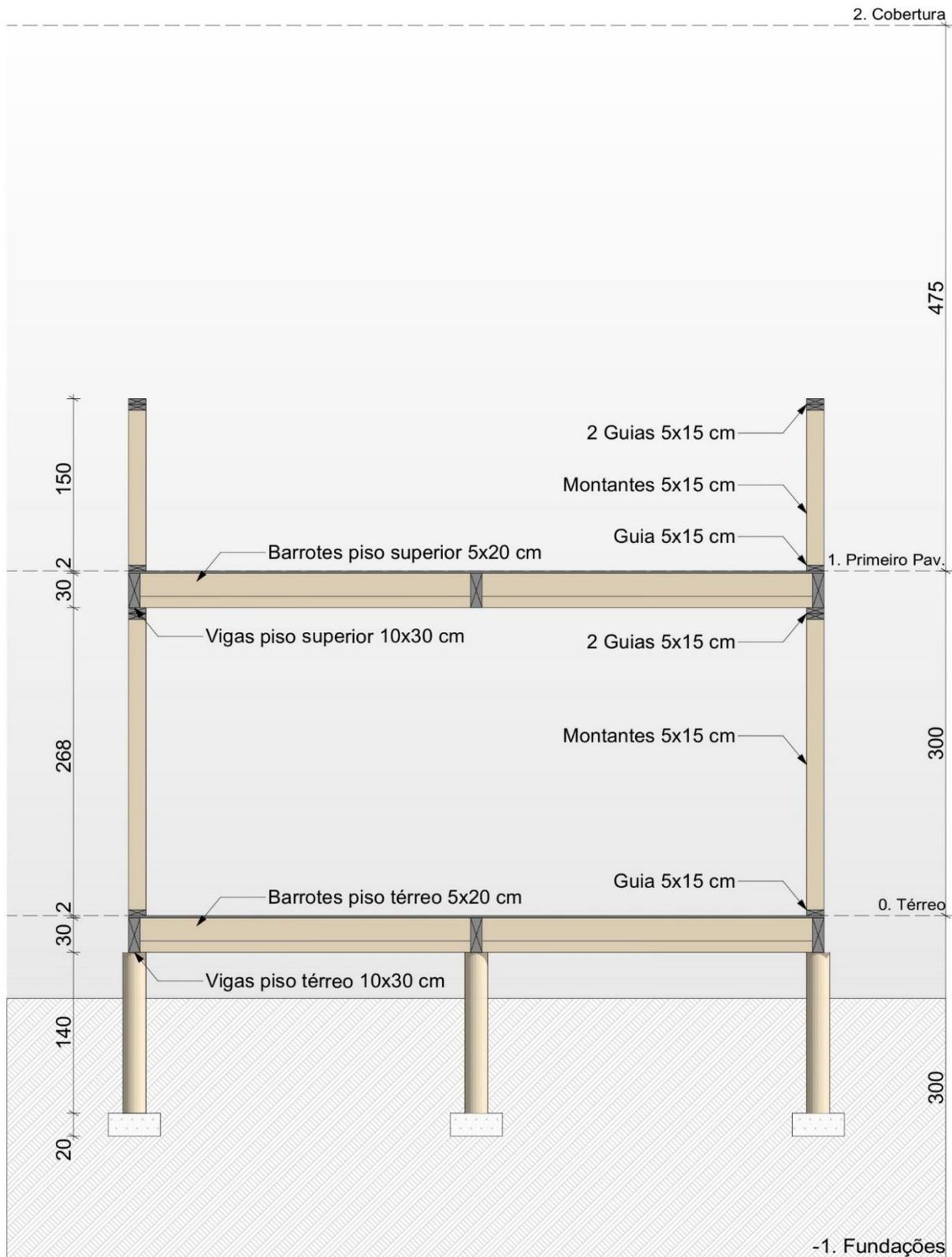


Imagem 92: Detalhe de encaixe das guias superiores em encontro de paredes



Uma vez que nesta etapa já foram obtidos conhecimentos sobre fundações, pisos e paredes, na perspectiva 3D ative os vegetais de 001 a 016 para habilitar as estruturas das demais paredes do térreo e do pavimento superior, bem como a estrutura do piso superior para visualizar a montagem até este ponto do exercício. **Verifique na estrutura do piso do pavimento superior que no perímetro do vão da escada deve-se utilizar vigas (CHING, 2010, 4.31).** A imagem a seguir representa um corte esquemático com as demais partes da estrutura habilitadas, e a compreensão de suas dimensões.

Imagem 93: corte esquemático com o piso e as paredes superiores habilitados



**Observação:** Um detalhe que deve ser observado ao habilitar as estruturas das demais paredes do térreo, é que ao baixar os barrote dentro do perímetro da área do banheiro para nivelar os pisos entre as áreas molhada e seca ocorre uma perda de continuidade de OSB de piso, como pode ser observado na imagem 94. Uma possível solução para isto (conforme mencionado na página 33) é acrescentar uma peça em madeira para preenchimento. Assim, se aumenta a sustentação da estrutura das paredes acima e possibilita-se a fixação dos materiais, conforme demonstra a imagem 95.

Imagem 94: corte esquemático encontro parede e piso - somente estrutura

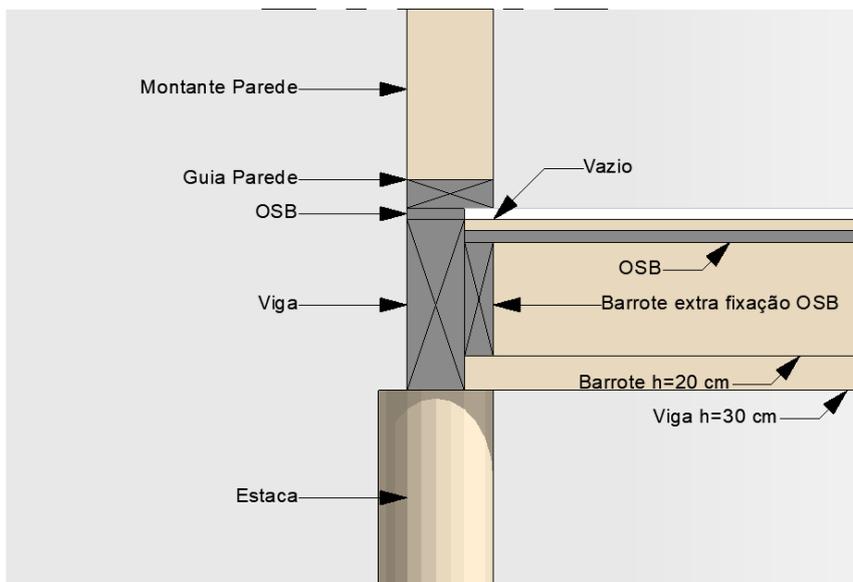
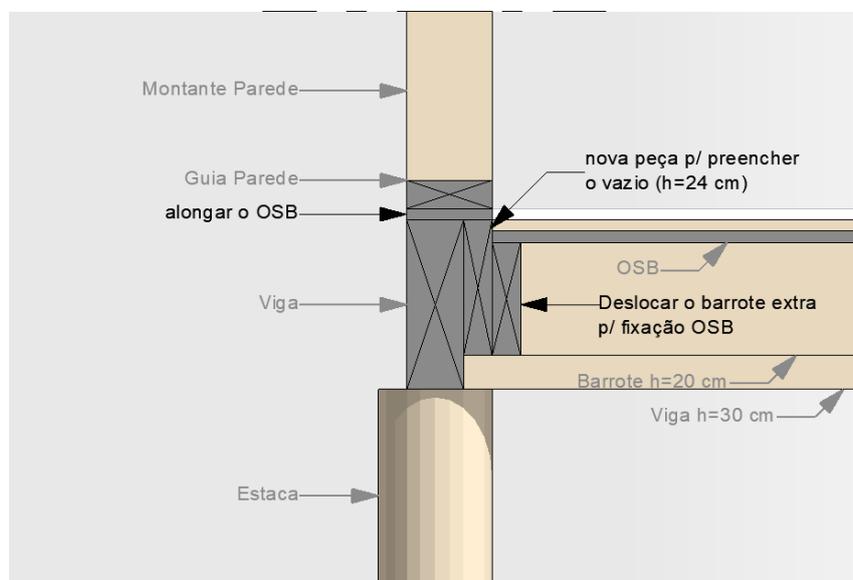


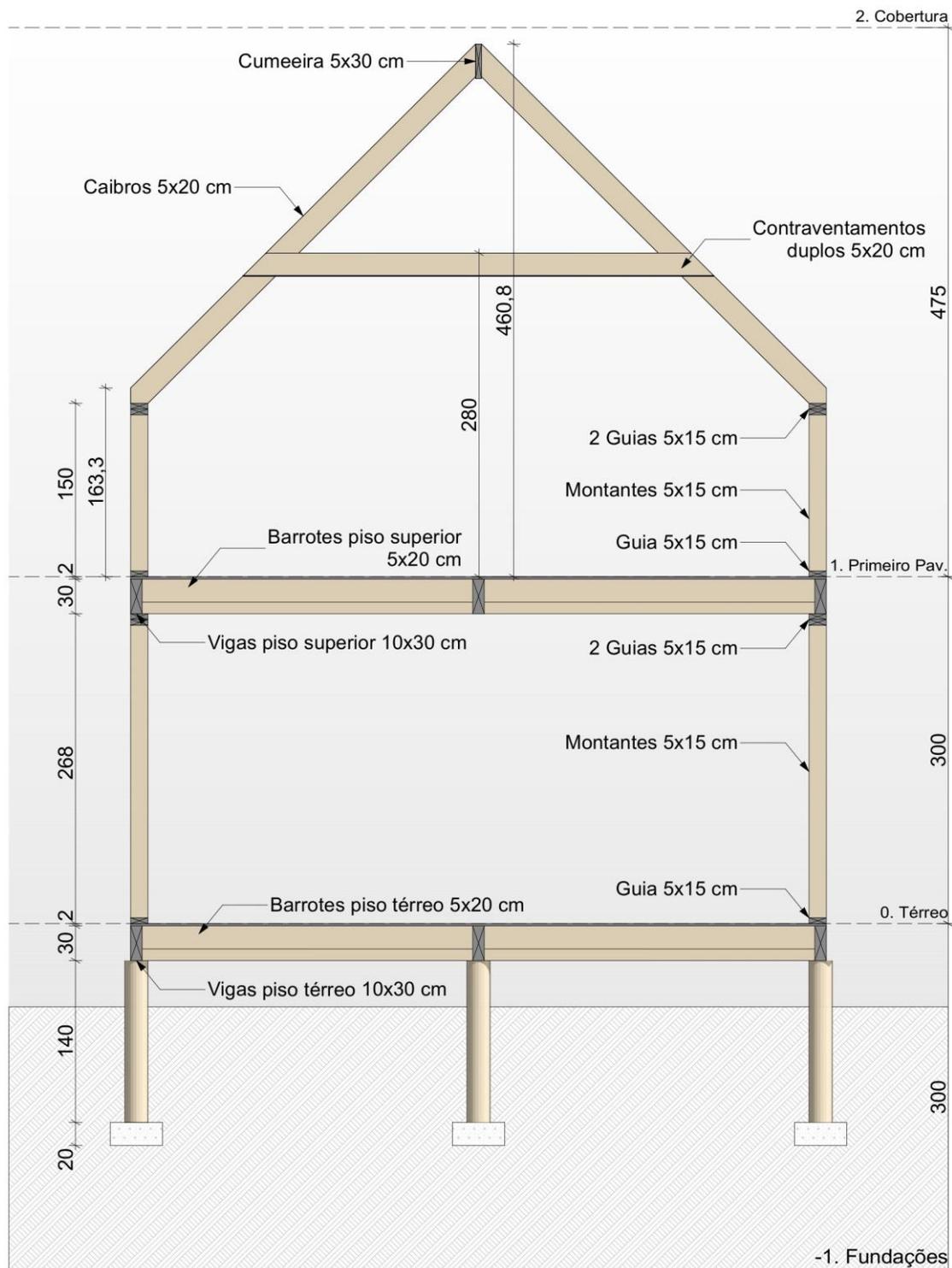
Imagem 95: corte esquemático solução proposta para encontro parede e piso



## 5.8 Estrutura da Cobertura

A estrutura da cobertura desta unidade é composta por três elementos: caibros, travessas de contraventamento, e uma peça de cumeeira. A partir deste ponto trabalhe no **piso de origem 1. Primeiro Pavimento**, uma vez que o pavimento superior e a cobertura dividem o mesmo espaço.

Imagem 96: Corte Esquemático estrutura completa



Para modelar os elementos da cobertura certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem 1. Primeiro Pavimento** e mantenha habilitados os **vegetais de 013 a 017**, a **GRELHA F** e a **Grelha 60x60**. Os caibros devem ser locados tendo como referência seu centro em relação as linhas tracejadas da grelha. As travessas de contraventamento possuem uma indicação específica. Elas são duplas, ou seja, deve ser fixada uma travessa em cada lado dos caibros. Por fim, a viga de cumeeira deve ser locada tendo como referência seu centro em relação ao eixo central da cobertura. Para modelar os caibros, travessas e a viga de cumeeira utilize o elemento **Viga** e como composição **Madeiramento Tipo 1**. Para modelar os caibros a única diferença é que dentro das definições do elemento habilita-se a opção **inclinado** e atribui-se um valor de **45°** para esta inclinação. Para dimensionar caibros e vigas utilize a tabela 5.8.1.

Imagem 97: Peças que compõem a estrutura da cobertura em elevação e planta

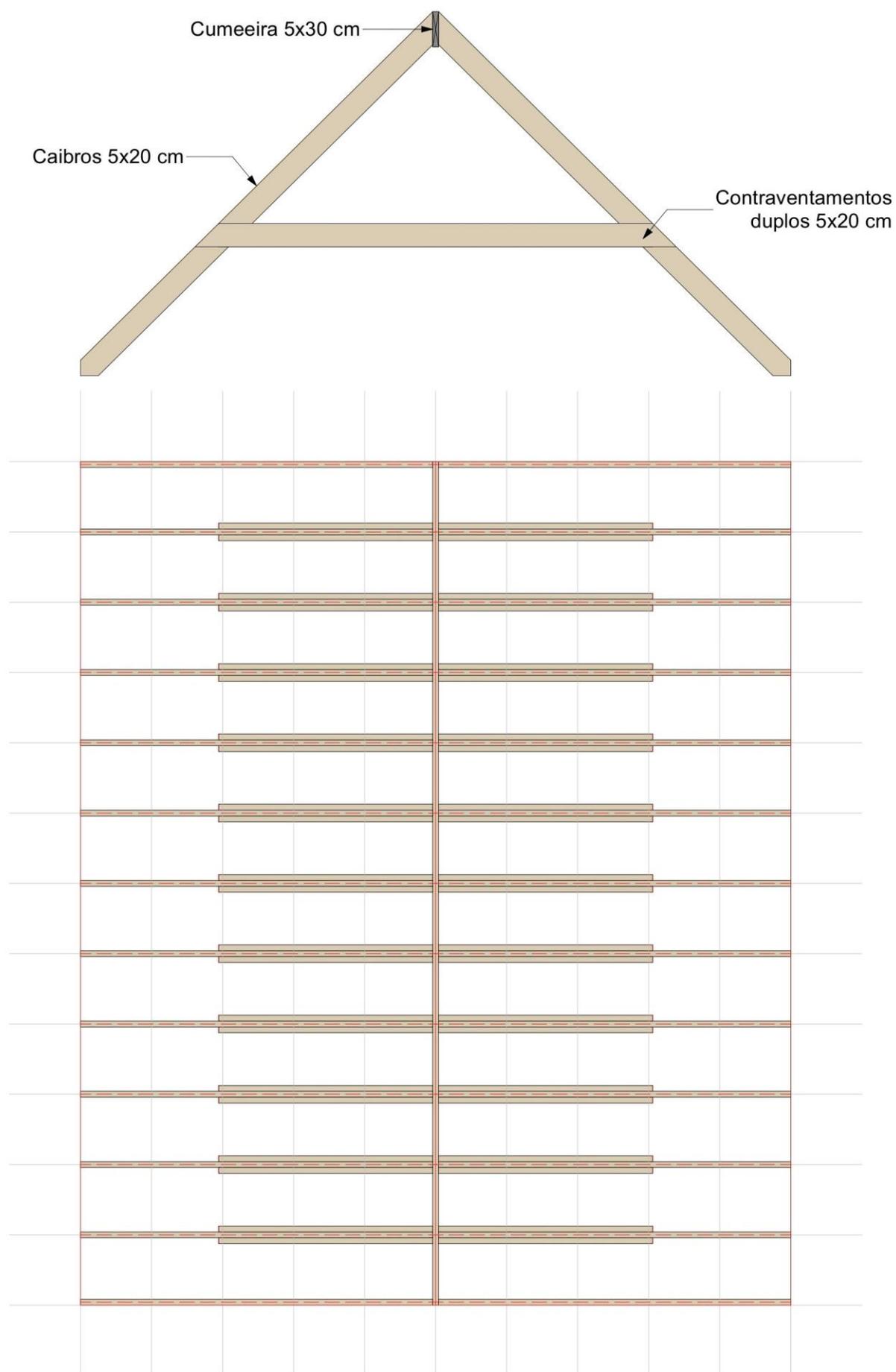


Imagem 98: Definições Caibros

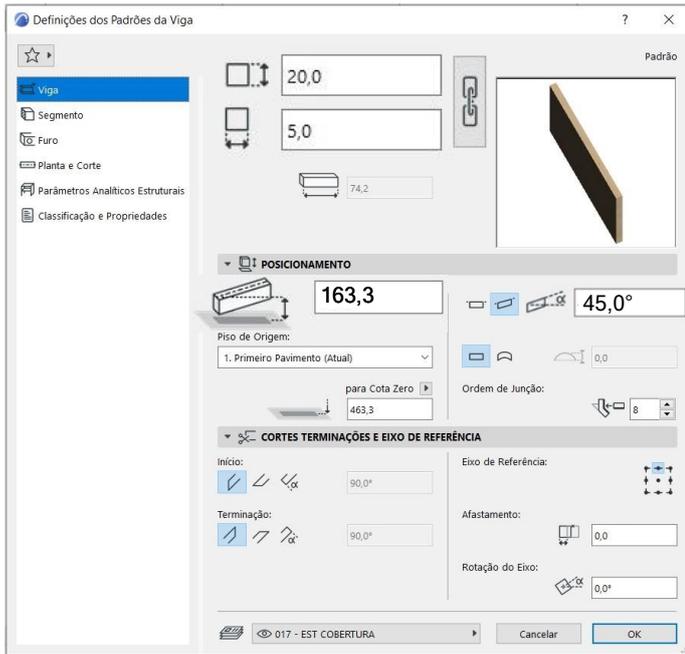


Imagem 99: Definições travessas contraventamento

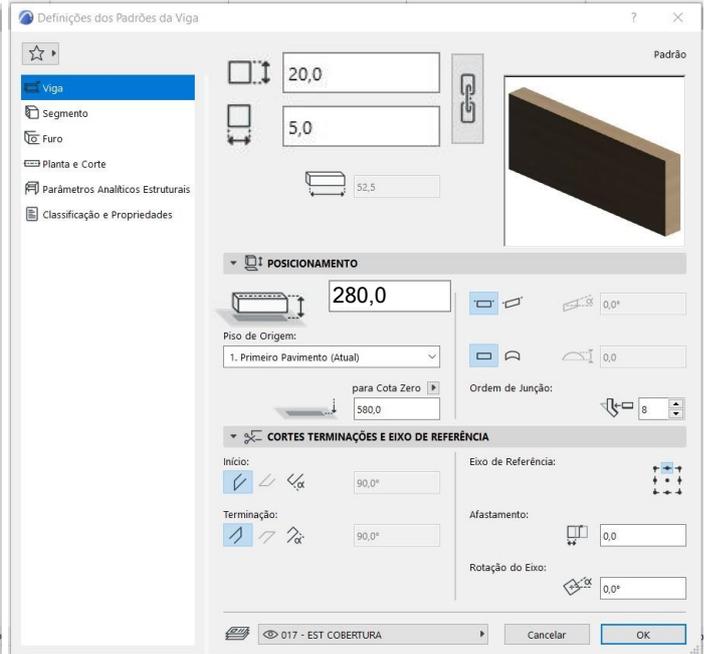
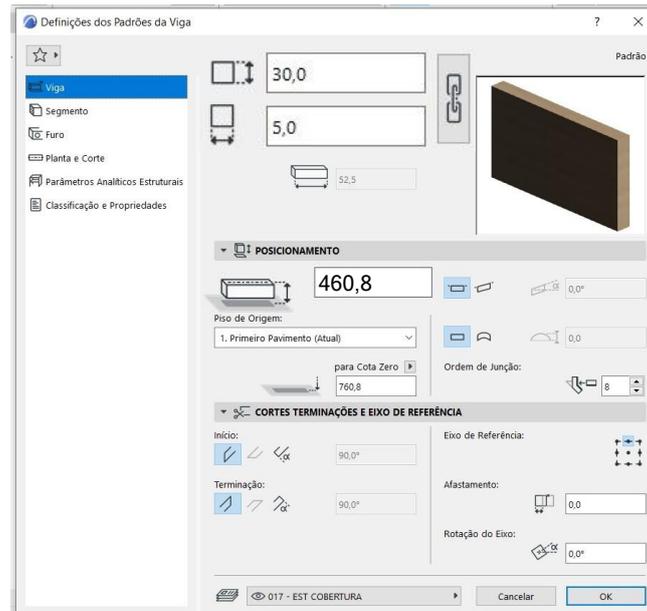


Imagem 100: Definições Cumeira



## 5.8.1 Dimensionamento caibros e vigas

### CAIBROS

5x15	5x20	5x25	5x30
até 300cm	até 430cm	até 490cm	até 670cm

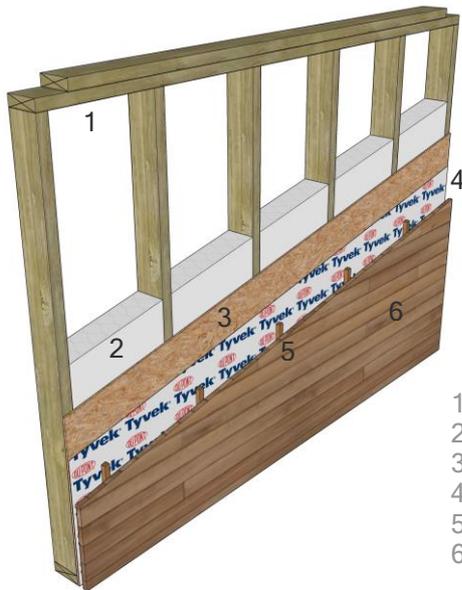
### VIGAS

Maciça	Laminada colada
vão / 15	vão / 20
$e = h / 3$ ou $e = h / 2$	$e = h / 4$ ou $e = h / 3$

## 6. Fechamentos

Construções que adotam o sistema *woodframe* utilizam uma série de camadas de materiais para realizar a vedação e contraventamento de suas unidades. Em um primeiro momento apresenta-se algumas soluções utilizadas no *template* deste exercício. Posteriormente, explica-se como criar e aplicar composições no ArchiCAD.

Imagem 101: Exemplo de camadas de materiais de fechamento de uma parede externa



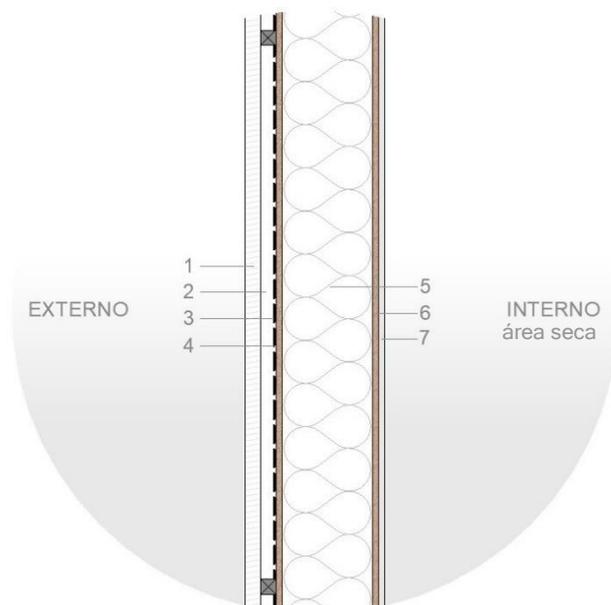
- 1 - Estrutura de madeira
- 2 - Isolamento térmico-acústico
- 3 - OSB
- 4 - Membrana hidrófuga
- 5 - Ripamento p/ fixação do revestimento externo
- 6 - Revestimento externo

Fonte: Autoria própria (2020)

### 6.1 Soluções disponíveis no *template*

As **composições** do ArchiCAD permitem unir em um mesmo elemento - seja ele piso, parede ou cobertura, uma composição com diversas camadas, e para cada camada atribuir uma espessura e um material diferente. A seguir serão exibidas soluções comumente utilizadas *in loco* através de composições para paredes internas, externas, pisos e cobertura, disponíveis no *template*.

Imagem 102: parede com uma face externa e outra interna de área seca

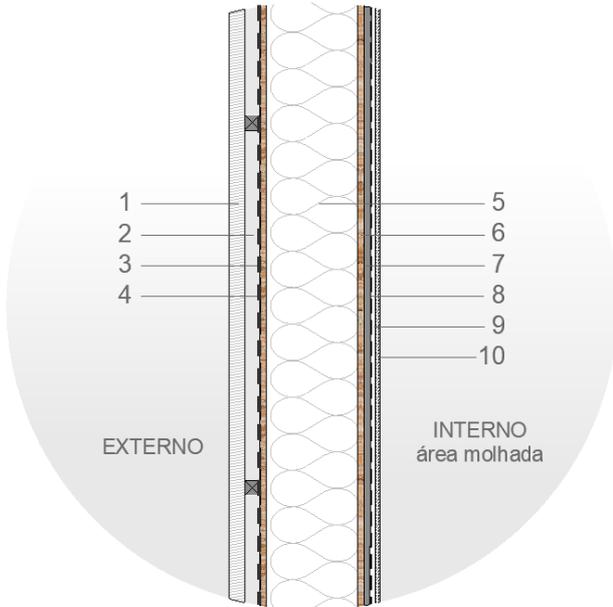


- 1 - Madeira de revestimento externo 25 mm
  - 2 - Ripas de fixação do revestimento externo 25 mm
  - 3 - Membrana hidrófuga
  - 4 - OSB 10 mm (medida nominal) efetiva = 11,1 mm
  - 5 - Isolamento termoacústico 150 mm (variável de acordo com a espessura da estrutura)
  - 6 - OSB 10 mm
  - 7 - Gesso acartonado 10 mm
- Total = 233 mm

Observações: medidas nominais;

A Membrana hidrófuga é representada apenas nos detalhamentos. Ela não foi adicionada na composição das paredes devido ao valor de sua espessura ser quase zero. Isto se aplica a todos os detalhamentos/imagens na sequência onde a membrana aparece.

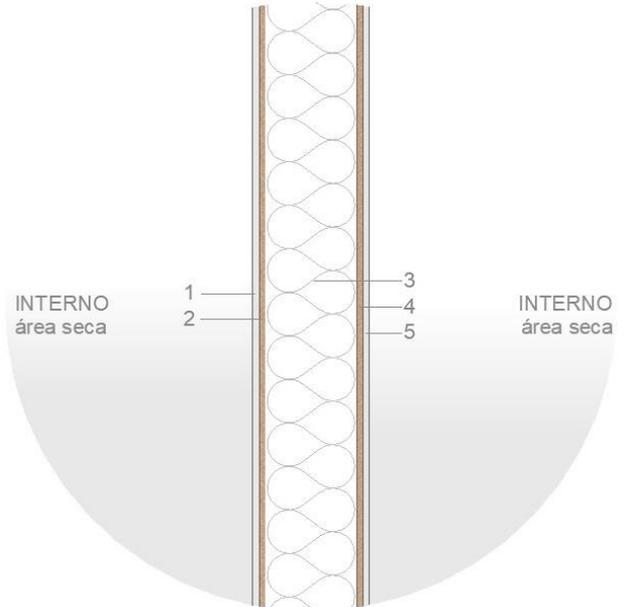
Imagem 103: parede face externa e outra interna de área molhada



- 1 - Madeira de revestimento externo 25 mm
  - 2 - Ripas de fixação do revestimento externo 25 mm
  - 3 - Membrana hidrófuga
  - 4 - OSB 10 mm (medida nominal) efetiva = 11,1 mm
  - 5 - Isolamento termoacústico 150 mm (variável de acordo com a espessura da estrutura)
  - 6 - OSB 10 mm (medida nominal) efetiva = 11,1 mm
  - 7 - Placa cimentícia 10 mm
  - 8 - Membrana hidrófuga
  - 9 - Cimento cola 4 mm
  - 10 - Revestimento cerâmico 6 mm
- Total = 240 mm

Observação: medidas nominais

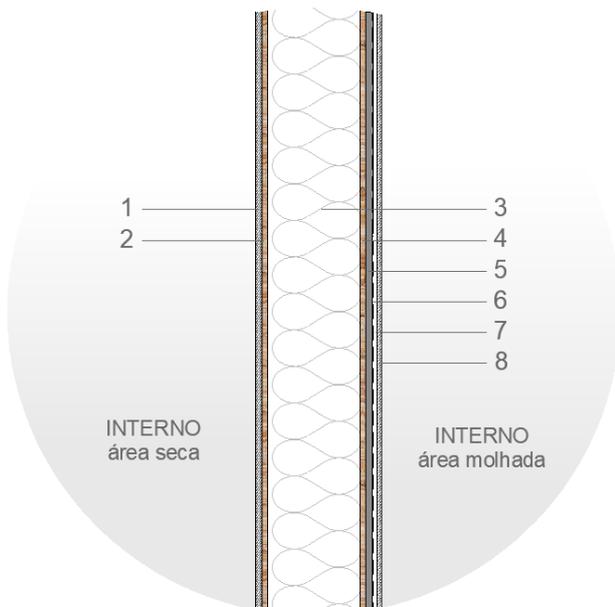
Imagem 104: parede faces internas áreas secas



- 1 - Gesso acartonado 10 mm
  - 2 - OSB 10 mm (medida nominal) efetiva = 11,1 mm
  - 3 - Isolamento termoacústico 100 mm (variável de acordo com a espessura da estrutura)
  - 4 - OSB 10 mm (medida nominal) efetiva = 11,1 mm
  - 5 - Gesso acartonado 10 mm
- Total = 140 mm

Observação: medidas nominais

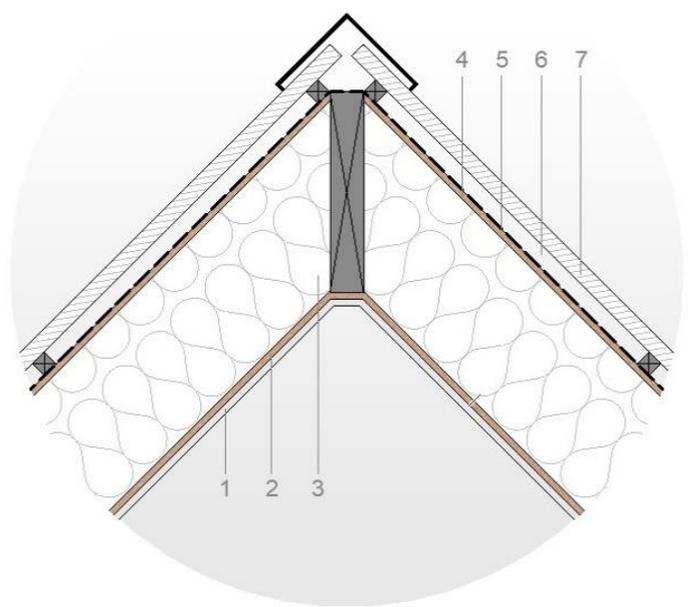
Imagem 105: parede faces internas área seca e molhada



- 1 - Gesso acartonado 10 mm
  - 2 - OSB 10 mm (medida nominal) efetiva = 11,1 mm
  - 3 - Isolamento termoacústico 100 mm (variável de acordo com a espessura da estrutura)
  - 4 - OSB 10 mm (medida nominal) efetiva = 11,1 mm
  - 5 - Placa cimentícia 10 mm
  - 6 - Membrana hidrófuga
  - 7 - Cimento cola 4 mm
  - 8 - Revestimento cerâmico 6 mm
- Total = 150 mm

Observação: medidas nominais

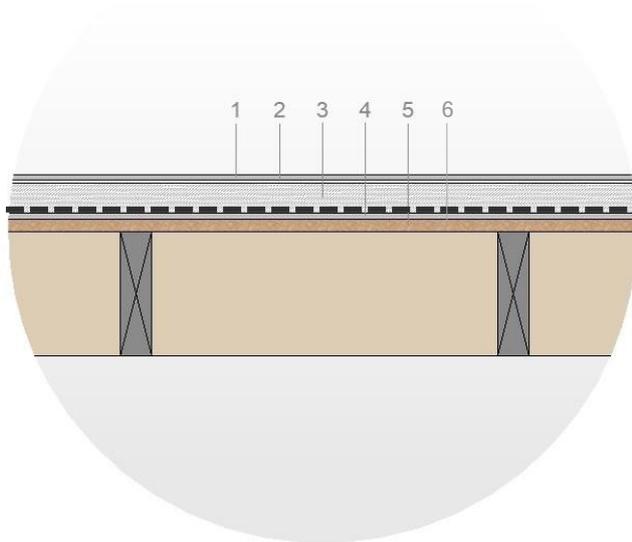
Imagem 106: cobertura



- 1 - Gesso acartonado 10 mm
  - 2 - OSB 10 mm (medida nominal) efetiva = 11,1 mm
  - 3 - Isolamento termoacústico 200 mm (variável de acordo com a espessura da estrutura)
  - 4 - OSB 10 mm (medida nominal) efetiva = 11,1 mm
  - 5 - Membrana hidrófuga
  - 6 - Ripas de fixação do revestimento externo
  - 7 - Madeira de revestimento externo 25 mm
- Total = 280 mm

Observação: medidas nominais

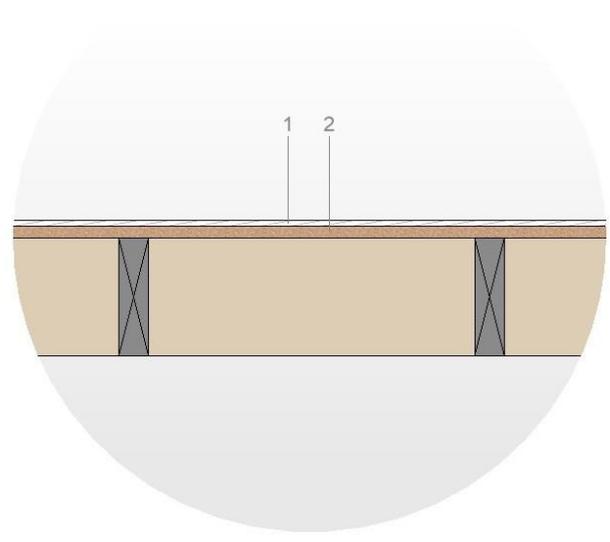
Imagem107: piso área molhada



- 1 - Revestimento cerâmico 6 mm
- 2 - Cimento cola 4 mm
- 3 - Contrapiso 20 a 40 mm
- 4 - Membrana hidrófuga
- 5 - Placa cimentícia 10 mm
- 6 - OSB 20 mm (medida nominal) efetiva = 18,3 mm
- Total = 80 mm

Observação: medidas nominais

Imagem 108: piso área seca



- 1 - Cumaru 20 mm
- 2 - OSB 20 mm (medida nominal) efetiva = 18,3 mm
- Total = 40 mm

Observação: medidas nominais

## 6.2 Criando ou configurando composições no ArchiCAD

O ArchiCAD permite criar composições que unem diversas camadas em um único elemento, a exemplo de lajes, paredes, coberturas ou membranas. Para cada uma dessas camadas é possível atribuir materiais e espessuras diferentes.

Para acessar a janela onde se cria ou configura as mesmas basta clicar em **Opções > Atributos do elemento > Composições**. A mesma possui as funções descritas na imagem a seguir.

Imagem 109: Janela de definições das composições

Lista de composições existentes ou criadas

Para criar uma nova composição

Para renomear uma composição existente

Para apagar uma composição existente

Onde se escolhe o material de construção de cada camada

Onde se escolhe a espessura que cada camada terá

Onde configura-se a espessura da pena de cada camada específica

Inserir ou remover uma camada que está selecionada na lista acima

Estes ícones representam em quais elementos as composições poderão ser aplicadas

## 6.3 Aplicando paredes com composições na unidade

As paredes da unidade serão modeladas em cinco sessões, cada qual correspondente às alturas indicadas no corte abaixo, seguindo a ordem de baixo para cima.

Imagem 110: corte esquemático com alturas das sessões das paredes externas

2. Cobertura

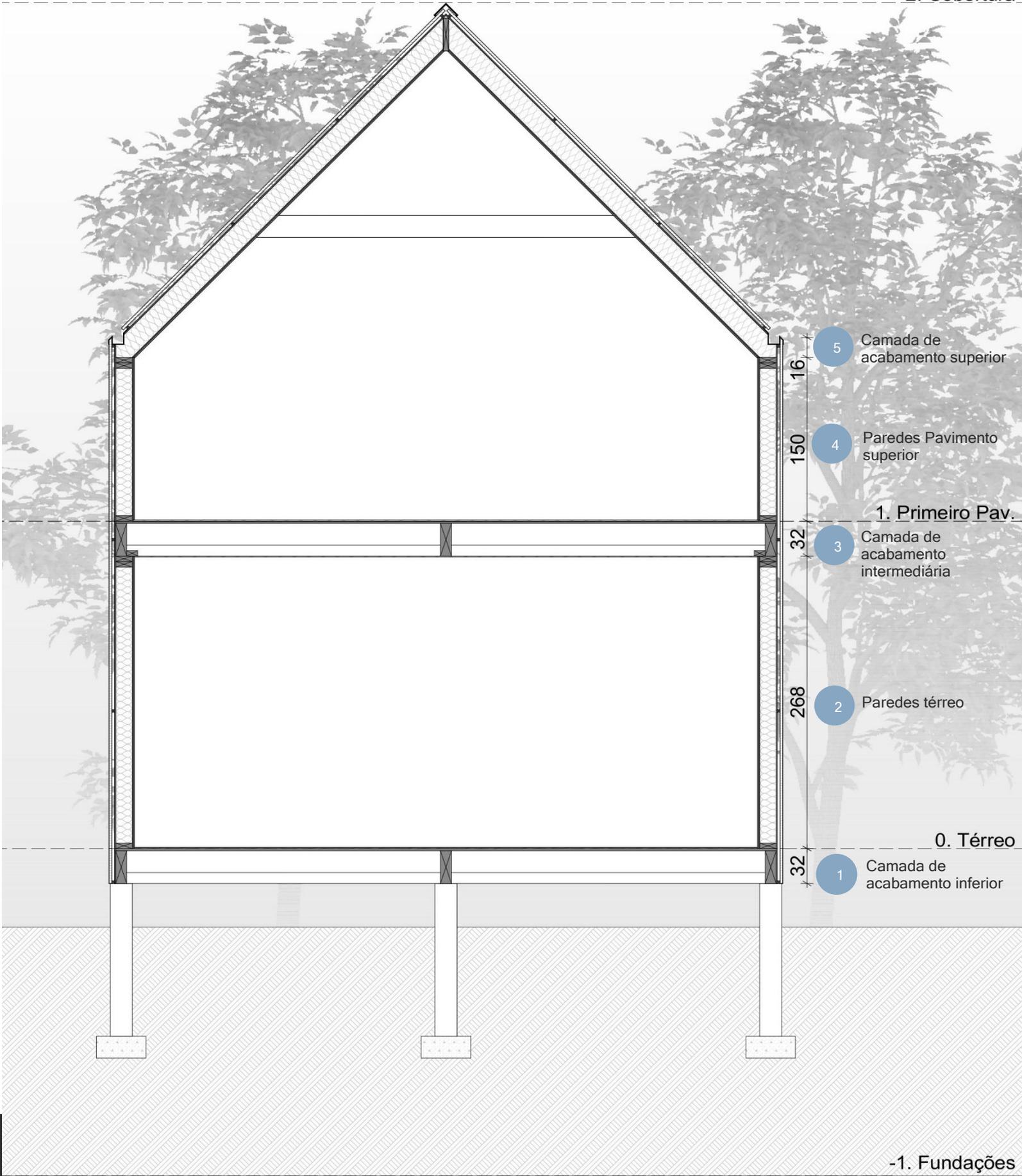
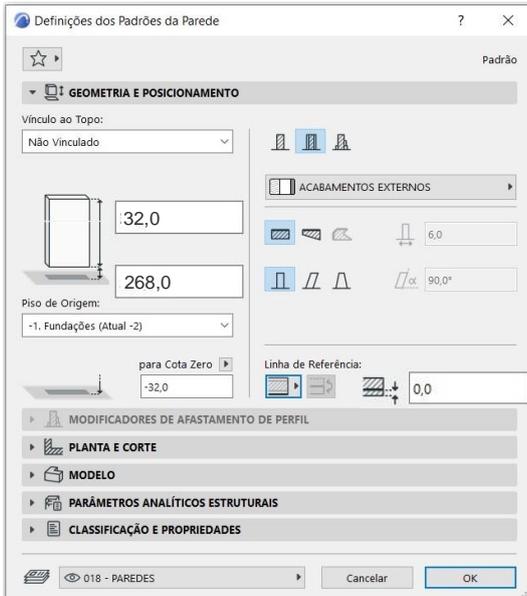


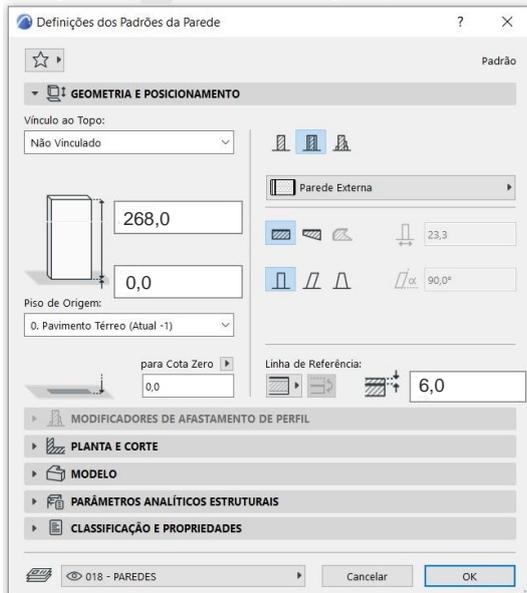
Imagem 111: Janela de definições parede



### 1. Camada de acabamento inferior

Para modelar a camada de acabamento inferior da unidade certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem -1. Fundações** e mantenha habilitada a **GRELHA G e os vegetais 003, 004 e 018**. A GRELHA G indicará o ponto inicial, final e o sentido da modelagem tendo como base a linha de referência desta parede, que neste caso em específico é a **Face Interna**. Utilize a **parede composta** com a composição denominada **ACABAMENTOS EXTERNOS**. Para fazer o acabamento no perímetro do deck troque a altura da parede de **32,0** para **25,0**. Repare que o ponto final de modelagem da camada de acabamento no perímetro da unidade coincide com o ponto inicial de modelagem da camada de acabamento do deck.

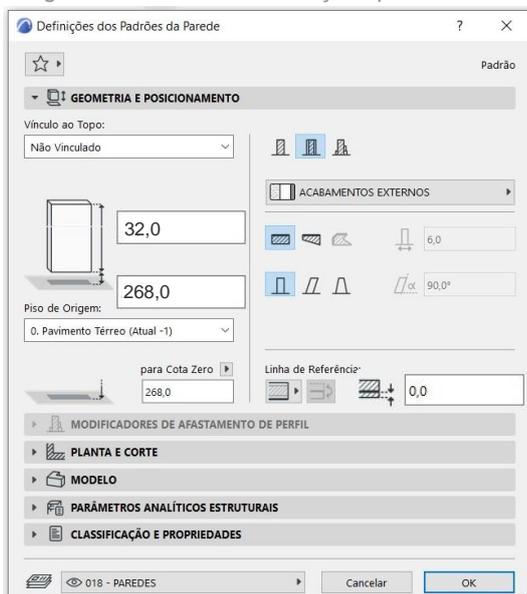
Imagem 112: Janela de definições parede



### 2. Paredes térreo

Para modelar as paredes do térreo certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem 0. Pavimento Térreo** e mantenha habilitada a **GRELHA H e os vegetais 006, 007, 008, 009 e 018**. A GRELHA H indicará o ponto inicial, final e o sentido da modelagem tendo como base a linha de referência desta parede, que neste caso em específico é a **Face Externa** e o **Afastamento da linha de referência** é **6,0** (considerando que a linha de referência estará sobre a face externa da estrutura da unidade, o valor de 6 cm até a face externa da parede corresponde ao OSB (1cm), + o espaço para o madeiramento (2,5cm) e + o revestimento externo (2,5 cm)). Utilize a **parede composta** com a composição denominada **Parede Externa**.

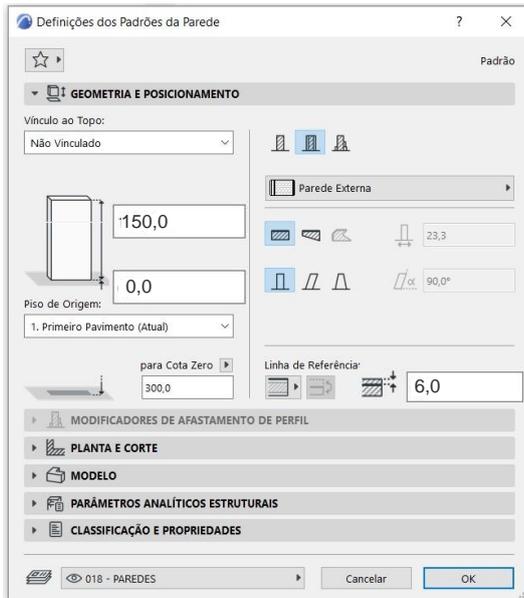
Imagem 113: Janela de definições parede



### 3. Camada de acabamento intermediário

Para modelar a camada de acabamento intermediária certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem 0. Pavimento Térreo** e mantenha habilitada a **GRELHA H e os vegetais 006, 007, 008, 009 e 018**. A GRELHA H indicará o ponto inicial, final e o sentido da modelagem tendo como base a linha de referência desta parede, que neste caso em específico é a **Face Interna**. Utilize a **parede composta** com a composição denominada **ACABAMENTOS EXTERNOS**.

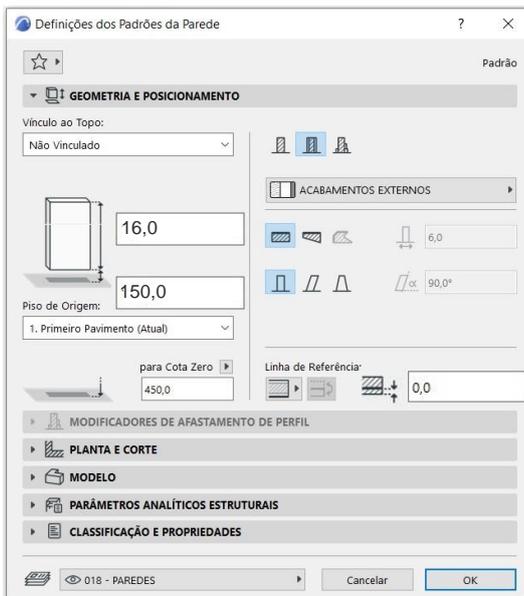
Imagem 114: Janela de definições parede



#### 4. Paredes Pavimento Superior

Para modelar as paredes do pavimento superior certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem 1. Primeiro Pavimento** e mantenha habilitada a **GRELHA H** e os **vegetais 013, 014, 015, 016 e 018**. A **GRELHA H** indicará o ponto inicial, final e o sentido da modelagem tendo como base a linha de referência desta parede, que neste caso em específico é a **Face Externa** e o **Afastamento da linha de referência** é **6,0**. Utilize a **parede composta** com a composição denominada **Parede Externa**.

Imagem 115: Janela de definições parede



#### 5. Camada de Acabamento Superior

Para modelar a camada de acabamento superior certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem 1. Primeiro Pavimento** e mantenha habilitada a **GRELHA I** e os **vegetais 013, 014, 015, 016 e 018**. A **GRELHA I** indicará o ponto inicial, final e o sentido da modelagem tendo como base a linha de referência desta parede, que neste caso em específico é a **Face Interna**. Utilize a **parede composta** com a composição denominada **ACABAMENTOS EXTERNOS**.

## 6.4 Cobertura

A cobertura será modelada em dois elementos separados. Para modelar a parte da cobertura com a composição denominada **Cobertura** usar as definições apontadas na janela da imagem 116. Certifique-se antes de estar trabalhando no **Piso de Origem 1. Primeiro Pavimento** e mantenha habilitada a **GRELHA J** e os **vegetais 013, 014, 015, 016, 017 e 019**. Ainda antes de modelar este volume selecione na barra superior do ArchiCAD o Método de Geometria: **Multiplano (G)**, e a segunda opção dentro do Método de Construção: **Retangular com 4 Águas/com Empenas (C)** (Imagem 116).

Logo após, para modelar a parte da cobertura com a composição denominada **Cobertura Final** desabilite a **GRELHA J** e habilite a **GRELHA K**, que delimitará as duas águas do telhado pois cada uma será modelada separadamente, e use as definições apontadas na janela da imagem 117. Mantenha habilitados os **vegetais 013, 014, 015, 016, 017 e 019**. Antes de modelar este volume selecione na barra superior do ArchiCAD o Método de Geometria: **Plano-Único (G)**, e o Método de Construção: **Retangular (C)** (Imagem 117). Este método exigirá em um primeiro momento que você desenhe uma linha na aresta mais baixa deste plano da cobertura, dando dois cliques (um no ponto

inicial e outro no ponto final) com o mouse para delimitar esta linha. Feito isso o cursor do mouse vai se transformar em um “olho”. Clique no sentido em que a inclinação do telhado subirá, ou seja, na direção da cumeeira. Após o clique, o cursor do mouse voltará a se tornar um “lápis”. Para finalizar basta desenhar um retângulo na projeção exata do plano da cobertura - lembrando que são dois planos separados.

Imagem 116: Opções modelagem composição Cobertura

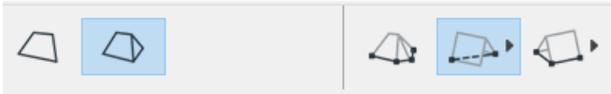


Imagem 117: Opções modelagem comp. Cobertura Final

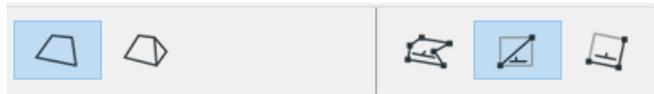


Imagem 118: Definições composição Cobertura

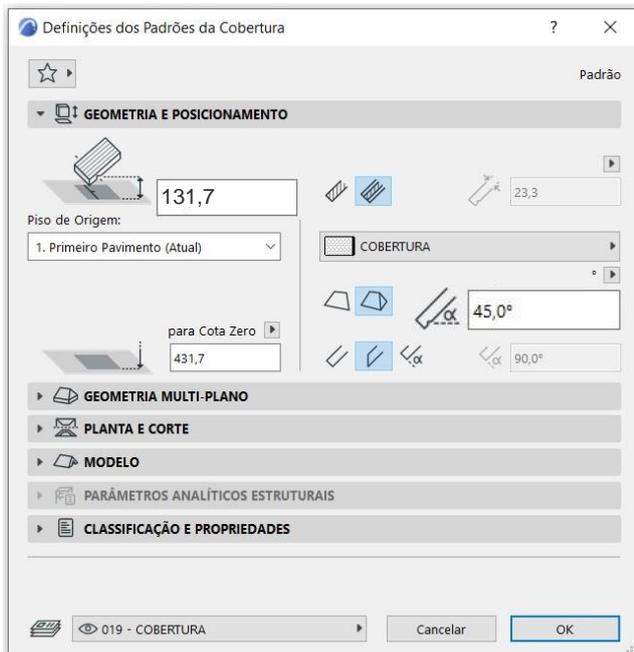
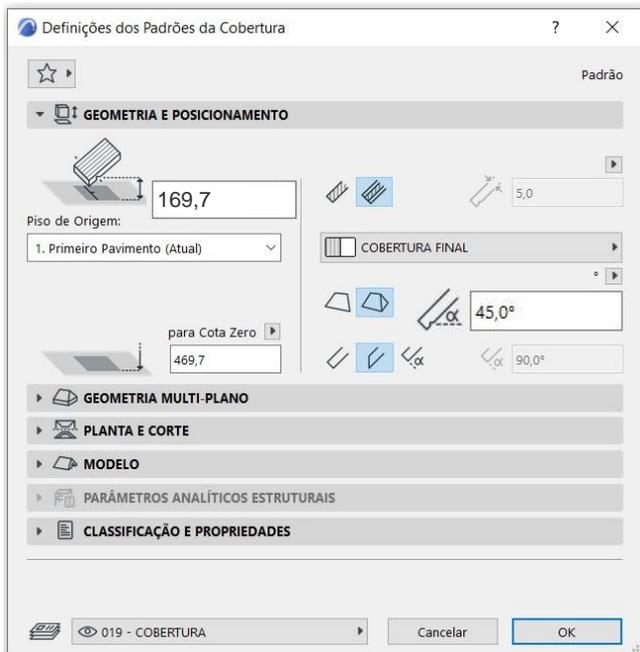


Imagem 119: Definições composição Cobertura Final



## 6.4.1 Ferramenta Morph ArchiCAD

Nesta etapa deve-se modelar o acabamento das partes frontal e anterior da cobertura, indicado na imagem 118. Não existe uma função específica dentro das definições da cobertura para tal, e se tratando de uma forma irregular, recomenda-se utilizar a ferramenta **morph**, que permite desenhar uma forma irregular, atribuir uma espessura para a mesma, e posteriormente um material de construção.

Imagem 120: Área que ainda precisa de acabamento



Primeiramente, na elevação frontal da unidade selecione com apenas um clique a ferramenta Morph na barra lateral esquerda do ArchiCAD, e desenhe com precisão a peça que irá fazer o fechamento da cobertura, conforme demonstrado na imagem 120; o vegetal GRELHA M delimita o contorno desta peça. Posteriormente, vá para o 3D e localize o morph, pois normalmente o mesmo fica posicionado fora do volume da unidade. Atribua uma espessura a este morph (6 cm neste caso - OSB 1 cm + ripamento 2,5 cm + revestimento externo 2,5 cm), e encaixe o mesmo no local correto. Por fim, acesse suas definições e atribua um material de construção a ele - Madeiramento Tipo 1.

Imagem 121: Desenhe o morph na elevação

Imagem 122: Localize o morph no 3D e atribua uma espessura a ele, neste caso será de 6 cm

Imagem 123: No 3D encaixe o morph no local correto.



## 6.4.2 Operação com Elementos Sólidos no ArchiCAD

Modelada a cobertura, agora pode-se realizar o fechamento das paredes frontal e anterior que possuem suas partes superiores em ângulo de 45° de acordo com as águas da cobertura. Para tal, utilizaremos a função **Operação com elementos sólidos**, que realizará um corte nas paredes a partir da cobertura.

Para isso, inicialmente aumente a altura das duas paredes de forma que fiquem acima do nível da cobertura. Isso pode ser feito selecionando as duas paredes através do próprio 3D, acessando suas definições através do atalho Ctrl+T, e alterando a altura para 600, por exemplo. A operação pode ser realizada no próprio 3D, acessando **Modelagem > Operações Elementos Sólidos**.

No 3D, após aberta a janela **Operação de Elementos Sólidos**, selecione as duas paredes que serão cortadas e clique em **Adicionar como Destino**, pois elas serão os alvos que sofrerão a alteração. Feito isso, selecione a camada inferior da cobertura com a composição nomeada **Cobertura**, e também os dois morphs criados anteriormente para fechamento, e clique em **Adicionar como Operador**, pois estes serão os elementos que realizarão a operação de corte das paredes. Por fim, em **Escolher Operação** selecione a opção **Subtração com extrusão para cima** e clique em **Executar**. Isto significa que tudo que estiver acima do elemento operador, no caso a cobertura, será subtraído. As imagens a seguir demonstram este passo a passo.

Imagem 124:  
Situação inicial das paredes



Imagem 125:  
Parede elevada acima da cobertura

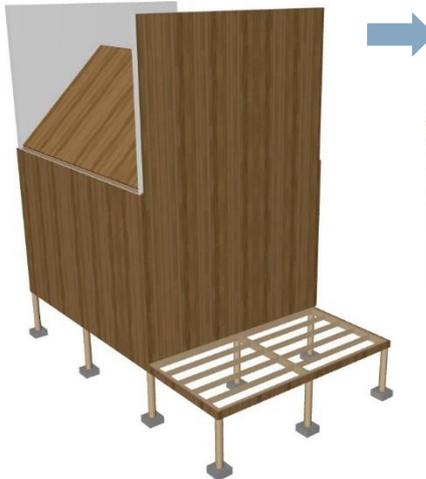
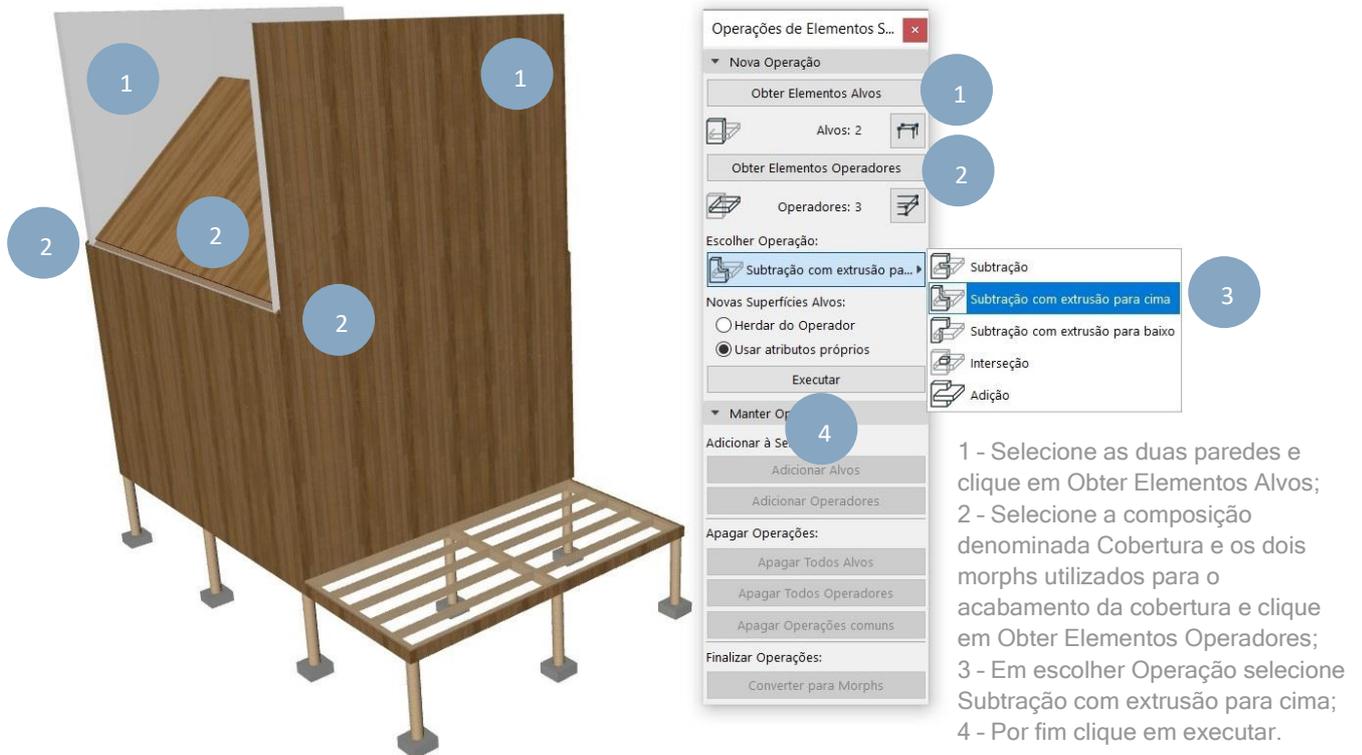


Imagem 126:  
Paredes cortadas pela cobertura



Imagem 127: Demonstração passo a passo da operação com elementos sólidos

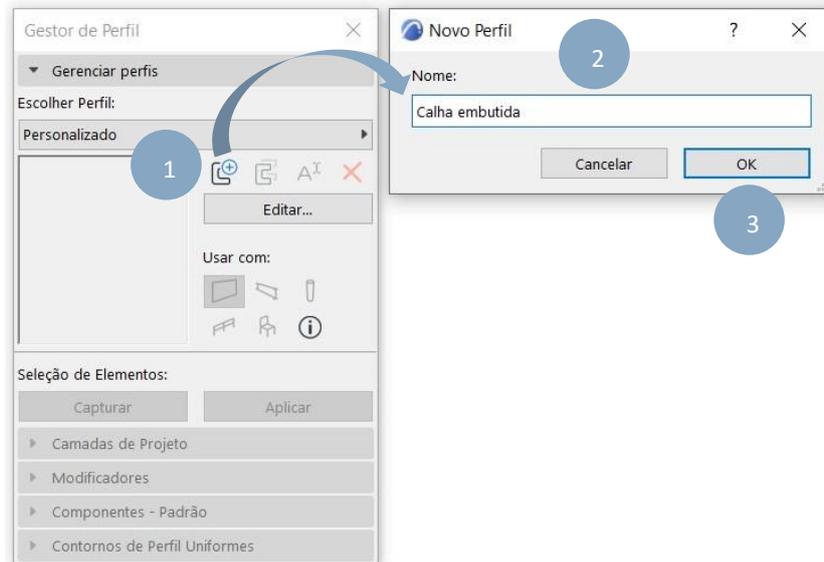


## 6.4.3 Calha embutida/cumeeira – Perfil Complexo

Para modelar a calha embutida e a cumeeira utilize a função **Perfil Complexo**. Posteriormente realize outra **Operação com Elementos Sólidos** para realizar o corte dos caibros e da cobertura para encaixar as calhas. Neste exercício será instruído como modelar a calha; no entanto, destaca-se que os perfis da calha e da cumeeira já são disponibilizados no *template*.

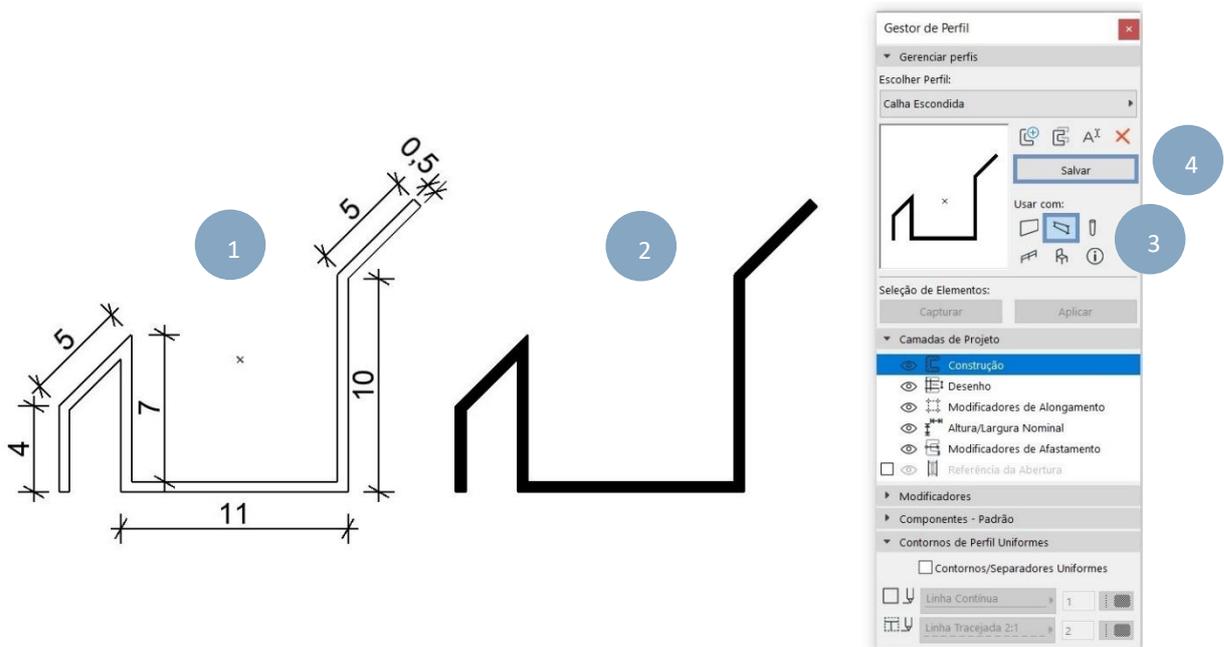
Primeiramente, crie um novo perfil correspondente ao desenho da calha em corte. Para tal, acesse **Opções > Perfis Complexos > Gestor de Perfis**. Dentro da janela de definições clique em novo perfil (1), nomeie este perfil (2) e clique em OK (3), conforme demonstra a imagem abaixo.

Imagem 128: Janela de definições de perfis



Uma nova janela irá se abrir. Nesta, primeiramente desenhe o perfil da calha em corte conforme a imagem abaixo, utilizando a ferramenta linha (1). Feito isto, com a ferramenta trama (barra lateral do ArchiCAD dentro da aba documentação) escolha um material de construção (Ferro/alumínio ou similar) e preencha o desenho do perfil criado (2). Por fim, escolha com qual elemento este perfil será aplicado (3). Neste caso, como a calha é um objeto longitudinal, sugere-se utilizá-lo com o elemento viga. Por fim clique em salvar (4).

Imagem 129: área onde o perfil deve ser desenhado



Para modelar a viga com o perfil da calha certifique-se de estar trabalhando no **Piso de Origem 1. Primeiro Pavimento** e mantenha habilitada a **GRELHA L** e o pavimento **2. Cobertura como rastreamento**. Opcionalmente pode-se manter as estruturas das paredes habilitadas (vegetais 013

ao 019). Lembre-se que dentro da **janela de definições da viga**, dentro da **aba Segmento**, selecione a opção **Perfil Complexo** e na lista abaixo procure o perfil criado (no *template* está com o nome de **Calha Escondida**). A GRELHA L apenas indicará a delimitação do espaço ocupado pelas calhas. Se preenchido o valor de **168,2** no **Afastamento ao Piso de Origem**, sua altura já deverá estar correta. No entanto, caso necessário, seu posicionamento poderá ser ajustado manualmente no corte, conforme demonstra o detalhe da imagem 130.

Imagem 130: janela de definições da calha - Viga

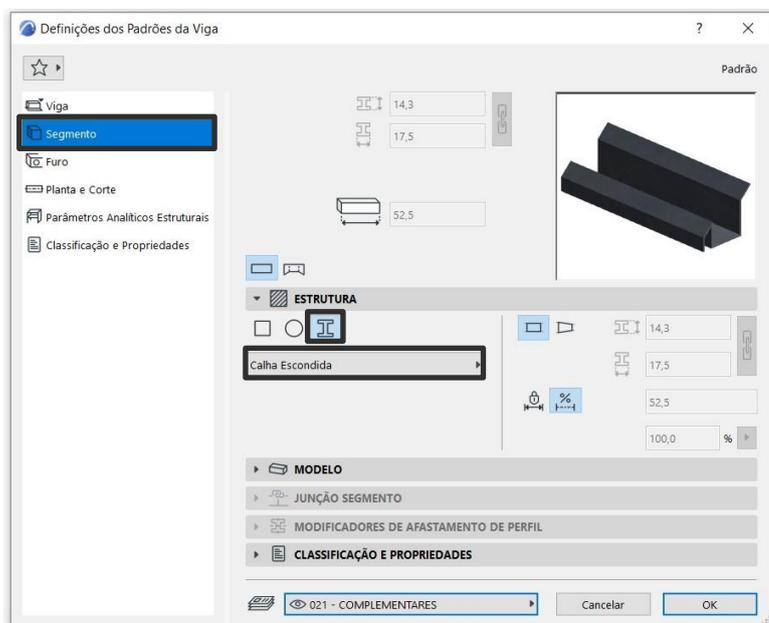
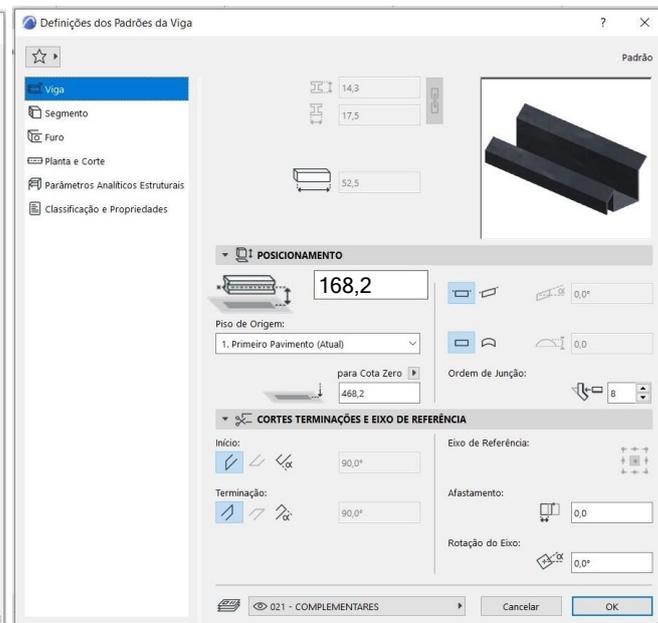
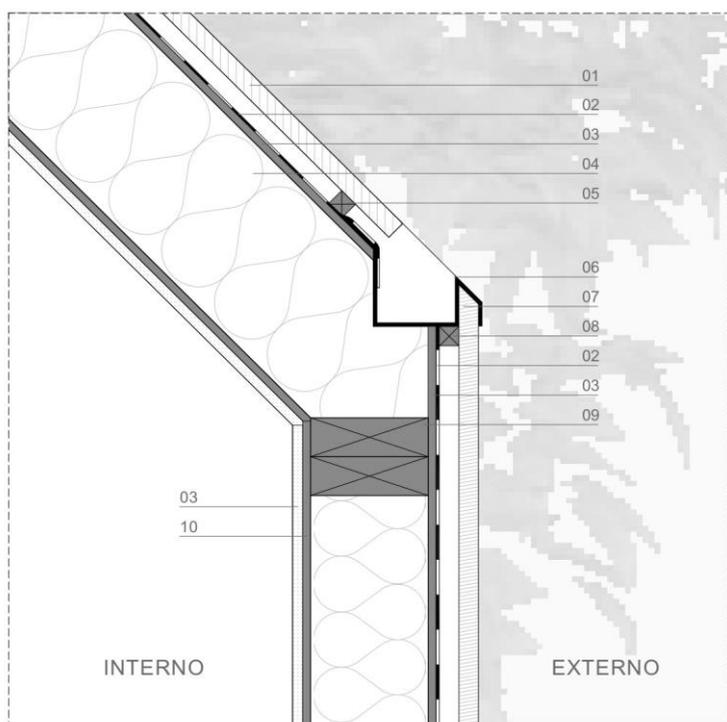


Imagem 131: Janela de definição da calha - Segmento



Por fim, posicionadas as calhas, basta realizar uma operação com elementos sólidos na qual as calhas serão os elementos operadores e a camada de cobertura e os caibros os elementos operados, utilizando a opção subtração com extrusão para cima para fazer os recortes no qual as calhas serão encaixadas, implicando no resultado abaixo.

Imagem 132: detalhamento demonstrando o posicionamento da calha



Observação: a calha provavelmente será executada em duas partes separadas; para isso pode-se alterar posteriormente o desenho do detalhe em 2D.

- 01. MADEIRAMENTO REVESTIMENTO COBERTURA 2,5x20 cm
- 02. MEMBRANA HIDRÓFUGA
- 03. OSB 120x240 cm / e=10mm
- 04. ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO
- 05. RIPAMENTO DE APOIO DA COBERTURA 2,5x2,5 cm
- 06. CALHA COM ALGEROZ ACOPLADO
- 07. REVESTIMENTO EXTERNO MADEIRA 2,5x20 cm / e=2,5 cm
- 08. RIPAMENTO DE FIXAÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 2,5x2,5 cm
- 09. GUIAS 5x15 cm
- 10. REVESTIMENTO INTERNO GESSO ACARTONADO 120x240 cm / e=10mm

**DETALHE 06 | CALHA EMBUTIDA**

## 7. Esquadrias

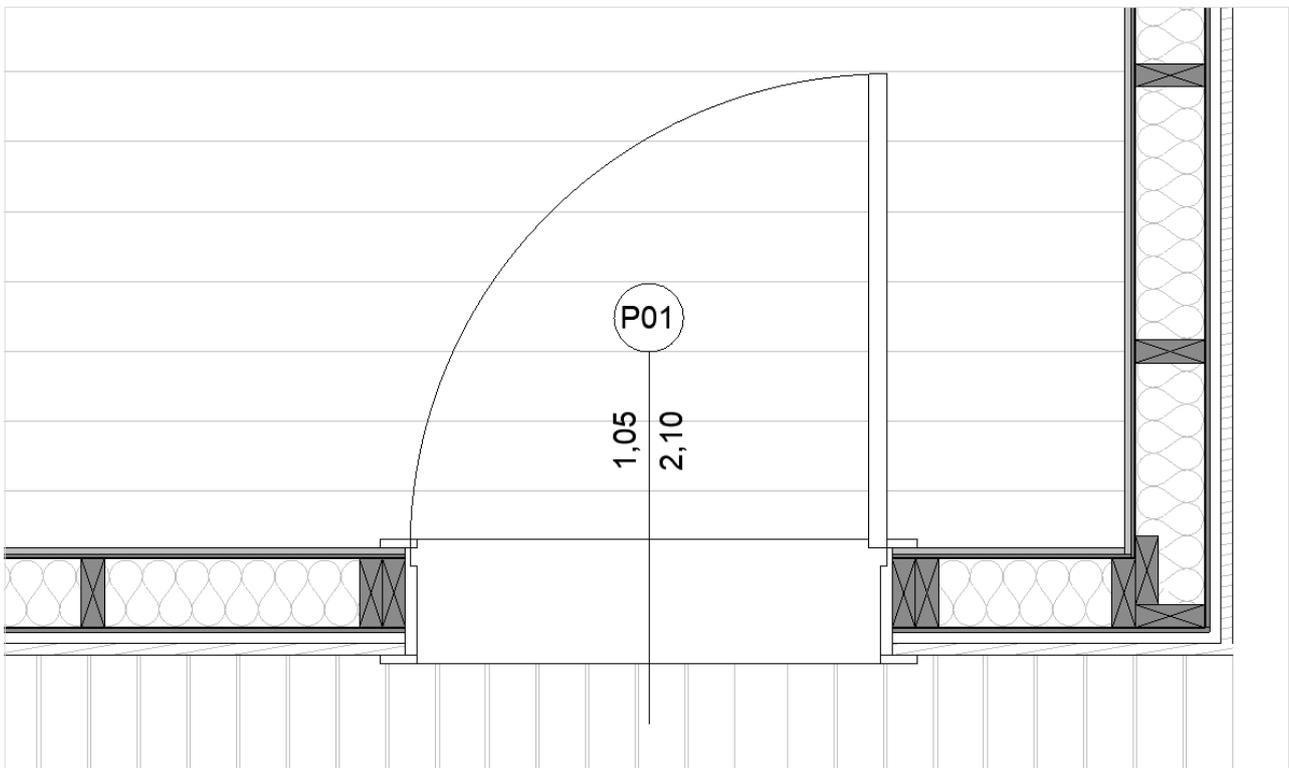
No ArchiCAD portas e janelas são elementos parametrizados que precisam ser configurados para sua correta representação. A seguir serão destacadas as informações mínimas que precisam ser configuradas nas definições destes elementos para um grau de detalhamento compatível com a escala utilizada (1/25). Em relação aos detalhamentos em escala 1/5 ou 1/10, estes devem ser complementados manualmente utilizando funções como linhas, tramas, cotas e textos explicativos, conforme pode-se observar nos detalhamentos das imagens 10 a 21, no início deste material.

### 7.1 Portas

7.1.1 Elementos mínimos a serem configurados nas definições de uma porta - válidos para a porta de acesso principal deste modelo

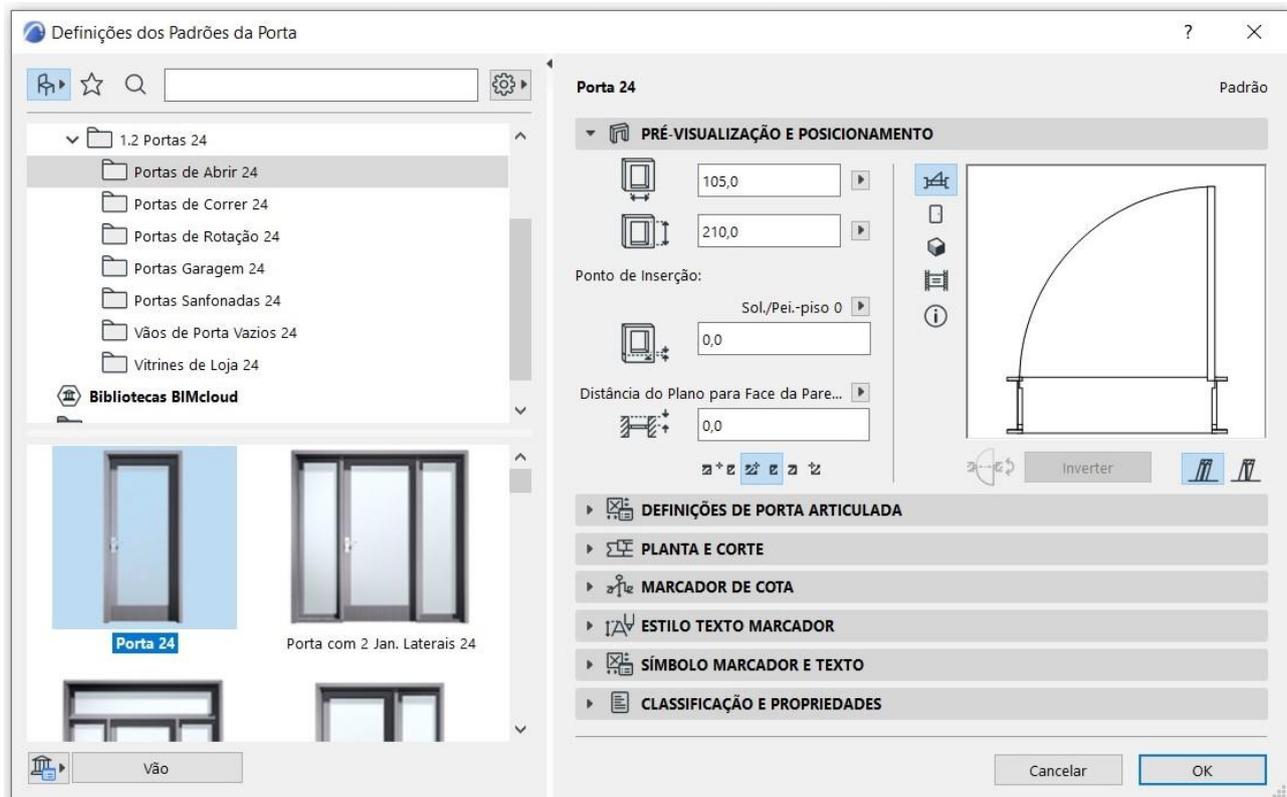
Deve-se ressaltar que em *softwares* BIM as esquadrias são elementos parametrizados que possuem uma relação direta (objeto inteligente) com um elemento secundário, que neste caso são as paredes. Portanto, para inseri-las deve-se manter habilitados além da estrutura, as paredes do modelo. Também é importante destacar que no ArchiCAD não existe um “vegetal” específico para as esquadrias. Portanto, ao se habilitar ou desabilitar o “vegetal” das paredes, isto irá interferir na visualização de portas e janelas. Como neste exercício vamos inserir a porta de acesso principal da unidade, certifique-se de estar trabalhando no piso de origem **0. Pavimento Térreo** e mantenha habilitados **todos os vegetais numéricos**. A porta deve ser inserida no vão já previsto na estrutura da Parede 2 entre os montantes duplicados (montante + umbral), conforme a imagem 131 - para ver a porta em corte ver detalhes das imagens 20 e 21.

Imagem 133: Porta principal de acesso a unidade - Parede 2 do modelo



Após escolhido o modelo de porta no menu do lado esquerdo da janela de definições (neste exercício refere-se ao modelo Porta 24 - Portas 24 > Portas de Abrir 24 > Porta 24), o primeiro passo é configurar na aba **PRÉ-VISUALIZAÇÃO E POSICIONAMENTO** as dimensões gerais da esquadria, conforme é destacado na imagem abaixo.

Imagem 134: Primeiro passo para configurar uma porta



Feito isso, existe uma segunda aba chamada **DEFINIÇÕES DE PORTA ARTICULADA**. A seguir será exibida uma lista encontrada dentro desta aba, e os elementos que possuem uma marcação representam aqueles que devem ser configurados para uma boa representação.

- |                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 01 - Tamanhos Nominais e Tolerância   | 13 - Arco de Alvenaria           |
| 02 - Definições de Porta e Abertura ✓ | 14 - Atributos Modelo            |
| 03 - Batente e Folha                  | 15 - Equipamentos e Acessórios ✓ |
| 04 - Ventilação Natural               | 16 - Soleira ✓                   |
| 05 - Tipo Folha Porta                 | 17 - Soleira/Peitoril            |
| 06 - Maçaneta e Proteção Borda        | 18 - Guarnição Externa ✓         |
| 07 - Tipo Abertura e Ângulo           | 19 - Guarnição Interna ✓         |
| 08 - Linhas de Abertura               | 20 - Quebra-Sol                  |
| 09 - Atributos Modelo                 | 21 - Atributos Modelo            |
| 10 - Abertura Parede                  | 22 - Planta e Corte              |
| 11 - Requadro                         | 23 - Espaço Mínimo               |
| 12 - Fechamento Parede                | 24 - Descrições                  |

A seguir serão exibidas as imagens da janela de definições respectivas aos elementos marcados na lista anteriormente, demonstrando as configurações adotadas para o modelo do exercício.

Imagem 135: Definições de Porta e Abertura

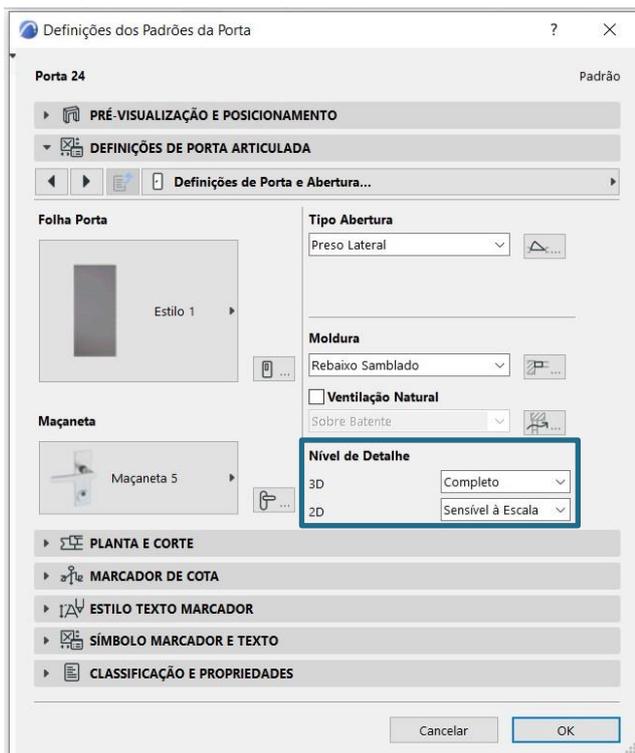


Imagem 136: Definições de Equipamentos e Acessórios

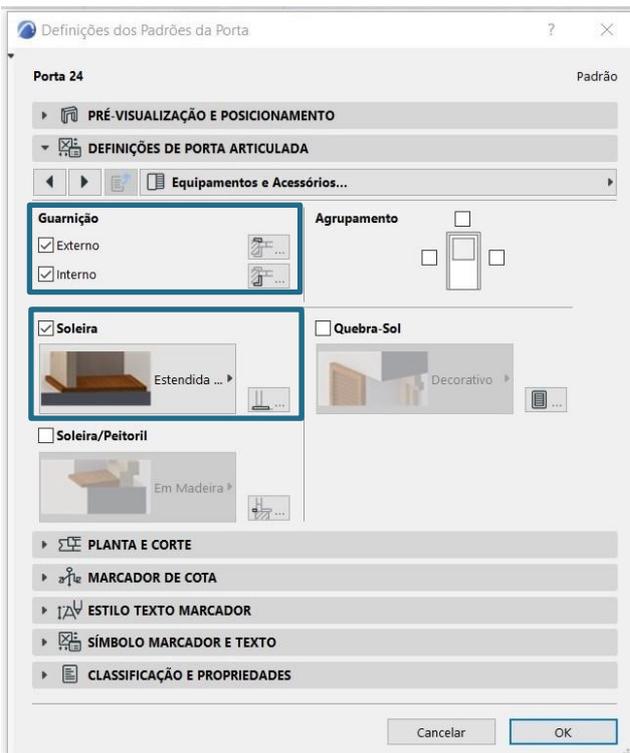


Imagem 137: Definições de Soleira

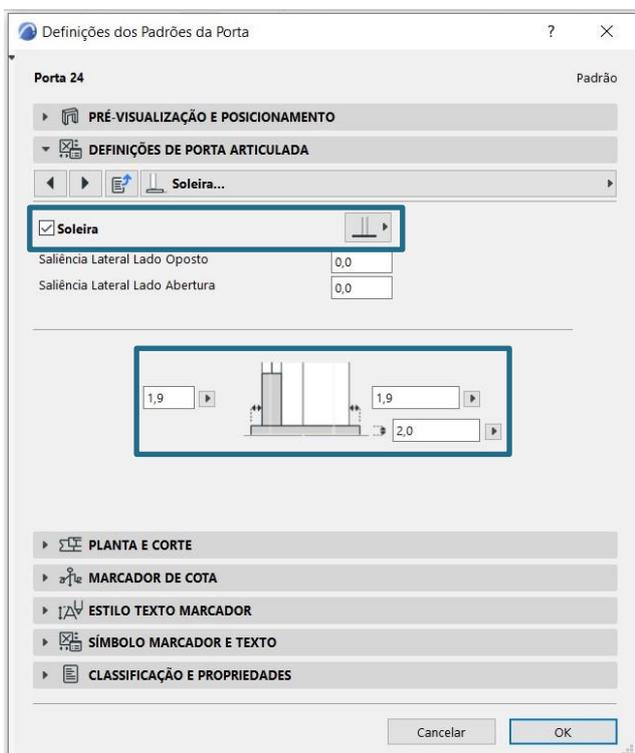


Imagem 138: Definições de Guarnição Externa

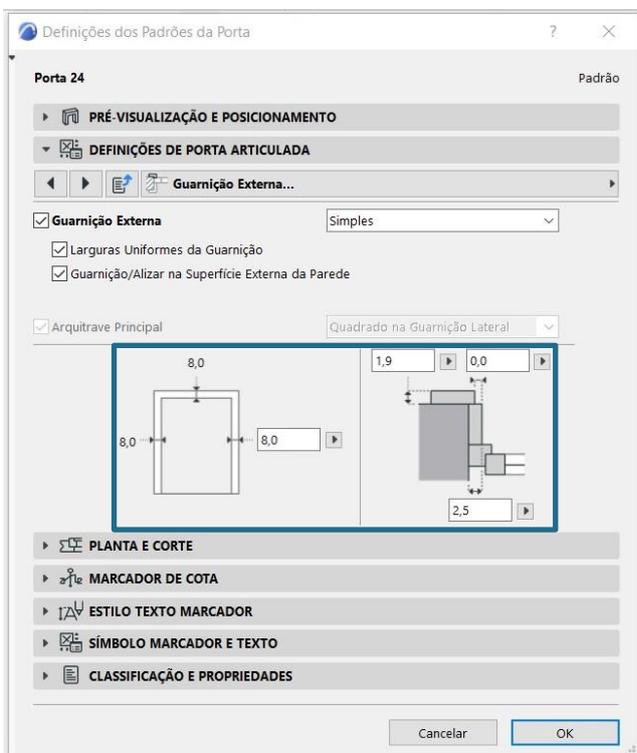
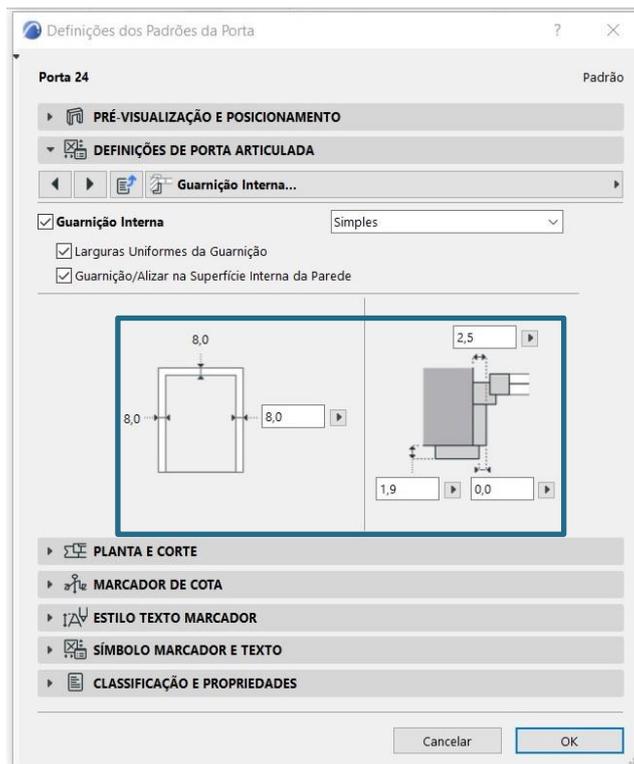


Imagem 139: Definições de Guarnição Interna

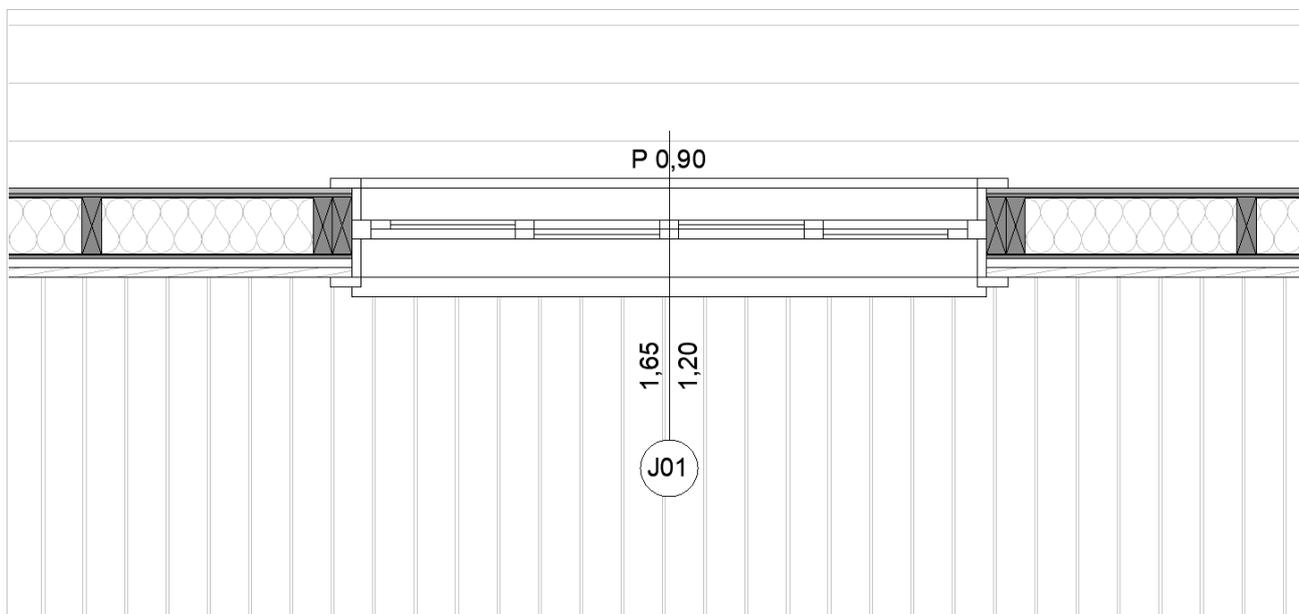


## 7.2 Janelas

### 7.2.1 Elementos mínimos a serem configurados nas definições de uma janela - válidos para as janelas grandes deste modelo

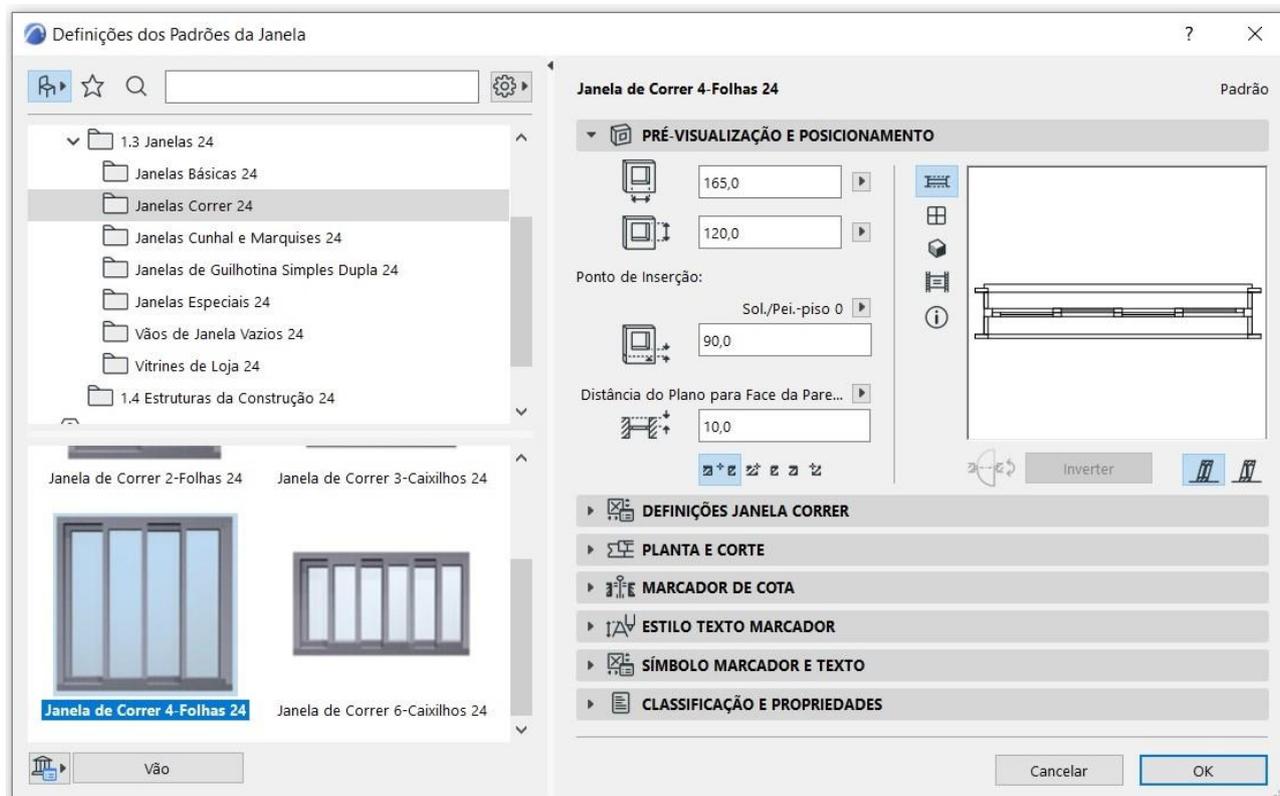
Como neste exercício vamos inserir a janela da Parede 2 do pavimento térreo da unidade, certifique-se de estar trabalhando no piso de origem **0. Pavimento Térreo** e mantenha habilitados **todos os vegetais numéricos**. A janela deve ser inserida no vão já previsto na estrutura da Parede 2 entre os montantes duplicados (montante + umbral), e também entre verga e contra-verga, conforme a imagem 138 - para ver a janela em corte ver detalhes das imagens 18 e 19.

Imagem 140: Janela grande Parede 2 pavimento térreo da unidade



Após escolhido o modelo de janela no menu do lado esquerdo da janela de definições (neste exercício refere-se ao modelo Janela de Correr 4-Folhas 24 - Janelas 24 > Janelas Correr 24 > Janela de Correr 4-Folhas 24), o primeiro passo é configurar na aba **PRÉ-VISUALIZAÇÃO E POSICIONAMENTO** as dimensões gerais da esquadria, conforme é destacado na imagem abaixo.

Imagem 141: Primeiro passo para configurar uma janela



Feito isso, na segunda aba chamada **DEFINIÇÕES JANELA CORRER**, configure os elementos marcados na lista abaixo.

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 01 - Tamanhos Nominais e Tolerância     | 15 - Recorte na Parede           |
| 02 - Forma ✓                            | 16 - Arco de Alvenaria           |
| 03 - Definições de Janela e Abertura ✓  | 17 - Atributos Modelo            |
| 04 - Batente e Caixilho ✓               | 18 - Equipamentos e Acessórios ✓ |
| 05 - Larguras Moldura ✓                 | 19 - Soleira/Peitoril ✓          |
| 06 - Opções Caixilho                    | 20 - Peitoril Interno            |
| 07 - Maçaneta                           | 21 - Guarnição Externa ✓         |
| 08 - Ventilação Natural                 | 22 - Guarnição Interna ✓         |
| 09 - Tipo Abertura e Ângulo/Comprimento | 23 - Quebra-Sol                  |
| 10 - Linhas de Abertura                 | 24 - Personal. Canto             |
| 11 - Atributos Modelo                   | 25 - Atributos Modelo            |
| 12 - Abertura Parede                    | 26 - Planta e Corte              |
| 13 - Requadro                           | 27 - Descrições                  |
| 14 - Fechamento Parede                  |                                  |

A seguir serão exibidas as imagens da janela de definições respectivos aos elementos marcados na lista acima demonstrando as configurações adotadas para o modelo do exercício.

Imagem 142: Definições de Forma

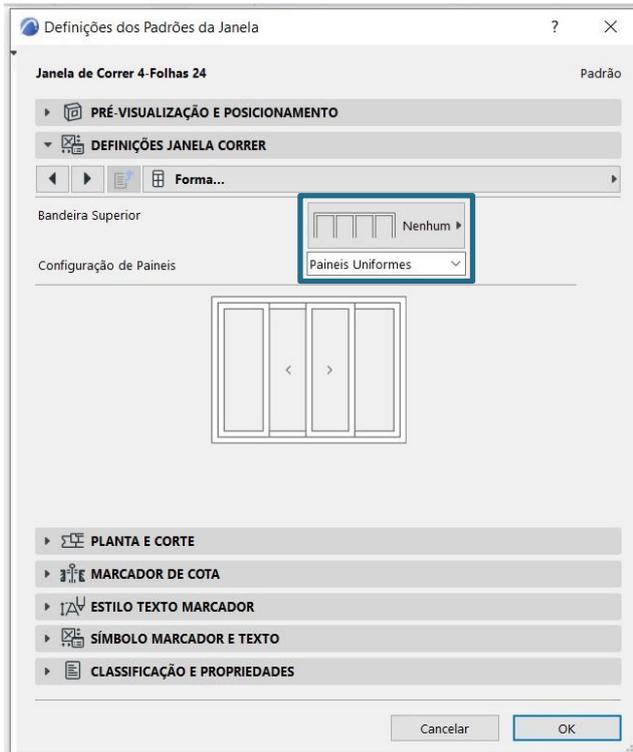


Imagem 143: Definições de Janela e Abertura

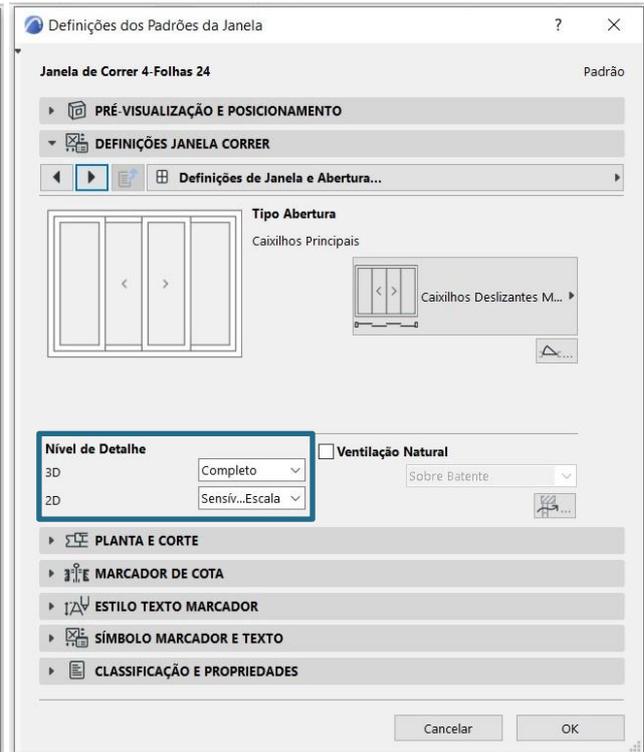


Imagem 144: Definições Batente e Caixilho

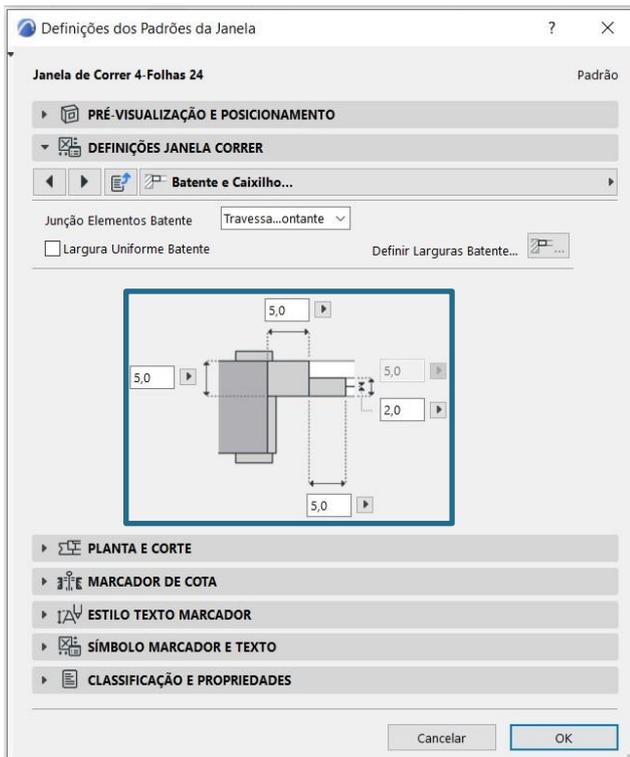


Imagem 145: Definições Larguras Moldura

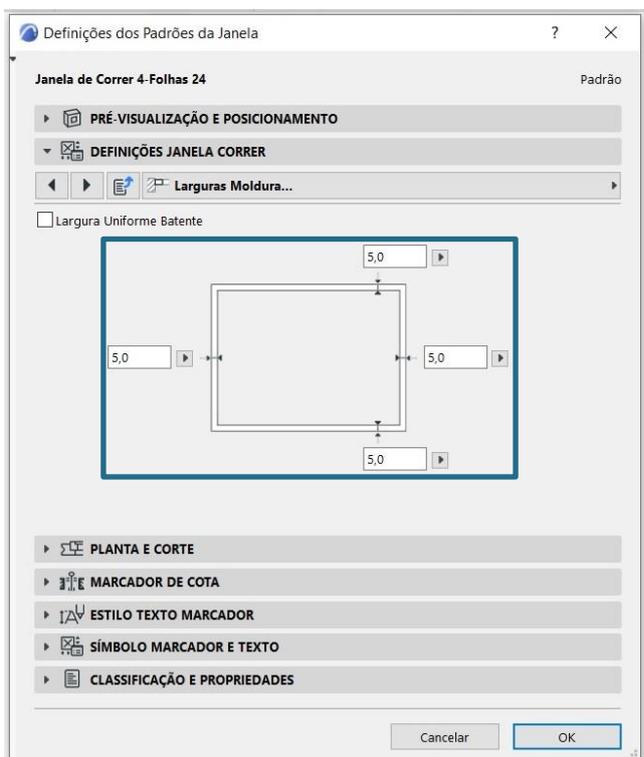


Imagem 146: Definições Equipamentos e Acessórios

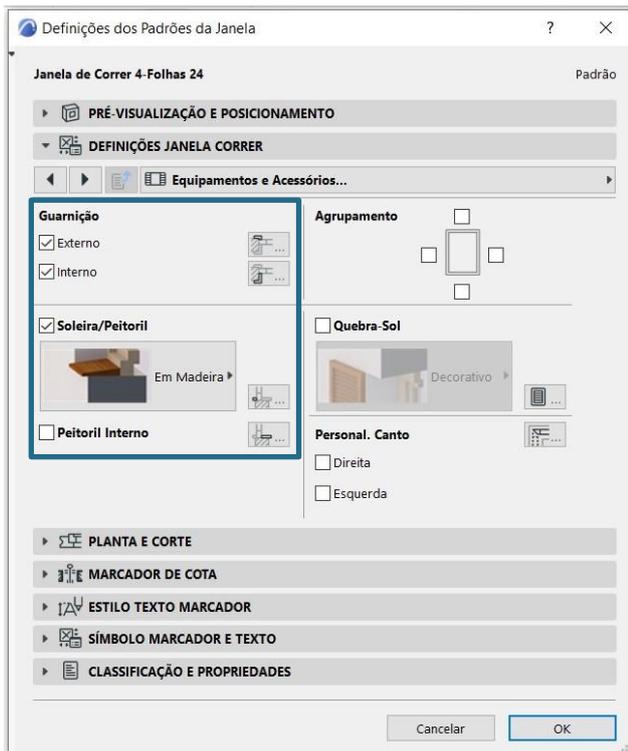


Imagem 147: Definições Soleira/Peitoril

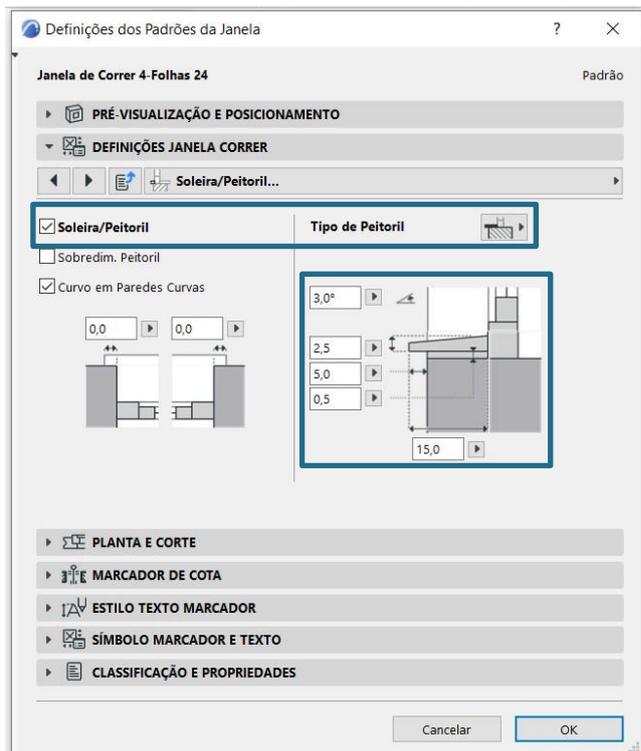


Imagem 148: Definições Guarnição Externa

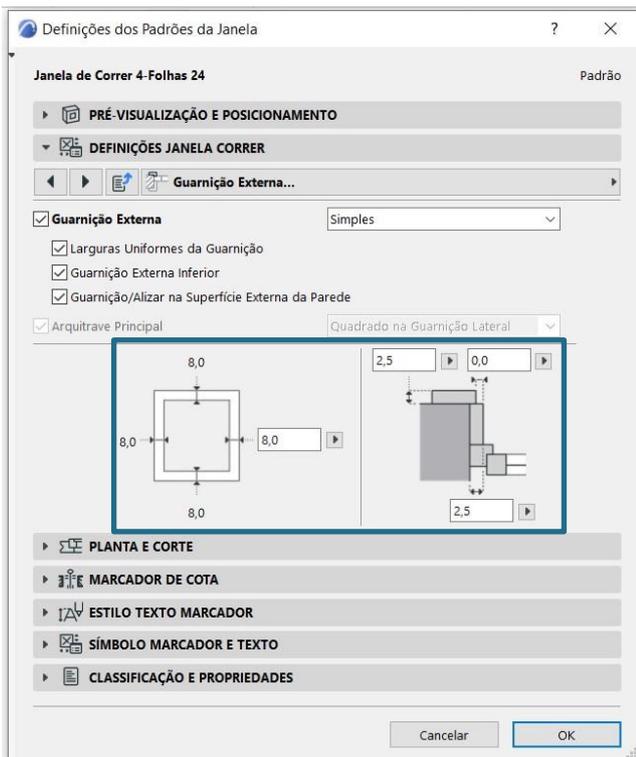
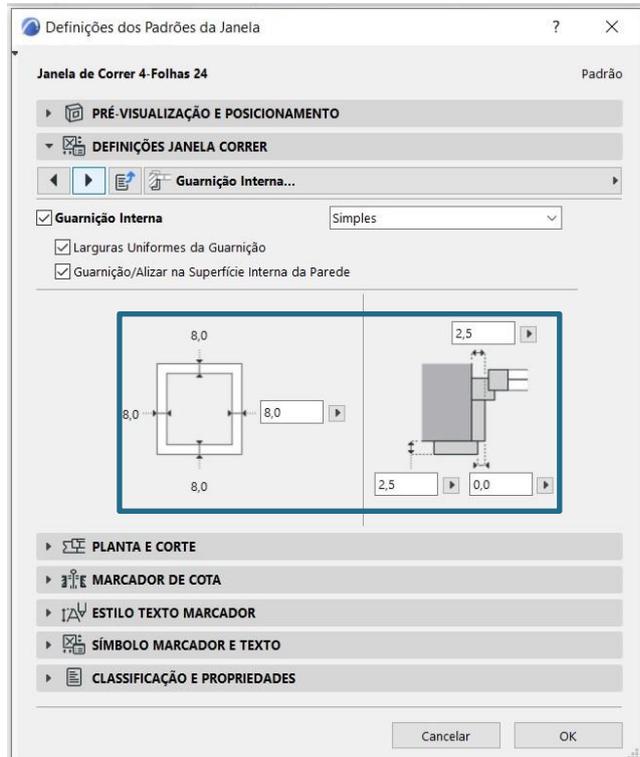


Imagem 149: Definições Guarnição Interna



Neste exercício para nível de prática serão inseridos somente a porta de acesso principal e a janela grande da Parede 2. Sinta-se à vontade para complementar o aprendizado inserindo as demais esquadrias no modelo, ou configurando e inserindo novas esquadrias.

**Observação:** O preenchimento expansivo será considerado somente a nível de detalhe e deverá ser representado manualmente com o uso de linhas e tramas conforme pode ser observado nos detalhamentos das imagens 13, 18, 19 e 20 - válido para portas e janelas.

## 8. Observações Finais sobre o modelo

### 8.1 Piso Final, Forro e Deck

A modelagem do piso final e do forro, respectivos ao pavimento térreo e ao primeiro pavimento, não serão instruídos neste exercício, porém poderão ser praticados extraclasse para complementar o modelo. Para inserir os mesmos utilize o elemento “Laje” do ArchiCAD. Ambos podem ter **2 cm** de espessura e utilize como composição **Madeira** para os pisos e **Gesso acartonado** para os forros. Esteja atento para seu correto posicionamento vinculado à altura dos elementos em relação ao Afastamento ao Piso de Origem.

Em relação ao caimento do banheiro, utilizou-se camadas separadas de morph para executar o piso inclinado, uma vez que a ferramenta laje do ArchiCAD não permite isso. Já o ralo foi representado somente em 2D no corte uma vez que este material não contempla as instalações hidrossanitárias.

Quanto ao madeiramento que cobre o deck da unidade, este pode ser modelado utilizando o elemento “Laje”, também com **2 cm** de espessura e como composição **Madeira**, prevendo um espaçamento mínimo entre as peças para o escoamento da água. Outra opção de modelagem é utilizar o elemento “Viga” e a opção Perfil Complexo denominado “**Madeira deck**”, criado especialmente para este exercício.

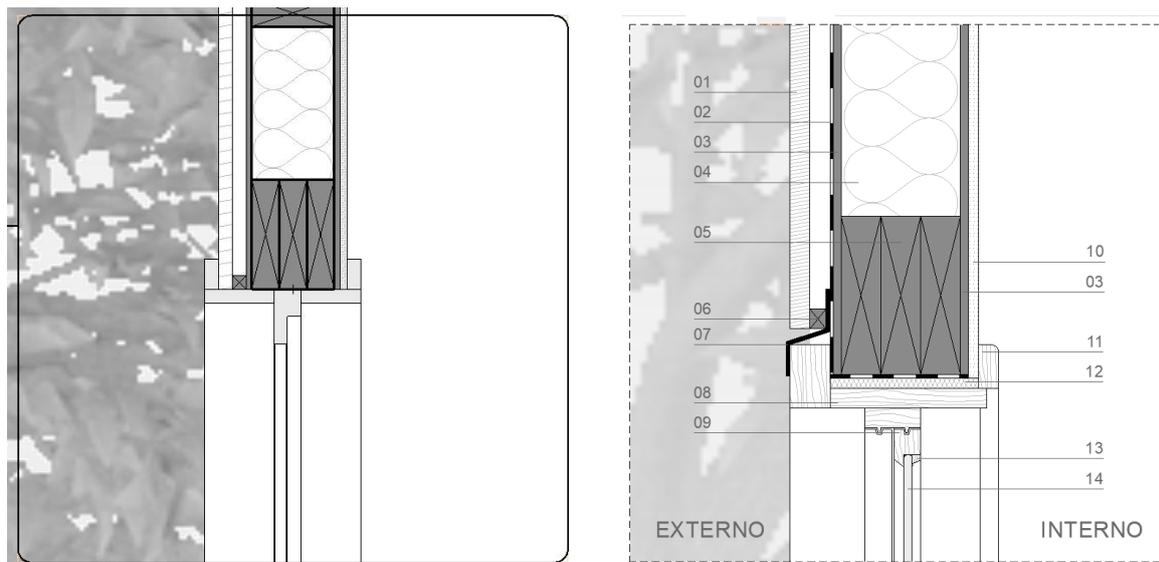
### 8.2 Escada

Como o foco deste exercício é a prática vinculada a estrutura em *woodframe* e sua relação com os fechamentos e as esquadrias, a escada é um elemento parametrizado disponibilizado aqui já configurado, uma vez que nos projetos individuais cada escada apresentará uma configuração própria devido aos aspectos particulares. Para verificar os elementos configurados na escada deste modelo selecione a mesma e acesse suas definições através do comando Ctrl+T.

## 9. Detalhamentos

O ArchiCAD disponibiliza de uma ferramenta específica denominada “Ferramenta Detalhe” para detalhamentos em 2D que fica localizada na barra lateral esquerda do programa, dentro da aba Ponto de Vista. Para criar um detalhe basta estar em um desenho específico - pode ser em uma planta, corte ou elevação, clicar na ferramenta Detalhe e selecionar a área a ser detalhada. Uma nova representação 2D será criada a partir da área selecionada dentro da barra direita do programa dentro da aba Mapa de Projeto > Detalhes. Pode-se alterar a escala deste desenho e complementá-lo com informações através de linhas, tramas, textos, cotas, etc. O que for desenhado sobre os detalhes não irá interferir nas representações originais. A imagem a seguir demonstra uma comparação de um detalhamento gerado no modelo do exercício antes e depois de sua complementação. Os detalhamentos apresentados no item 3.1 deste material representam soluções convencionais e podem ser utilizados como base para o detalhamento dos projetos individuais, desde que orientados pela(o) docente da disciplina.

Imagem 150: Comparação nível de detalhes/informações antes (esquerda) e depois (direita) da edição do detalhamento



## 10. Por onde começar o projeto individual?

Finalizado o exercício dirigido, o objetivo agora é aplicar o conhecimento obtido sobre a técnica construtiva *woodframe* em uma situação de projeto. Para tal, como começar essa transposição? O primeiro passo é escolher o módulo estrutural que será seguido durante todo o projeto - neste caso 60x60 cm; pois este influenciará o pré-dimensionamento do projeto individual.

Uma vez definidos o partido arquitetônico (volumetria e plantas esquemáticas) e o módulo a ser utilizado, deve-se definir os planos estruturantes de paredes, pisos e coberturas. Feito isto pode-se iniciar o pré-dimensionamento e lançamento estrutural pautado pelas tabelas apresentadas ao longo deste polígrafo - o qual posteriormente estará sujeito a revisão.

Ao se iniciar a modelagem, caso opte-se por utilizar o *template* disponibilizado, algumas ressalvas devem ser observadas a fim de adequá-lo ao projeto individual. A primeira delas é em relação à altura dos pisos do ArchiCAD. No *template* utilizou-se uma altura de 300 cm entre os pisos de origem (destacando que esta altura é diferente do pé-direito), sempre tendo como referência a parte superior das chapas de OSB de cada pavimento. Para tal, deve-se considerar a altura de pé-direito desejada no projeto individual, e configurar a partir dela a altura dos pisos de origem no *template* (ver item 3 deste polígrafo). Caso a altura dos pisos de origem do ArchiCAD definida seja diferente do valor de 300 cm, recomenda-se criar uma cópia do arquivo do *template* e excluir o modelo referência, pois como a posição dos elementos do mesmo estão vinculadas a este valor, o mesmo irá se desconfigurar.

Após modelada a estrutura do projeto individual, antes de iniciar a modelagem dos fechamentos (paredes + cobertura), verifique se as soluções de composições para fechamentos disponibilizadas no *template* suprem com as necessidades do projeto. Caso contrário, crie ou configure suas próprias composições, e somente após aplique ao seu modelo.

O restante do desenvolvimento do projeto dependerá de fatores e escolhas individuais - esquadrias, revestimentos, acabamentos, interiores, etc., envolvendo um grau de definição cada vez maior que resultará nos detalhamentos.

# 11. Epílogo

## Considerações quanto ao Modelo

O modelo aqui apresentado, apesar de representar todas as principais etapas da montagem estrutural e de contar com a revisão de um engenheiro especialista em estruturas de madeira, é uma versão simplificada introdutória do sistema *woodframe*, visando um entendimento geral da técnica construtiva com devidas adaptações. Cabe, portanto reforçar que, por se tratar de um anteprojeto arquitetônico para referência no âmbito acadêmico, o mesmo não pretende substituir a necessidade real de um projeto executivo.

## Estrutura

Com relação ao pré-dimensionamento geral, este é pautado pelas tabelas dimensionais e exemplos de detalhamentos apresentados nas bibliografias de Thallon (2009) e Ching (2010) - sistema americano - interpretadas no cenário local do projeto. Nesse escopo, o esqueleto estrutural interno especificado é em madeira maciça de pinus tratado para montantes e guias; e vigas e barrotes em MLC (madeira laminada colada) também de pinus tratado. Optou-se ainda por trabalhar numa modulação com intervalos de 60 cm por questões de racionalização de materiais e também por este ser um valor múltiplo de 120 e 240 cm, referente ao tamanho padrão das chapas de OSB utilizadas para fechamento das unidades. Para a estrutura das paredes externas utilizou-se montantes de 5x15 cm por ser passível de receber internamente pilares compostos de pinus de 15x15 cm (além de receber instalações hidráulicas e elétricas), e para as paredes internas, montantes de 5x10 cm. Por ser uma simplificação do sistema, conforme visto, as medidas apresentadas são medidas nominais; também não foi elaborado até o momento um modelo que considerasse os comprimentos e quantificações de mercado das madeiras estruturais. No tocante as respectivas fixações e encaixes dos elementos do sistema, estas também seguem um padrão americano; embora não seja exigida uma maior especificação do tipo e inserção de fixadores, emprega-se uma montagem de “encaixes” entre vigas e barrotes, onde a fixação ocorre por conectores metálicos tipo “estribos de flanges laterais”. No que se refere as fundações, sendo o sítio de desenvolvimento do projeto um terreno de topografia acidentada, estabeleceu-se de maneira genérica o emprego de pilotis de madeira aparentes com base em blocos de concreto.

## Fechamentos

Os elementos de fechamento de parede, piso e cobertura que compõe o sistema são especificados de acordo com as recomendações dos fabricantes, especialmente no que se refere às chapas de OSB, também responsáveis pela integridade da estrutura (piso 18,3 mm arredondados para 20 mm no modelo; paredes e teto com 11,1 mm arredondados para 10 mm no modelo; placa cimentícia no piso do banheiro 10 mm sobre o OSB). No entanto, apesar de os OSBs das paredes poderem apresentar função de contraventamento sendo neste caso recomendável sua colocação já na montagem estrutural, as paredes do modelo em BIM são inseridas como parte de uma composição única (no ArchiCAD - parede composta), sem a divisão de chapas, e montadas após o esqueleto estrutural estar modelado. Esta prática, apesar de divergir do ocorrido *in loco*, é empregada visando acelerar a montagem do modelo, uma vez que na obra cada um dos materiais é fixado separadamente (à exceção de sistemas já industrializados, onde as paredes saem completas de fábrica). Além disso, se *in loco* no sistema plataforma a estrutura de cada parede é montada no chão para ser posteriormente levantada, encaixada e fixada, no modelo estas são construídas já em posição vertical, também visando a facilitação da modelagem. Com relação aos sistemas complementares hidrossanitário e elétrico, apesar de não estarem presentes, o modelo prevê espaço para passagem de tubulações, conforme mencionado.

Os fechamentos de cobertura seguem a mesma lógica das paredes; no entanto as madeiras de revestimento externo configuram uma camada independente, visando uma correta representação no detalhamento.

## Esquadrias

Neste *software* as esquadrias são elementos parametrizados que possuem uma relação direta com as paredes, ou seja, no *software* o modelo deve estar completamente fechado para que posteriormente possa ocorrer a inserção das aberturas, divergindo da prática *in loco*. Maiores definições como o preenchimento expansivo na folga de encaixe das esquadrias são representados somente no detalhe em 2D.

## Legislação

Com relação a legislação no panorama brasileiro, atualmente existem as Diretrizes Técnicas SINAT-005 (Março 2017) (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas) elaborado especificamente para a construção de casas de *woodframe*, e DATEC 020-C (validade Julho 2020) Documento de Avaliação Técnica, ambos apresentados pela empresa TecVerde para o sistema MCMV; encontra-se ainda em revisão a Norma NBR 7190 “Projetos de Estruturas de Madeira” e, em fase de estudo, a futura NBR específica para *woodframe*. Estas normas apesar de serem referenciadas durante a aplicação do exercício, por questões de adequação de conteúdos didáticos, não foram, até o presente momento, objeto de estudo desta pesquisa.

## Contribuição

Apesar do exercício dirigido aqui apresentado aproximar os estudantes de um “canteiro de obras virtual”, ressalvas didáticas e/ou restrições do programa ocorrem ao longo da simulação virtual e devem ser esclarecidas aos discentes; uma vez consideradas, o modelo comprova-se cumprir plenamente sua função educativa no contexto aqui proposto (ver Introdução pg. 3).

# 12. Agradecimentos

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida para realização da pesquisa.

À Profa. Angelica Paiva Ponzio por acolher esta pesquisa e conduzi-la com excelência.

Ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura (PROPAR) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) incluindo o Comitê de Ética em Pesquisa da Pró-Reitoria de Pesquisa da UFRGS.

A todos os acadêmicos de Projeto Arquitetônico II turmas A e C do curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da UFRGS entre 2018/2 e 2019/2, que confiaram em meu trabalho e contribuíram com a pesquisa. Destaco também os monitores Pamela Calliari Milesi e Juliano Christofoli. Um agradecimento especial à acadêmica Ravel Pahola Brevia de Andrade por ter auxiliado no desenvolvimento do modelo referência em *woodframe* e no *template* em ArchiCAD

A instrutora de ArchiCAD Raquel Smidt que por vezes se disponibilizou a amenizar as dificuldades encontradas no percurso.

Ao engenheiro Alberto Fridman por contribuir com a revisão do modelo referência em *woodframe* garantindo a integridade da pesquisa.

# 13. Referências

CHING, F. D. K. Técnicas de Construção Ilustradas. 4. ed. Porto Alegre - RS: Bookman, 2010. 480p.

CHING, F. D. K., ONOUYE, Ab. s.; ZUBERBUHLER, D. Sistemas Estruturais Ilustrados. Porto Alegre - RS: Bookman, 2010. 320p.

THALLON, R. Graphic Guide to Frame Construction. 3. ed. Newtown: Taunton Press, 2009. 256p

Manual in: site Construção em Madeira, Sistema Plataforma, NUTAU/USP, <http://www.usp.br/nutau/madeira/páginas/introdução/introducao.html> Medidas Nominais (de referência) x Medidas Efetivas dos componentes construtivos

Medidas Nominais (de referência) x Medidas Efetivas dos componentes construtivos

1.OSB - Paredes e coberturas - medida efetiva = 11,1 mm espessura em chapas de 1200 x 2400/3000; medida nominal da espessura no modelo = 10 mm em plano único; Pisos - 18,3mm de espessura em chapas de 1200 x 2400; medida nominal no modelo = 20 mm espessura em chapas de 1200 x 2400;

2. Placa cimentícia - medida efetiva e no modelo = 10 mm espessura x 1200 x 2400;

3. Montantes e guias de pinus autoclavado - medida efetiva = 4,5 x 14; medida nominal no modelo = 5 x 15; Vigas e barrotes de MLC = 5 x 20 (nominal no modelo) = 4,5 x 19 efetiva; 5 x 25 (nominal no modelo) = 4,5 x 24 efetiva; 10 x 30 (nominal no modelo) = 9,5 x 29, etc.

## ANEXO A – CRONOGRAMA PA-II TURMA C 2018/2

Mês	Dia	Objetivos	Atividades	Procedimentos	Materiais
Agosto	08/08	Apresentação do Semestre	1.Plano de Trabalho, Procedimentos de aula, cronograma 2. Apresentação dos alunos, expectativas do semestre; grupo facebook	Apresentação Semestre Apresentação alunos	Data show
		Exercício Casa na Árvore - Aproximação ao Problema	1. Apresentação e Enunciado do exercício ; 2. Storytelling	Aula Expositiva	papel e lápis; material maquete; galho
	3. Desenvolvimento do Exercício		Trabalho em aula - croquis/maquete		
	13/08	Painel - Exercício Lúdico	4. Painel de Apresentação	Crítica coletiva	Croquis e Maquetes
	15/08	Análise Tipologias	1. Aula Hotel Design; Construção cenários; economia experiencia	Aula Expositiva	301A
	17/08		2. Pesquisa Tipologias	Trabalho em aula - pesquisa	
	20/08	Painel Tipologias	3. Painel de Apresentação	Painel grupos	PDF
	22/08	Tema Ambiental: o Sítio	1. Apresentação Terreno	Aula Expositiva; Profª Angelica;	Data show
	24/08		2. Preparação para a visita e elementos de análise		301A
	27/08		3. Análise propostas art. x mapa local		
29/08	Análise do Sítio	4.Trabalho em aula - análise sítio x tipologias apresentadas x prop anteriores	Trabalho em aula - grupos		
29/08	Reconhecimento do Sítio	5. Apresentação estudos + Archicad modelagem terreno	Painel + Aula Teórica/Víctor		
31/08	Análise do Sítio	6. Visita Local		Bloco, máquina fotos, ténis	
03/09	Conceito	7.Trabalho em aula - análise sítio analógica + sugestão caminhos + atividades			
		1. Aula Conceito; MM; GP; Moodboard 2. Desenvolvimento em aula Mapa Mental; GP; fazer Chapeu + moodboard	Trabalho em aula - grupos	Folha A1, canetas, fotos, etc.	
Setembro	05/09	Conceito + Sítio +Tipologias	Painel de Apresentação: análise + atividades e zoneamento; Mapa mental; GP; Moodboard	Crítica coletiva	Filme, fotos, Pdf/dashow; Chapeus; moodboard, MM,GP
	07/09	Feriado			
	10/09	Implantação	1. Aula desenho Espaço aberto; malhas; maquete 1 500	Aula expositiva	conceito, croquis, maquete
	12/09		2. Desenvolvimento em Aula; desenho e maquete; conceito Hotel	Trabalho em aula	
	14/09		3. Desenvolvimento em Aula; caminhos 3D/Archicad	Trabalho em aula - grupos	PB 1.500 ; maquete; perspectivas
	17/09		4. Desenvolvimento em aula; caminhos 3D/Archicad		
	19/09	Implantação	5. Painel Implantação	Crítica coletiva	PB/especf. conceito, maquete, perspect
	21/09		6. Acertos implantação/atividades/especificações	Trabalho em Aula - Grupos	PB 1.500 ; maquete; perspectivas
	24/09		7. Acertos implantação/atividades/especificações		
	26/09	Unidades	8. Painel Implantação	Crítica coletiva	PB/especf. conceito, maquete, perspect
	28/09		1. Aula Teórica - Operações compositivas; referências x conceito	Aula Expositiva - Exerc em Aula	Referencias/moodboard/conceito
	01/10	Unidades	2. Desenvolvimento em Aula - referênciasx conceito, volumetria x zoneamento;	Trabalho em Aula	volumetria/zoneamento
	03/10		3. Painel Unidades -Volumetria/conceito/zoneamento, referências	Crítica coletiva	Volumetria/zoneamento/moodboard
	05/10		4. Aula Teórica - Programa/conceito + topografia/conforto	Trabalho em Aula	programa; revisão volumetria/zoneamento
	08/10		5. Assessoramento - adequação ao terreno		
10/10	6. Painel Unidades		Crítica Coletiva	PB, Corte, Maquete	
10/10	Sistema Construtivo - Panorama	Aula Teórica 1 - sistema woodframe	Aula Expositiva + Assessoramento		
12/10	Feriado				
15/10					
17/10					
19/10					
22/10					
24/10	Sistema construtivo Unidades	1. Maquete modelo	Trabalho em Aula - Grupos	Maquete estrutural	
26/10					
29/10	Sistemas construtivos Unidades	2. Desenvolvimento em Aula - lançamento estrutura	Assessoramento	Dimensionamento componentes	
31/10					
Novembro	02/11				
	05/11	Sistema construtivo Unidades	3. Painel Componentes Sistema / dimensionamentos	Crítica Coletiva	modelo
	07/11		4. Aula Teórica 2 - fechamentos + desenvolvimento em aula	Aula Exposit + Assessoramento	desenho técnico
	09/11		5. Aula Teórica 3 - Coberturas + desenvolvimento em Aula		
	12/11	Sistema Construtivo + Detalhe	6. Painel Componentes Sistema / fechamentos/coberturas	Crítica Coletiva	modelo + cortes
	14/11		7. Aula Teórica 3 - sistemas complementares	Aula Expositiva + Assessoramento	desenho técnico
	16/11		8. Desenvolvimento em Aula	Assessoramento	
	19/11		9. Painel Componentes Sistema / fechamentos	Crítica Coletiva	modelo + cortes
	21/11	Sistema Construtivo Unidades + Detalhe	10. Desenvolvimento em Aula	Assessoramento	desenho técnico
	23/11		11. Desenvolvimento em Aula		
	26/11	Sistema Construtivo Unidades	12. Painel Detalhe e Revestimentos Externos	Painel Individual	Detalhe/Fach/Elevações
	28/11		13. Desenvolvimento em Aula		
30/11	14. Desenvolvimento em Aula				
03/12	Sistema Construtivo - Revisão		15. Painel Detalhe e Revestimentos Externos	Painel Individual	Detalhe/Fach/Elevações
Dezembro	5/12	Interiores/Ambientação	1. Aula Interiores; Instrução planilha especificações		
	7/12		2. Visita Técnica		
	10/12	Interiores/Ambientação	3. Painel Planilha Interiores e Pbi/Cores Perspektvados;	Painel Individual	
	12/12	Diagramação			
	14/12	Pré-Entrega			
	17/12	Assessoramentos			
	19/12	Assessoramentos			
21/12	Entrega Final				

Fonte: Angelica Paiva Ponzio, 2018

## ANEXO B – CRONOGRAMA PA-II TURMAS AC 2019/2

Mês	Dia	Objetivos	Atividades	Procedimentos	Materiais	
Agosto	12/08	Apresentação do Semestre	1.Plano de Trabalho, Procedimentos de aula, cronograma 2. Apresentação dos alunos, expectativas do semestre; grupo facebook	Apresentação Semestre Apresentação alunos	409	
	14/08	Análise Tipologias	1. Aula Hotel Design; Construção cenários; economia experiência	Aula Expositiva	Lab	
	16/08		2. Pesquisa Tipologias	Trabalho de pesquisa		
	19/08	Painel Tipologias	3. Painel de Apresentação	Painel grupos	PDF	
	21/08	Tema Ambiental: o Sítio	1. Aula análise sítio; Preparação para a visita e elementos de análise/ modelagem terreno	Datashow/ Juliano + Victor + William	Lab	
	23/08		2. Visita ao local; trilhas; picnic	Caminhadas + PicNic	Bloco, máquina fotos, tênis	
	26/08	Reconhecimento do Sítio	4. Painel de Apresentação: análise + atividades e zoneamento 3. Finalização apresentações/ georef/so/ inserir unidades	Crítica Coletiva Juliano + Victor	Pdf/datashow	
	28/08	Conceito	1. Aula Conceito			
	30/08		2. Desenvolvimento em aula Mapa Mental; GP 3. Moodboard; chapéu	Trabalho em Aula - grupos	2 Folhas A2, canetas coloridas;	
Setembro	02/09	Conceito	3. Painel Mapa Mental; GP; Moodboard - Seleção temática hotel semestre	Crítica coletiva; convidado designer	Chapeus; moodboard, MM,GP,Site	
	04/09	Site- Implantação	1. Início do exercício - site; modelo equip. caminhos e unidades; 1 atividade	Oziel palestra + aula Teórica + Trabalho em aula Angelica/William	Lab e 409	
	06/09		2. Aula implantação e Desenvolvimento do Exercício			
	09/09	Site - Implantação	3. Assessoramento - modelo virtual/implantação	Assess. Maíara e Guilherme	Lab	
	11/09			Assessoramento		
	13/09	Unidades	1. Pesquisa unidades - moodboard/programa	Aula Expositiva - Exerc em Aula	Referencias/moodboard/conceito	
	16/09	Unidades	2. Painel de Apresentação - Site com moodboard + pdf terreno, equiptos	Crítica coletiva (site + modelo)	Lab	
	18/09		3. Aula Teórica - Operações compositivas; exerc em aula	Aula Expositiva; exercício		
	20/09	FERIADO				
	23/09	Unidades	1. Painel Volumetria unidades	Crítica coletiva	Volumetria/zoneamento/moodboard	
	25/09		2. Assessoramento Volume + luz externa; inserir unidades terreno	Juliano + Victor	Lab	
	27/09		3. Assessoramentos			
30/09	Unidades	4. Painel Volumetria unidades c/ insolação	Crítica coletiva	Volumetria/zoneamento/moodboard		
Outubro	02/10	Mobiliário/ambientação temática	1. Aula Interiores; fazer moodboard interiores	Trabalho em Aula	Lab	
	04/10		2. Exerc em Aula - Interiores			
	07/10	Mobiliário/ambientação	3. Exerc em Aula - Interiores	Trabalho em Aula	Lab	
	11/10		4. Painel interiores: Modboard + modelo + PB/Corte mobiliário (especif.)	Crítica coletiva	Modelos	
	09/10	Sistema Construtivo - Detalhes	1. Aula Teórica 1 - sistema woodframe	Aula Expositiva + Assessoramento		
	14/10	Exercício Dirigido - Etapa 1 Estrutura				
	16/10					
	18/10					
	21/10					
	23/10	Semana Acadêmica				
25/10	FERIADO					
30/10	Sistema Construtivo	2. Painel lançamento estrutura	Crítica Coletiva	modelo + cortes		
01/11		3 e 4. Aula teórica 2 e 3 - Fechamentos Estrutura	Aula expositiva	Lab		
Novembro	04/11	Exercício Dirigido - Etapa 2 Fechamentos				
	06/11	Sistema Construtivo Unidades - Cobertura	5. Desenvolvimento em Aula	Assessoramento	Lab	
	08/11		6. Desenvolvimento em Aula			
	11/11	Painel - Coberturas	7. Painel Componentes Sistema / cobertura	Crítica Coletiva - - engo convidado	modelo + cortes	
	13/11	Exercício Dirigido - Etapa 3 Esquadrias				
	15/11	FERIADO				
	18/11	Sistema Construtivo - Fechamentos	11. Desenvolvimento em Aula	Assessoramento	Lab	
	20/11		12. Desenvolvimento em Aula			
	22/11		13. Desenvolvimento em Aula			
	25/11	Sistema Construtivo - Fechamentos	14. Painel Fechamentos	Painel Individual	Detalhe/Fach/Elevações	
27/11	Exercício Dirigido - Extra					
29/11	Detalhes	15. Desenvolvimento em Aula				
Dezembro	2/12	Sistema Construtivo - Detalhes	16. Desenvolvimento em Aula	Assessoramento		
	04/12		17. Desenvolvimento em Aula			
	06/12		18. Painel Detalhes			
	09/12	Sistema Construtivo - Detalhes	19. Desenvolvimento em Aula	Assessoramento		
	11/12		20. Desenvolvimento em Aula			
	13/12	Diagramação	Aula diagramação			
	16/12	Diagramação				
	18/12	RA e RV				
20/12	Pré-Entrega	Revista previa				
Janeiro	03/01	EAD				
	06/01	Entrega Final	Técnicos + revista			
	08/01	Painel Final	BIM X e AUGMENT			
	10/01					

Fonte: Angelica Paiva Ponzio, 2019

## ANEXO C – GRADE CURRICULAR DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA FACULDADE DE ARQUITETURA DA UFRGS

**Período Letivo:** 2020/1

**Curso:** ARQUITETURA E URBANISMO  
**Habilitação:** ARQUITETURA E URBANISMO  
**Currículo:** ARQUITETURA E URBANISMO

**Créditos Obrigatórios:** 260  
**Créditos Eletivos:** 10  
**Créditos Complementares:** 6  
**Créditos Convertidos:** 36  
**Total:** 312

**Carga Horária Obrigatória:** 4440  
**Carga Horária Eletiva:** 150  
**Nº de Tipos de Créditos Complementares:** 2  
**Total:** 4680

### Etapa 1

Código	Disciplina/Pré-Requisito	Caráter	Créditos	Carga Horária
MAT01339	CÁLCULO E GEOMETRIA ANALÍTICA PARA ARQUITETOS	Obrigatória	6	90
ARQ01046	DESENHO DE CONCEPÇÃO I	Obrigatória	3	45
ARQ03004	GEOMETRIA DESCRITIVA APLICADA À ARQUITETURA	Obrigatória	4	60
ARQ01001	HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE I	Obrigatória	2	30
ARQ01044	INTRODUÇÃO AO PROJETO ARQUITETÔNICO I	Obrigatória	9	135
ARQ01045	MAQUETES	Obrigatória	3	45
ARQ03006	TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO ARQUITETÔNICA	Obrigatória	3	45

### Etapa 2

Código	Disciplina/Pré-Requisito	Caráter	Créditos	Carga Horária
ARQ01047	DESENHO DE CONCEPÇÃO II - ARQ01044 - INTRODUÇÃO AO PROJETO ARQUITETÔNICO I - e ARQ01045 - MAQUETES - e ARQ01046 - DESENHO DE CONCEPÇÃO I - e ARQ03004 - GEOMETRIA DESCRITIVA APLICADA À ARQUITETURA - e ARQ03006 - TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO ARQUITETÔNICA	Obrigatória	3	45
ARQ01003	HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE II - ARQ01001 - HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE I	Obrigatória	2	30
ARQ01049	INTRODUÇÃO AO PROJETO ARQUITETÔNICO II - ARQ01044 - INTRODUÇÃO AO PROJETO ARQUITETÔNICO I - e ARQ01045 - MAQUETES - e ARQ01046 - DESENHO DE CONCEPÇÃO I - e ARQ03004 - GEOMETRIA DESCRITIVA APLICADA À ARQUITETURA - e ARQ03006 - TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO ARQUITETÔNICA	Obrigatória	9	135
ENG01139	MECÂNICA PARA ARQUITETOS - MAT01339 - CÁLCULO E GEOMETRIA ANALÍTICA PARA ARQUITETOS	Obrigatória	4	60
ARQ02020	PRÁTICAS SOCIAIS NA ARQUITETURA E NO URBANISMO	Obrigatória	2	30
ARQ01075	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA I - ARQ01046 - DESENHO DE CONCEPÇÃO I - e ARQ03006 - TÉCNICAS DE REPRESENTAÇÃO ARQUITETÔNICA	Obrigatória	6	90
GEO05501	TOPOGRAFIA I - ARQ03004 - GEOMETRIA DESCRITIVA APLICADA À ARQUITETURA	Obrigatória	4	60

## Etapa 3

Código	Disciplina/Pré-Requisito	Caráter	Créditos	Carga Horária
ARQ01005	ARQUITETURA NO BRASIL - ARQ01003 - HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE II - e ARQ01049 - INTRODUÇÃO AO PROJETO ARQUITETÔNICO II	Obrigatória	4	60
ARQ01085	HABITABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES I - ARQ01049 - INTRODUÇÃO AO PROJETO ARQUITETÔNICO II	Obrigatória	2	30
ARQ01004	HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE III - ARQ01003 - HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE II	Obrigatória	2	30
ARQ01007	PROJETO ARQUITETÔNICO I - ARQ01047 - DESENHO DE CONCEPÇÃO II - e ARQ01049 - INTRODUÇÃO AO PROJETO ARQUITETÔNICO II - e ARQ01075 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA I - e GEO05501 - TOPOGRAFIA I - e MAT01339 - CÁLCULO E GEOMETRIA ANALÍTICA PARA ARQUITETOS	Obrigatória	10	150
ARQ01076	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA II - ARQ01047 - DESENHO DE CONCEPÇÃO II - e ARQ01075 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA I	Obrigatória	6	90
ENG01169	RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS PARA ARQUITETOS - ENG01139 - MECÂNICA PARA ARQUITETOS	Obrigatória	4	60

## Etapa 4

Código	Disciplina/Pré-Requisito	Caráter	Créditos	Carga Horária
ARQ02201	EVOLUÇÃO URBANA - ARQ01007 - PROJETO ARQUITETÔNICO I - e ARQ02020 - PRÁTICAS SOCIAIS NA ARQUITETURA E NO URBANISMO	Obrigatória	6	90
ARQ01087	HABITABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES II - ARQ01049 - INTRODUÇÃO AO PROJETO ARQUITETÔNICO II	Obrigatória	2	30
ARQ01086	HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE IV - ARQ01004 - HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE III	Obrigatória	2	30
IPH02045	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS A - ARQ01007 - PROJETO ARQUITETÔNICO I	Obrigatória	2	30
IPH02046	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS B - ARQ01007 - PROJETO ARQUITETÔNICO I	Obrigatória	2	30
ARQ01008	PROJETO ARQUITETÔNICO II - ARQ01004 - HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE III - e ARQ01007 - PROJETO ARQUITETÔNICO I - e ARQ01076 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA II	Obrigatória	10	150
ARQ01053	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA III - ARQ01007 - PROJETO ARQUITETÔNICO I - e ARQ01076 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA II	Obrigatória	3	45
ENG01171	TÉCNICAS DE EDIFICAÇÃO A - ARQ01007 - PROJETO ARQUITETÔNICO I	Obrigatória	4	60

## Etapa 5

Código	Disciplina/Pré-Requisito	Caráter	Créditos	Carga Horária
ENG01129	ANÁLISE DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS - ENG01169 - RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS PARA ARQUITETOS	Obrigatória	4	60
ENG01170	ESTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES - ENG01169 - RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS PARA ARQUITETOS	Obrigatória	4	60
ARQ01094	HABITABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES III - ARQ01008 - PROJETO ARQUITETÔNICO II - e ARQ01085 - HABITABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES I - e ARQ01087 - HABITABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES II	Obrigatória	2	30
ARQ01009	PROJETO ARQUITETÔNICO III - ARQ01008 - PROJETO ARQUITETÔNICO II - e ARQ01053 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA III - e ENG01139 - MECÂNICA PARA ARQUITETOS	Obrigatória	10	150
ENG01172	TÉCNICAS DE EDIFICAÇÃO B - ARQ01008 - PROJETO ARQUITETÔNICO II - e ENG01171 - TÉCNICAS DE EDIFICAÇÃO A	Obrigatória	4	60
ARQ02001	TEORIAS SOBRE O ESPAÇO URBANO - ARQ02201 - EVOLUÇÃO URBANA	Obrigatória	4	60

**Etapa 6**

Código	Disciplina/Pré-Requisito	Caráter	Créditos	Carga Horária
ENG01173	ESTRUTURAS DE AÇO E DE MADEIRA A - ENG01129 - ANÁLISE DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS - e ENG01170 - ESTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES	Obrigatória	4	60
ARQ01011	PROJETO ARQUITETÔNICO IV - ARQ01009 - PROJETO ARQUITETÔNICO III - e ENG01169 - RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS PARA ARQUITETOS - e ENG01172 - TÉCNICAS DE EDIFICAÇÃO B	Obrigatória	10	150
ENG01176	TÉCNICAS DE EDIFICAÇÃO C - ENG01172 - TÉCNICAS DE EDIFICAÇÃO B	Obrigatória	4	60
ARQ01088	TEORIA DA ARQUITETURA I - ARQ01009 - PROJETO ARQUITETÔNICO III - e ARQ01086 - HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE IV	Obrigatória	2	30
ARQ02002	URBANISMO I - ARQ02001 - TEORIAS SOBRE O ESPAÇO URBANO	Obrigatória	6	90

**Etapa 7**

Código	Disciplina/Pré-Requisito	Caráter	Créditos	Carga Horária
ENG03015	ACÚSTICA APLICADA - ARQ01011 - PROJETO ARQUITETÔNICO IV - e ARQ01087 - HABITABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES II	Obrigatória	2	30
ARQ01073	ECONOMIA E GESTÃO DA EDIFICAÇÃO - ENG01176 - TÉCNICAS DE EDIFICAÇÃO C	Obrigatória	4	60
ENG01174	ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO A - ENG01129 - ANÁLISE DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS - e ENG01170 - ESTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES	Obrigatória	4	60
ARQ02213	MORFOLOGIA E INFRAESTRUTURA URBANA - ARQ02001 - TEORIAS SOBRE O ESPAÇO URBANO	Obrigatória	4	60
ARQ01013	PROJETO ARQUITETÔNICO V - ARQ01011 - PROJETO ARQUITETÔNICO IV - e ARQ01087 - HABITABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES II - e ENG01170 - ESTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES - e ENG01176 - TÉCNICAS DE EDIFICAÇÃO C	Obrigatória	10	150
ARQ02003	URBANISMO II - ARQ02002 - URBANISMO I	Obrigatória	7	105

**Etapa 8**

Código	Disciplina/Pré-Requisito	Caráter	Créditos	Carga Horária
	ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM ARQUITETURA E URBANISMO - ARQ01011 - PROJETO ARQUITETÔNICO IV - e ARQ02002 - URBANISMO I	Obrigatória	0	180
ENG01175	ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO B - ENG01174 - ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO A	Obrigatória	4	60
ARQ01017	LEGISLAÇÃO E EXERCÍCIO PROFISSIONAL NA ARQUITETURA - ARQ01013 - PROJETO ARQUITETÔNICO V	Obrigatória	2	30
ARQ02005	PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA - ARQ02003 - URBANISMO II	Obrigatória	4	60
ARQ01090	PRÁTICAS EM OBRAS I - ARQ01073 - ECONOMIA E GESTÃO DA EDIFICAÇÃO	Obrigatória	2	30
ARQ01016	PROJETO ARQUITETÔNICO VI - ARQ01013 - PROJETO ARQUITETÔNICO V - e ARQ01088 - TEORIA DA ARQUITETURA I - e ARQ01094 - HABITABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES III - e ENG01173 - ESTRUTURAS DE AÇO E DE MADEIRA A	Obrigatória	10	150
ARQ01089	TEORIA DA ARQUITETURA II - ARQ01013 - PROJETO ARQUITETÔNICO V - e ARQ01088 - TEORIA DA ARQUITETURA I	Obrigatória	2	30
ARQ02004	URBANISMO III - ARQ02003 - URBANISMO II	Obrigatória	7	105

**Etapa 9**

<b>Código</b>	<b>Disciplina/Pré-Requisito</b>	<b>Caráter</b>	<b>Créditos</b>	<b>Carga Horária</b>
ENG03016	CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL - ARQUITETURA - ARQ01016 - PROJETO ARQUITETÔNICO VI	Obrigatória	2	30
ARQ01091	PRÁTICAS EM OBRAS II - ARQ01090 - PRÁTICAS EM OBRAS I	Obrigatória	2	30
ARQ01020	PROJETO ARQUITETÔNICO VII - ARQ01016 - PROJETO ARQUITETÔNICO VI - e ENG01175 - ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO B	Obrigatória	10	150
ARQ01018	TÉCNICAS RETROSPECTIVAS - ARQ01011 - PROJETO ARQUITETÔNICO IV - e ARQ01086 - HISTÓRIA DA ARQUITETURA E DA ARTE IV	Obrigatória	4	60
ARQ02006	URBANISMO IV - ARQ02004 - URBANISMO III	Obrigatória	7	105

**Etapa 10**

<b>Código</b>	<b>Disciplina/Pré-Requisito</b>	<b>Caráter</b>	<b>Créditos</b>	<b>Carga Horária</b>
	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO - Créditos Eletivos - 10 - e Créditos Obrigatórios - 254	Obrigatória	0	360