

Etiene do Amaral Arcari

**FLUXO DE TRABALHO DE INTEROPERABILIDADE ENTRE
MODELAGEM, MATERIALIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO
APLICADO EM DETALHE PROJETUAL DE ACESSIBILIDADE**

Dissertação submetida à Defesa de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.
Orientadora: Prof^a Alice Theresinha Cybis Pereira, PhD.

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Arcari, Etienne do Amaral
Fluxo de trabalho de interoperabilidade entre
modelagem, materialização e reutilização aplicado em detalhe
projetual de acessibilidade / Etienne do Amaral Arcari :
orientadora, Alice Theresinha Cybis Pereira -
Florianópolis, SC, 2016.
167 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo.

Inclui referências.

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Interoperabilidade. 3.
Modelagem Parametrizada. 4. Detalhes de Projeto de
Acessibilidade. 5. Materialização. I. Pereira, Alice
Theresinha Cybis. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Etiene do Amaral Arcari

**FLUXO DE TRABALHO DE INTEROPERABILIDADE ENTRE
MODELAGEM, MATERIALIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO
APLICADO EM DETALHE PROJETUAL DE ACESSIBILIDADE**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em
Arquitetura e Urbanismo”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo –
PósARQ | UFSC.

Florianópolis, 04 de Março de 2016.

Prof. Fernando Barth, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Alice Theresinha Cybis Pereira, PhD.
Orientadora – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof.^a Regiane Trevisan Pupo, Dr.^a.
Membro Interno – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof.^a Vera Helena Moro Bins Ely, Dr.^a.
Membro Interno – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Carlos Eduardo Verzola Vaz, PhD.
Membro Externo – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Dedico este trabalho a todas as pessoas que ajudaram a torná-lo possível. À família, aos colegas, aos professores, a minha orientadora e a todos a quem este trabalho possa ser útil, auxiliando na produção de conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a esta força que alguns chamam de Deus, outros de energia, enfim, ao que nos impulsiona a seguir em frente, a erguer-se... posso assim dizer que agradeço à vida que me foi dada.

Agradeço à minha família, a todos que a ela pertencem! Obrigada pelos exemplos, pela convivência, pela força, pelas palavras amigas. Em especial à minha mãe, meu pai e minha irmã.

Primeiramente, meu pai e minha mãe pelas oportunidades oferecidas na minha jornada como estudante. Meu pai pelo exemplo de perseverança e crescimento profissional, por me proporcionar momentos em que pude encantar-me com a arte e com a tecnologia. A você pai, minha eterna gratidão pela semente plantada. Minha mãe pelo exemplo de superação, paciência e gosto pelo ensino. À você mãe, serei eternamente grata, pois através de você pude compreender a importância da disseminação do conhecimento, um dos maiores dons do ser humano. À minha irmã, pelo exemplo de persistência, ao mostrar que vale a pena lutar para estar ou estudar onde se deseja.

Agradeço ao meu companheiro durante esta jornada, Alessandro. Obrigada por compreender a importância da pesquisa para mim, e por ter aceitado o desafio de acompanhar o desenvolvimento deste trabalho, além de todo o apoio.

Agradeço à minha tia Dete. Com certeza, sem você eu não estaria aqui. Também minha madrinha Fátima, pelos exemplos únicos de persistência e superação.

Agradeço à minha amiga e colega de profissão Carine Adames Pacheco, pelo incentivo e apoio para ingressar no mestrado.

Um agradecimento especial à minha querida e estimada amiga Anne, meu ombro conselheiro e acolhedor.

Agradeço com carinho à minha orientadora, professora Alice, por aceitar fazer parte desta pesquisa e auxiliar no seu desenvolvimento, oportunizando momentos de aprendizagem e superação, o que foi essencial para a conclusão deste trabalho.

A todos os colegas e professores do PósARQ/UFSC pelas contribuições, ensinamentos e exemplos. Vocês foram essenciais!

Aos membros da banca de qualificação Prof.^a Regiane Trevisan Pupo e Prof.^a Vera Helena Moro Bins Ely, as quais também participaram da banca de defesa da dissertação assim como o Prof. Carlos Eduardo Verzola Vaz.

Ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da
Universidade Federal de Santa Catarina (PósARQ/UFSC).

A todos, meu muito obrigada!

"Arquitetura é uma língua muito difícil de entender, é misterioso, ao contrário de outras artes, a música, em particular, mais diretamente compreensível ... O valor de um trabalho é a sua expressão, quando alguma coisa é bem expressa, o seu valor se torna muito elevado." Carlo Scarpa

RESUMO

Atualmente o processo de projeto arquitetônico vem sofrendo diversas transformações advindas da utilização de ferramentas aliadas a tecnologia. Contudo, a atualização da grade curricular nos cursos de arquitetura ainda não acompanha a velocidade destas evoluções. A tecnologia BIM (Building Information Modeling), ou seja, a “Modelagem da Informação da Construção” apresentou-se como a viabilização de um método avançado de projetar que integra várias áreas relacionadas ao projeto de arquitetura. Esta pesquisa pretende identificar um fluxo de trabalho eficiente dentro de processos de desenvolvimento de componentes tridimensionais para modelagem de detalhes projetuais de forma que estes possam ser interoperáveis e passíveis de materialização através da parametrização e da fabricação digital. A partir deste contexto, a pesquisa foi organizada em três fases - Fase Informativa, Fase de Instrumentação e Fase de Produção. Nesta última fase foram realizadas experiências didáticas com alunos, a fim de dar início a inserção deste processo de atualização. Com o intuito de aplicar o fluxo de trabalho, foi realizado um estudo na área de acessibilidade, onde se pode levantar dados, experienciar atividades propostas para o desenvolvimento do objetivo de pesquisa. Este fluxo foi testado e definido, assim como resultou na criação de componentes dinâmicos (parametrizados) relativos a acessibilidade, os quais estarão disponíveis em uma Biblioteca Digital junto com tutoriais que devem servir como recursos de aprendizagem para reutilização. A pesquisa abrange atividades práticas em laboratórios da Universidade como: o Hiperlab (Laboratório de Ambientes Hiperfídia para Aprendizagem) e o Pronto 3D (Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D). Espera-se contribuir com o processo de atualização do ensino e aprendizagem de arquitetura e que os dados obtidos resultem em novas propostas de atividades de detalhamento e processos de materialização de projeto para o curso de Arquitetura e Urbanismo.

Palavras-chave: Detalhes Projetuais, Modelagem Parametrizada, Projeto de Acessibilidade, Reutilização, Interoperabilidade, Materialização.

ABSTRACT

Currently the architectural design process has undergone several transformations arising from the use of tools combined with technology. However, updating the curriculum in architecture courses doesn't follow these developments yet. The BIM technology (Building Information Modeling) introduced himself as the viabilization of an advanced method of design that integrates several areas related to architectural design. This research aims to identify an efficient work flow within three-dimensional component development processes for modeling projective details so that they can be reusable, interoperable and capable of materializing through parametrization and digital manufacturing. From this context, the research was organized in three phases - Informational, Instrumentation and Production Phase. In this last phase were carried out experiments with students in order to initiate the inclusion of this upgrade process. In order to apply the work flow, a study was conducted on accessibility, where was collected data, experience activities proposed for the development of research goal. This flow has been tested and defined, and resulted in the creation of dynamic components (parameterised) relative to accessibility, which will be available in a digital library with tutorials that should serve as learning resources for reuse. The survey covers practical activities in the University laboratories as the Hiperlab (Hypermedia Environments Laboratory for Learning) and Pronto 3D (Prototyping Laboratory and New Oriented Technology to 3D). Is expected to contribute to the updating process of teaching and learning architecture and the data result in new proposals detailing activities and project materialization processes for the Architecture and Urbanism course.

Keywords: Projective details. Parametrized modeling. Accessibility Project. Reuse. Interoperability. Materialization.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 : Fluxograma da Pesquisa.....	28
FIGURA 02 : Esquema de conceitos utilizados no fluxo de trabalho da pesquisa.....	35
FIGURA 03 : Reforma realizada pelo arquiteto Carlo Scarpa – Museu Castelvechchio. Verona, Itália.....	39
FIGURA 04 : Reforma realizada pelo arquiteto Carlo Scarpa – Museu Castelvechchio. Verona, Itália.....	39
FIGURA 05 : Catálogo <i>on line</i> do bim.bon.....	42
FIGURA 06 : Caracterização do projeto paramétrico.....	48
FIGURA 07 : Campos de utilização de prototipagem digital e fabricação digital.....	49
FIGURA 08 : <i>Plugin</i> de modelagem parametrizada do Sketchup.....	58
FIGURA 09 : <i>Extension Warehouse</i> – Armazém de extensões do <i>software</i> Sketchup 2014.....	59
FIGURA 10 : <i>3D Warehouse</i> – Biblioteca de modelos 3D do Sketchup.....	60
FIGURA 11 : Página do TEAR _AD (em desenvolvimento).....	66
FIGURA 12 : Mobiliários na Rota Acessível.....	68
FIGURA 13 : Símbolo internacional de acesso.....	76
FIGURA 14 : Símbolo internacional de pessoas com deficiência auditiva.....	77
FIGURA 15 : Experiência didática com os alunos do <i>Workshop</i>	79
FIGURA 16 : Experiência didática com os alunos do <i>Workshop</i>	79
FIGURA 17 : Interface do Sketchup - Início da modelagem das placas da NBR 9050:2015.....	81
FIGURA 18 : Modelos Criados através da experiência didática com os alunos do Hiperlab – parametrização dos modelos.....	82
FIGURA 19 : Interface do Sketchup – Ferramenta <i>Scale Tool</i>	83
FIGURA 20 : Opções de Exportação .IFC do Sketchup.....	84
FIGURA 21 : Interface do Revit – Configuração do formato .IFC.....	84
FIGURA 22 : Interface do Revit – Modelos .IFC criado em Sketchup.....	85
FIGURA 23 : Interface do Revit – Ausência das informações atribuídas ao modelo .IFC criado no Sketchup.....	86
FIGURA 24 : Recorte da Interface do Sketchup – Classificações.....	87
FIGURA 25 : Recorte da Interface do Sketchup – Seleção da Classificação IFC 2x3.sk.....	87
FIGURA 26 : Interface do Sketchup – Classificação <i>IfcFurnishingElement</i>	88

FIGURA 27: Interface do Sketchup – Componentes Dinâmicos (<i>Dynamic Components/Component Options</i>).....	89
FIGURA 28: Interface do Sketchup – Inserção de dados IFC.....	89
FIGURA 29: Interface do Sketchup – Atributos de componente.....	90
FIGURA 30: Interface do Revit – Parâmetros IFC recebidos pelo <i>software</i> disponíveis para alterações.....	91
FIGURA 31: Interface do Archicad – Parâmetros IFC recebidos pelo <i>software</i> disponíveis para alterações.....	91
FIGURA 32: Interface do Vectorworks – Parâmetros IFC recebidos pelo <i>software</i> disponíveis para alterações.....	92
FIGURA 33: Imagem da interface do Sketchup – modelo em projeção paralela.....	93
FIGURA 34: Em verde os que trabalham com vetores e em amarelo os que trabalham com <i>bitmap</i>	94
FIGURA 35: Início do processo de materialização no PRONTO 3D – preparação do arquivo para corte a laser.....	96
FIGURA 36: Resultado do teste de marcação na máquina de corte a laser.....	96
FIGURA 37: Interface do Sketchup – Suavização das curvas.....	97
FIGURA 38: Resultado da materialização dos modelos utilizando corte a laser.....	98
FIGURA 39: Fluxo de Trabalho.....	99
FIGURA 40: Vista Externa da Agência dos Correios.....	115
FIGURA 41: Vista Interna da Agência dos Correios.....	116
FIGURA 42: Planta Baixa Agência Central do Correios de Florianópolis.....	117
FIGURA 43: Mapa Comportamental.....	121
FIGURA 44: Matriz de Descobertas – Avaliação Técnica (MP).....	123
FIGURA 45: Matriz de Descobertas.....	124
FIGURA 46: Matriz de Recomendações.....	125
FIGURA 47: Soluções adotadas a partir da Matriz de Recomendações.....	127
FIGURA 48: Imagem do Satélite Google Earth 2015.....	128
FIGURA 49: Imagem do Satélite Google Earth 2015 – Google Street View.....	129
FIGURA 50: Imagem do Satélite Google Earth 2015 – Construções 3D.....	129
FIGURA 51: Interface do Sketchup – Início da Modelagem 3D.....	130
FIGURA 52: Referências de agências dos Correios.....	131
FIGURA 53: Referências de agências dos Correios.....	131
FIGURA 54: Referências de agências dos Correios – Nova marca.....	132

FIGURA 55: Referências de agências dos Correios – Nova marca.....	132
FIGURA 56: Início do projeto da parte interna da agência.....	133
FIGURA 57: Início da aplicação dos parâmetros da NBR 9050:2015 segundo as planilhas do MP – Símbolo Universal de Acessibilidade na entrada principal da agência.....	134
FIGURA 58: Cones visuais da pessoa em cadeira de rodas.....	135
FIGURA 59: Parametrização e detalhamento digital no segundo os parâmetros da NBR 9050:2015. SIA - Símbolo Universal de Acessibilidade.....	136
FIGURA 60: SIA - Símbolo Universal de Acessibilidade.....	137
FIGURA 61: Parametrização e detalhamento digital no segundo os parâmetros da NBR 9050:2015. SIA – Sinalização de espaço para P.C.R.....	137
FIGURA 62: Sinalização de espaço para P.C.R.....	138
FIGURA 63: Parametrização e detalhamento digital no Sketchup segundo os parâmetros da NBR 9050:2015 – Piso alerta e sinalização estendida no comprimento total dos degraus.....	139
FIGURA 64: Degraus em escadas.....	140
FIGURA 65: Parametrização e detalhamento digital no Sketchup segundo os parâmetros da NBR 9050:2015 – Sinalização tátil de alerta no início e fim da rampa.....	141
FIGURA 66: Sinalização visual e tátil no piso.....	142
FIGURA 67: Parametrização e detalhamento digital no Sketchup segundo os parâmetros da NBR 9050:2015 – Exemplo de pictograma – Símbolo Internacional de pessoas com deficiência auditiva.....	143
FIGURA 68: Símbolo Internacional de pessoas com deficiência auditiva.....	144
FIGURA 69: Sinalização de área para resgate para pessoas com deficiência.....	144
FIGURA 70: Parametrização e detalhamento digital no Sketchup segundo os parâmetros da NBR 9050:2015 – Sinalização de área de resgate para pessoas com deficiência.....	145
FIGURAS 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87: Tutorial do processo de preparo do modelo e arquivo para interoperabilidade.....	146
FIGURAS 88, 89, 90, 91 e 92: Tutorial do processo de preparo do modelo e arquivo para materialização.....	163

LISTA DE PLANILHAS

Planilha 1 - Resultado Final do Checklist.....	71
Planilha 2 - Áreas de Acesso ao Edifício.....	72
Planilha 3 - Saguões, salas de recepção e espera.....	73
Planilha 4 - Circulações Horizontais.....	74
Planilha 5 – Relação de itens para detalhamento digital.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACCT - Agência Central dos Correios e Telégrafos
AEC – Arquitetura, Engenharia, Construção
AIA – American Institute of Architecture
BIM – Building Information Modeling (Modelo de Informação da Construção)
CAAD – Computer Aided Architectural Design
CAD – Computer Aided Design
CAM – Computer Aided Manufacturing
CIF - Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e saúde
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DXF – Drawing eXchange Format
DWG - Design Web Format
EPS - Encapsulated PostScript
GPS - Global Positioning System
IAI – International Alliance for Interoperability
IFC – Industry Foundation Classes
ISO – International Organization for Standardization
MEC – Ministério da Educação e Cultura
NBR – Norma Brasileira
OA - Objetos de Aprendizagem
PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção
P.C.R – Pessoa em cadeira de rodas
PRONTO 3D – Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D
RIVED - Rede Interativa Virtual de Educação
SENAC TI – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – Tecnologias da Informação
SIA – Símbolo Internacional de Acessibilidade
SKP – Sketchup
STL - STereo Lithography
SNPD - Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência
TEAR_AD - Tecnologias no Ensino e Aprendizagem em Rede de Arquitetura e Design
TI – Tecnologia da Informação
TIC – Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil

TICs - Tecnologias de Informação e Comunicação
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
WfMC - Workflow Management Coalition

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA	25
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO	26
1.3	OBJETIVOS	27
1.3.1	Objetivo Geral	27
1.3.2	Objetivos Específicos	27
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	28
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
1.5.1	Fase Informativa	29
1.5.2	Fase de Instrumentação	30
1.5.3	Fase de Produção	30
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	31
2	REFERENCIAL TEÓRICO	33
2.1	FLUXO DE TRABALHO E CONCEITOS BIM	33
2.2	PROCESSO DE DETALHAMENTO DE PROJETO	36
2.2.1	Revisão dos conceitos sobre detalhamento de projeto	38
2.2.2	O papel do detalhamento junto às atuais Tecnologias Digitais aplicadas ao Processo de Projeto	41
2.3	DO PROJETO A MATERIALIZAÇÃO	43
2.3.1	A Materialização Automatizada como abordagem metodológica	43
2.3.2	Modelagem e Parametrização	45
2.3.3	Prototipagem Digital e Fabricação Digital	49
2.3.3.1	Corte a Laser	50
2.4	INTEROPERABILIDADE ENTRE CONTEÚDOS DIGITAIS	52
2.4.1	Conceituação e Relevância	52
2.4.2	Interoperabilidade entre projetos na Arquitetura e a Tecnologia BIM	53
2.4.3	O Formato IFC (<i>Industry Foundation Classes</i>)	55
2.4.4	Interoperabilidade e o <i>software Sketchup</i>	56
2.5	REUTILIZAÇÃO DE CONTEÚDOS DIGITAIS	60
2.5.1	Conteúdos Digitais para o ensino	60
2.5.2	Bibliotecas Digitais em Faculdades de Arquitetura	62
3	ESCOLHA DO OBJETO PARA APLICAÇÃO DE FLUXO DE TRABALHO	67
3.1	ESCOLHA DO TEMA: ACESSIBILIDADE	67
3.1.1	Norma de Referência ABNT 9050:2015	67
3.2	DESENVOLVIMENTO DO OBJETO DE ESTUDO	69
3.2.1	Orientação Espacial: tema principal para o desenvolvimento do objeto de estudo	70

4	ATIVIDADES E ANÁLISES PÓS ESTUDO	78
4.1	ESCOLHA DO <i>SOFTWARE</i> DE PROJETO.....	78
4.2	DETALHAMENTO DO PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE ACESSIBILIDADE.....	79
4.3.	INVESTIGAÇÃO E APRENDIZAGEM.....	80
4.4	FLUXO DE TRABALHO – ESTRATÉGIA DIDÁTICA.....	99
5	CONCLUSÃO.....	100
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	104
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
	APÊNDICE A – Objeto de Estudo: Agência Central dos Correios de Florianópolis-SC.....	115
	APÊNDICE B – Processo de Projeto de Adequação de Acessibilidade.....	126
	APÊNDICE C - Modelos 3D da NBR 9050:2015 relacionados com Orientação Espacial parametrizados com detalhamento digital.....	136
	APÊNDICE D – Tutoriais (Recurso de Aprendizagem).....	146

INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

A concepção do projeto arquitetônico se relaciona diretamente com a organização de ideias, estudos e métodos que resultarão na representação de um conjunto de elementos, tanto teóricos quanto práticos. Dentro do desenvolvimento do processo projetual, a concepção da arquitetura atravessa diferentes estágios desde a idealização até a representação técnica que viabiliza a construção do objeto (detalhamento executivo).

Apesar da importância da representação do detalhamento, o ensino acadêmico muitas vezes não atinge o nível de explanação necessária para que o projeto complete sua trajetória e então se torne um objeto concebido. Ford (2011) ressalta em seu livro a importância destes detalhes, levando em conta que pertencem a um contexto que deve ser considerado

Detalhes são a base para - não um acessório para - a compreensão de um edifício. Isto não é para dizer que o detalhe contém em si a ideia da totalidade do edifício; (...) uma compreensão da construção não pode ser separada de uma compreensão do detalhe (...). (FORD, 2011, p 13)

Já Marco Frascari (2006) acredita ser necessária a compreensão e valorização de cada detalhe arquitetônico, bem como sua representação gráfica. O resultado é um processo projetual mais claro, definido e maior compreensão do campo visual, considerando que as possibilidades de inovação e invenção estão nos detalhes.

A arquitetura contemporânea junto da tecnologia digital vem modificando significativamente a maneira de projetar. Os novos processos de projeto através de parametrização e fabricação digital potencializaram a produção arquitetônica, modificando a maneira de criar, construir e até mesmo de compartilhar as informações de projeto.

Um dos principais objetivos da utilização de *softwares* e ferramentas digitais no desenvolvimento de projetos é a viabilização tanto do projeto quanto da fabricação e construção. O nível de controle e conhecimento sobre o projeto através da fabricação digital apresenta-se tão alto, que o entendimento do modelo projetado só parece ser possível através do conhecimento e detalhamento minucioso de suas partes integrantes.

A partir dos argumentos abordados, pretende-se responder à pergunta:

Como as variadas tecnologias digitais aplicadas ao processo de projeto contribuem para o desenvolvimento de detalhes projetuais de acessibilidade?

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

Nas aulas de ensino de projeto em geral, aplicativos computacionais são ferramentas frequentemente utilizadas para representação gráfica de projetos arquitetônicos, seja para desenhos bidimensionais ou para modelagem tridimensional. Contudo, concordando com Iwamoto (2009), percebe-se que os aplicativos CAD (Computer Aided Design) são eficientes para representações bidimensionais nos processos de design, mas em sua maioria contribuem de forma substitutiva em relação às ferramentas tradicionais de representação gráfica, resultando em um produto final que não reflete essa alteração do modo de fazer, do analógico para o digital.

Surgiram novos aplicativos que transcendem e propõem mudanças na relação do arquiteto com o processo criativo de projeto. A lógica da tecnologia e de conceitos BIM (*Building Information Modeling*) sugere uma nova postura do profissional em relação ao objeto projetado através dos aplicativos paramétricos, partindo do princípio que ela oferece maior controle e definições entre todos os detalhes e elementos que fazem parte do projeto, sua geometria e quaisquer modificações associadas às características e informações do modelo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa é identificar um fluxo de trabalho de interoperabilidade entre modelagem, materialização e reutilização aplicado em detalhes arquitetônicos de acessibilidade baseados na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 9050:2015.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Investigar processos de modelagem parametrizável, fabricação e prototipagem digital que contribuam para o desenvolvimento de detalhamentos arquitetônicos, visando interoperabilidade e reutilização;
- b) Experienciar fluxo de trabalho dentro da área de Acessibilidade desde a idealização até a materialização de detalhes de projeto através de softwares e recursos disponíveis na universidade;
- c) Disponibilizar modelos parametrizados e editáveis de detalhes de um projeto de acessibilidade passíveis de materialização;
- d) Disponibilizar recursos de aprendizagem para apoio ao desenvolvimento de modelos baseados na ABNT NBR 9050:2015, parametrizáveis, editáveis e que estejam aptos para materialização.¹

¹ Os recursos criados serão disponibilizados virtualmente através de uma Biblioteca Digital Didática que fará parte do projeto do CNPq coordenado pela Prof^a Alice Theresinha Cybis Pereira, PhD intitulado “O Processo de Ensino e Aprendizagem de Projeto mediado pelas Tecnologias de Informação e Comunicação em Arquitetura e Design”.

1.4 DELIMITAÇÃO DE PESQUISA

A pesquisa trata da identificação, desenvolvimento e disponibilização de forma didática de um fluxo de trabalho para modelagem parametrizada de detalhes arquitetônicos de acessibilidade baseados na NBR 9050:2015. O foco está direcionado para o tema Orientação Espacial e os modelos de detalhes devem ser interoperáveis, reutilizáveis e passíveis de materialização através do uso de tecnologias e máquina de corte a laser.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando que o objetivo geral da pesquisa é identificar um fluxo de trabalho de interoperabilidade entre modelagem, materialização e reutilização aplicado em detalhes arquitetônicos de acessibilidade baseados na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 9050:2015, optou-se pela realização de pesquisa exploratória e aplicada, visando gerar conhecimentos através de aplicação prática (ANPEI, 1993) a fim de proporcionar maior familiaridade com o problema (GIL, 2008).

A pesquisa foi desenvolvida em três fases (Figura 01): (1) Fase Informativa, (2) Fase de Instrumentação e (3) Fase de Produção.

FIGURA 1 – Fluxograma de pesquisa.



Fonte: Autoria própria.

1.5.1 FASE INFORMATIVA:

A Pesquisa Bibliográfica e a Pesquisa Documental, o levantamento e análise de dados foram realizados a partir de registros já disponíveis, ou seja, material já publicado constituído principalmente de livros e artigos científicos (GIL, 2008). Além destes, foram consultadas teses, dissertações e material disponibilizado na Internet. Um dos principais objetivos desta atividade é permitir ampla investigação, descobrir e analisar informações e conhecimentos sobre os assuntos abordados, considerando que o aprofundamento teórico atua como norteador da pesquisa.

Inicialmente foram selecionadas produções bibliográficas sobre detalhamento da arquitetura, modelagem paramétrica, prototipagem rápida, reutilização e interoperabilidade entre conteúdos digitais, visando identificar e compreender a utilização destas tecnologias no processo de projeto atualmente. Foram utilizados como referência: livros, trabalhos científicos e artigos em anais de congressos. Foram consultadas bases de dados como *Scopus*, *Science Direct*, *Cumincad* e o sistema de busca *Google Acadêmico*, para levantamento de títulos, assuntos e autores relacionados com o tema de pesquisa.

Esta etapa foi realizada principalmente durante o primeiro ano do curso de mestrado, porém, à medida que a pesquisa se desenvolvia, foram necessárias mais buscas e aprofundamentos através da descoberta de novos autores e produções científicas. Tais buscas possibilitaram identificar lacunas acerca dos temas citados, principalmente no que se refere à materialização de detalhes arquitetônicos, área que apresentou notável insuficiência bibliográfica.

Além dos assuntos já referenciados acima, buscaram-se leituras sobre a inserção de novas tecnologias no processo de projeto e suas relações com o aluno, o professor e o profissional, com o objetivo de compreender como funciona sua aplicação na arquitetura.

Durante esta etapa houve a apropriação do objeto de estudo inicial resultante do desenvolvimento de um trabalho realizado para a disciplina do programa PósARQ “Desenho Universal” (ARQ 1104) a respeito da Avaliação de Acessibilidade em prédios públicos, sendo que a Agência Central dos Correios e Telégrafos (ACCT) da cidade de Florianópolis-SC foi o local escolhido para realizar esta avaliação.

A Pesquisa Documental (GIL, 2008) buscou analisar a norma ABNT NBR 9050:2015 sobre acessibilidade como referência para o desenvolvimento do objeto de estudo. Foram também pesquisados documentos como o conjunto de plantas que compõe o projeto arquitetônico da agência.

1.5.2 FASE DE INSTRUMENTAÇÃO:

A Fase de Instrumentação teve como principal objetivo realizar atividades exploratórias a fim de estabelecer critérios, métodos e técnicas para a elaboração da pesquisa, assim como obter as informações necessárias para orientar o desenvolvimento do fluxo de trabalho.

Foi utilizada a modalidade de pesquisa-ação (THIOLLENT, 2005) que se refere a atividades onde o pesquisador e os participantes interagem a fim de resolver um problema. Thiollent (2005) traz uma breve interpretação para este tipo de pesquisa:

É um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. (THIOLLENT, 2005 P.16)

Nesta fase foi realizado um *workshop* com alguns alunos do curso de Design para experienciar a utilização do *software* Sketchup e seu potencial para interoperabilidade com o processo de projeto de design e um estudo aplicado acerca do tema “Acessibilidade Espacial” visando criar o objeto de pesquisa.

Tanto o *workshop* quanto o estudo são utilizados de maneira objetiva no trabalho: o estudo tem como objetivo descobrir e desenvolver o objeto destinado para as atividades do fluxo de trabalho utilizando o Sketchup. Após a escolha do *software*, foi feita a intervenção no objeto de estudo, que consistiu no início do processo de investigação e aprendizagem do Sketchup através da modelagem 3D de detalhamentos do objeto de estudo juntos de alunos bolsistas do projeto TEAR_AD.

1.5.3 FASE DE PRODUÇÃO:

A Fase de Produção reúne todas as atividades práticas relacionadas com a pesquisa. Finalizado o projeto, foram identificados - através do detalhamento da proposta de adequação – quais elementos apresentavam maior necessidade de explanação, sendo que alguns destes foram escolhidos para o processo de materialização.

Aliadas às atividades de produção, foram analisados e estudados quais técnicas e materiais eram mais apropriados para o processo de materialização, além de meios para possibilitar a interoperabilidade entre diferentes *softwares*. Todas as informações e modelos produzidos deverão ser disponibilizados em uma Biblioteca Digital Didática na forma de Objetos de Aprendizagem, como foi mencionado.

As atividades de projeto tiveram início após o Exame de Qualificação, onde discutiu-se junto da banca examinadora sobre as possibilidades de criação e materialização de modelos tridimensionais eleitos a partir do detalhamento. As atividades foram organizadas em 03 etapas principais:

1ª ETAPA: Elaboração de Projeto de Acessibilidade;

2ª ETAPA: Produção do Conteúdo Digital: Modelagem Parametrizada dos Detalhes, Processo de Interoperabilidade e Materialização;

3ª ETAPA: Atividades Didáticas: Disponibilização do conteúdo digital como objeto de aprendizagem para reutilização.

Todas as atividades da Fase de Produção encontram-se reunidas no Capítulo 4 deste trabalho.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação organizou-se em 5 capítulos com a seguinte estrutura:

- CAPÍTULO I: O primeiro capítulo visa introduzir os principais aspectos relacionados com o tema da pesquisa. Foi dividido em seis partes a fim de expor sua justificativa e relevância, problemática, pergunta de pesquisa, objetivos e procedimentos metodológicos. Este último mostra o modelo organizacional da abordagem aplicada, que consiste na divisão da pesquisa em três etapas: Fase Informativa, Fase de Instrumentação e Fase de Produção.

- CAPÍTULO II: Este capítulo aborda as atividades que fazem parte da Fase Informativa da pesquisa. Refere-se a fundamentação teórica, organizado de maneira a transmitir os conceitos utilizados como referência para o desenvolvimento desta pesquisa através de uma abordagem que lista cada tema estudado: fluxo de trabalho; conceitos BIM; processo de detalhamento de projeto; projeto e materialização; interoperabilidade entre conteúdos digitais; reutilização de conteúdos digitais.

- CAPÍTULO III: Apresenta-se o a escolha do tema para desenvolvimento do objeto de estudo e seu enfoque principal. Complementando a apresentação das atividades deste capítulo, o Apêndice I relata todos os passos desta etapa, evidenciando métodos e estratégias utilizadas para cumprir seu objetivo, que consiste no desenvolvimento de um objeto de estudo eleito especificamente para aplicar as atividades do fluxo de trabalho proposto pela pesquisa. As atividades deste capítulo fazem parte da Fase de Instrumentação da pesquisa .

- **CAPÍTULO IV:** Aborda-se o início da Fase de Produção da pesquisa, sendo o capítulo intitulado como “Atividades e análises pós estudo”. Descrevem-se as atividades didáticas e procedimentos metodológicos propostos para o desenvolvimento do fluxo de trabalho proposto pela pesquisa, assim como relata análises e discussões decorrentes destas atividades e seus resultados.

- **CAPÍTULO V:** Apresentam-se as considerações finais desta pesquisa, assim como análises e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Fase Informativa

2.1 FLUXO DE TRABALHO E CONCEITOS BIM (*Building Information Modeling*)

Ao ser escolhido o termo “Fluxo de Trabalho” encontraram-se poucas referências conceituais no que se refere ao projeto de arquitetura. Um dos conceitos mais atualizados do termo foi dado pela WfMC (*Workflow Management Coalition*), que considera fluxo de trabalho como a automação do processo de negócio, na sua totalidade ou em partes, onde documentos, informações ou tarefas são passadas de um participante para o outro para execução de uma ação, de acordo com um conjunto de regras de procedimentos.

A partir desta definição, pode-se reafirmar a terminologia como a mais adequada para este trabalho de pesquisa, que busca experienciar e definir atividades que podem ser sequenciais ou não, de maneira didática e funcional, devendo atingir um nível de resultado através de procedimentos digitais e automatizados dentro do processo de detalhamento de um projeto.

A grande quantidade de informações necessárias para a execução de um projeto trouxe à tona a necessidade de atualização do processo de projeto em relação à transmissão de informações. Não se trata apenas da representação de geometrias em 2 ou 3 dimensões, mas de um processo construtivo onde a informação está interligada com o modelo através de parâmetros. Há exigência, e este é um dos maiores desafios, de maior integração, colaboração e interdisciplinaridade por parte dos professores. (DELATORRE, 2014, p.11)

ANDRADE e RUSCHEL (2009) entendem que a ideia que sustenta o uso do *Building Information Modeling* (BIM), na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), se apoia nos conceitos de parametrização, interoperabilidade e na colaboração entre os diversos profissionais deste setor.

A utilização de conceitos BIM aparecem no trabalho como um guia norteador dentro do fluxo de trabalho. Ruschel et al. (2011) entendem que o processo de projeto com o BIM requer a prática de trabalho integrado, ou seja, todos os agentes da construção (projetistas, construtores, fabricantes) envolvidos com o projeto. Esta postura aparece

de maneira diferente de outros processos de projeto já conhecidos, quando era comum a falta de integração.

Oliveira (2011) interpreta o BIM como a terceira geração CAD/TI referente à modelagem da informação orientada ao objeto – o modelo 4D parametrizado contendo todo o ciclo de vida do projeto da construção, considerando-o a combinação de um modelo de dados (geometria e dados) com um comportamento do modelo, que a autora denomina gerenciamento de informações. Em sua dissertação, Oliveira ainda referencia outros autores:

BIM é mais que um conceito de modelagem integrada onde dados são compartilhados esperando-se consistência e confiabilidade entre os participantes de várias disciplinas no processo de projeto da construção, baseado na Engenharia Simultânea. (CRESPO; RUSCHEL, 2007)

Delatorre (2014) considera que o BIM altera a maneira de desenvolver um projeto, sendo que implementá-lo não seria apenas introduzir uma nova ferramenta aplicada ao desenvolvimento do projeto.

“É preciso haver a transformação de pensamento e de atitude e ocorrerem práticas colaborativas e multidisciplinares e maior envolvimento dos diversos agentes da construção civil. Como já mencionado, por envolver pessoas, processos e ferramentas, o BIM é mais que um programa computacional de modelagem tridimensional. Os conceitos de parametrização, interoperabilidade e projeção colaborativa mudam a maneira de projetar. Eles envolvem diversos agentes da construção civil - desde as fases de concepção, construção, operação e manutenção - e abrangem todo o ciclo de vida da edificação.” (DELATORRE, 2014 p.29)

Oliveira (2011) ainda complementa seu ponto de vista citando outras áreas que utilizam a visualização e recursos 3D durante seu processo criativo, apontando potencialidades do seu uso como processo investigativo.

Assim como nas indústrias metal-mecânica, manufatureira e aeroespacial, a visualização tridimensional do modelo permite verificar as inadequações e incompatibilidade instantaneamente. Na etapa de especificação o projetista pode experimentar diferentes soluções e automaticamente obtém uma relação de quantitativos, custo, e visualização do componente inserido no edifício. Esse processo de investigação certamente auxilia nas tomadas de decisões, economizando tempo e evitando futuros conflitos. (OLIVEIRA, 2011 p 48)

Considerando a gama de agentes, atividades, conceitos e processos acerca do BIM aliado ao fluxo de trabalho desta pesquisa, entendeu-se como fundamental a explanação de alguns conceitos e abordagens adotadas para as atividades de estudo, resultando em uma vasta pesquisa bibliográfica, porém, exposta de maneira objetiva e direcionada para a prática, visando percorrer e finalizar o fluxo de trabalho proposto, que pode ser conferido no esquema abaixo (Figura 2).

FIGURA 2 - Esquema de conceitos utilizados no fluxo de trabalho da pesquisa.



FONTE: Acervo próprio.

2.2 PROCESSO DE DETALHAMENTO DE PROJETO

Ao buscar maior entendimento sobre o termo detalhamento dentro do contexto do projeto arquitetônico, Celani (2013a) entende que a literatura dessa área se encontra desatualizada com relação aos novos meios de produção. Na pesquisa de referências encontra-se alguns manuais ou tipos de enciclopédias sobre detalhamento, poucos autores e praticamente nenhum crítico teórico do assunto.

Na tentativa de fazer um levantamento sobre a produção bibliográfica Celani (2013a) abriu a chamada para a revista PARC (Pesquisa em Arquitetura e Construção) da Unicamp, que recebeu o nome de “O Novo Detalhe Arquitetônico”.

A chamada se estendeu por vários meses, e não foi nada fácil localizar pesquisadores que já tivessem algum material produzido sobre este assunto tão novo. Nossos pareceristas realizaram um trabalho criterioso para garantir que este número não fugisse do assunto proposto. (CELANI, 2013a p.II)

Arcari (2013) afirma que o mercado de livros técnicos dispõe de alguma bibliografia sobre detalhamento arquitetônico, o que é resultado da escassa produção na área, porém tais iniciativas ainda não supriram a atual deficiência. A autora realizou um levantamento bibliográfico sobre a teoria do detalhamento, encontrando nomes como Vittorio Gregotti² e Marco Frascari³ com publicações datadas de 1995 e mais recentemente Edward Ford⁴, que lançou o livro *The Architecture Detail* em 2011. Além destas, outras produções aparecem como artigos e enciclopédias da arquitetura, porém são poucas e o tema principal não tem como enfoque o detalhamento.

² **Vittorio Gregotti** (Novara, 1927) Arquiteto Italiano. Professor do Instituto Universitário de Arquitetura de Veneza. Foi professor das Faculdades de Arquitetura de Milão e de Palermo e professor visitante nas Universidades de Tóquio, Buenos Aires, São Paulo, Losanne, Harvard, Filadélfia, Princeton e Cambridge. De 1974 a 1976 foi diretor do setor de artes visuais e arquitetura da Bienal de Veneza. (BARDA, 2000 p. 6)

³ **Marco Frascari** (Mantova, 1945-2013) Foi um arquiteto italiano e teórico da Arquitetura. estudou com Carlo Scarpa e Arrigo Rudi em IUAV e recebeu seu PhD em Arquitetura pela Universidade da Pensilvânia. Ele lecionou por vários anos na Universidade da Pensilvânia, em seguida, como professor visitante na Universidade de Columbia e Harvard. Em 2005 tornou-se diretor do Azrieli David Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Carleton, em Ottawa, no Canadá. (GEHRT, 2013 p.1)

Gregotti (1995) referencia o arquiteto italiano Carlo Scarpa⁵ como um dos principais defensores do detalhe nas décadas de 1950 e 1960. O autor entende que o detalhe daquele período foi substituído por outro de reduzido conteúdo expressivo e acredita que a arquitetura passou por uma perda da prática, da tradição e do saber acumulados. Considera que “os arquitetos se deixaram levar pela ilusão de que a citação é um substituto eficiente para o detalhe como um sistema de articulação na linguagem arquitetônica” (GREGOTTI, 1995, p. 537) e que o resultado da abstenção do detalhe acentuou a falta de influência das técnicas construtivas como um fator de expressão.

Não se trata propriamente de uma eliminação do detalhe, mas de uma mudança no tratamento de sua relação hierárquica com o todo, que se tornou às vezes muito mais sofisticada e complexa. A ligação entre pavimentos, à relação dos materiais e seus diferentes usos práticos e simbólicos tornaram-se mais explícitos e, pela primeira vez, adquiriram expressividade. (...) A consequência dessa ideia para a obra construída muitas vezes é a desagradável sensação de uma maquete ampliada, de uma falta de articulação em diferentes escalas: paredes que parecem feitas de papelão recortado, janelas e portas inacabadas, em suma, um relaxamento geral da tensão entre o desenho e o edifício construído. (GREGOTTI, 1995 p.536 e 537)

A produção bibliográfica sobre detalhamento mostra uma lacuna que se estendeu dos anos 80 até meados de 2007. Durante este período, foram encontradas algumas publicações feitas por profissionais da área na busca de referências sobre o tema. Costa (1997) percebe a carência de

⁴ **Edward Ford** (n.d) Professor de Arquitetura pela Universidade de Virgínia. Autor de *Os detalhes da arquitetura moderna* (MIT, 1990, edição em alemão: Birkhauser, 1994, Edição japonês: Maruzen, 2000) e *os detalhes da arquitetura moderna, Volume 2* (MIT, 1996, Edição japonês: Maruzen de 2000), e recentemente publicado *O Detalhe Arquitetônico* (Princeton Architectural Press). (UNIVERSIDADE DE VIRGINIA, 2014)

⁵ **Carlo Scarpa** (Veneza, 1906-1978) Considerado um dos autores mais importantes do século XX. Intelectual, artista, arquiteto e designer foi um isolado e controverso apesar de ter deixado algumas das obras arquitetônicas mais importantes do caráter moderno. Formou-se em Veneza em design de arquitetura na Academia de Belas Artes e começou a ensinar na IUAV. (SCARPA, n.d)

produção bibliográfica e decide fazer sua própria publicação que recebeu o nome Detalhando a Arquitetura. O autor constatou “a carência e a necessidade de uma bibliografia específica que atendesse as necessidades de aprendizagem e consulta por parte dos profissionais da área de desenho de Detalhamento de Arquitetura.” (COSTA, 1997, p. 5)

Logo, em 2007, o tema reaparece através das publicações da autora Virginia McLeod, que lançou pelo menos oito títulos sobre o detalhamento, relacionando-o com outros temas como: paisagismo, construções contemporâneas, construções em vidro, arquitetura doméstica, entre outros. A autora foi além, disponibilizando junto do livro um CD com modelos digitais de detalhamento nos formatos EPS (Encapsulated PostScript) e DWG (Design Web Format). (ARCARI, 2013 p. 03)

Conclui-se que estas publicações acompanhadas por conteúdo digital já aparecem como resultado da ressignificação do detalhamento a partir das novas formas de criação e produção da arquitetura, que hoje quase em sua totalidade se dão através de tecnologias digitais. Este assunto nos leva ao encontro à segunda observação feita no início do capítulo, sobre o novo papel do detalhamento perante as tecnologias digitais atuais aliadas ao processo de projeto.

2.2.1 Revisão dos conceitos sobre detalhamento do projeto arquitetônico

O processo de detalhamento do projeto arquitetônico pode ser considerado um conjunto de atividades dinâmicas e minuciosas. O dinamismo é parte integrante deste processo a partir do momento que, ao especificar minuciosamente um modelo ou componente, sua compreensão fica mais clara e inteligível, possibilitando a otimização e muitas vezes alterações no projeto.

Gregotti (2006) entende que o detalhe traz consigo uma amplitude de significados tão grande que reflete em todo um interesse fenomenológico sobre a “coisidade” da arquitetura, sendo um dos elementos mais reveladores da transformação da arquitetura.

O detalhamento revela as propriedades dos materiais pela aplicação das leis da construção e torna inteligíveis as decisões do projeto. O detalhe também coloca em questão o problema da hierarquia, porque sugere uma possível relação entre a parte e o todo. (GREGOTTI, 1995 p. 535)

Frascari (2006) privilegia a junção, ou seja, o detalhe original, como gerador da construção e, portanto, do sentido. Define a arquitetura como o resultado do projeto de detalhes, e de sua resolução e substituição. Ambos os autores referenciam a obra de Carlo Scarpa (1906-1979) (Figuras 3 e 4), considerando o conceito de que cada detalhe conta a história de sua feitura, localização e dimensionamento.

FIGURAS 3 e 4 - Reforma realizada pelo arquiteto Carlo Scarpa – Museu Castervecchio. Verona, Itália.



FONTE: <http://arq-contemporanea-br> Acesso em 21/08/2015.

Frascari (2006) enxerga a arte do detalhe visivelmente presente nas obras de Scarpa. Acredita que a seleção dos detalhes adequados é a consequência de papéis funcionais. “Os detalhes na arquitetura de Scarpa não resolvem apenas funções práticas, mas também funções históricas, sociais e individuais”. (FRASCARI, 2006 p. 546)

Ford (2011), em uma de suas definições sobre o detalhe, traz à tona a relação da parte com o todo. O autor entende o detalhe como articulação da construção e da estrutura, que muitas vezes podem estar escondidas no edifício, mesmo assim são partes integrantes de seu funcionamento. Considera ainda, que o modernismo pode ter sido o responsável pela supressão do detalhe, sendo que a maioria de seus detalhes são abstratos. Para o autor, “o único tipo de detalhe que pode aparecer como um resultado desse processo é algo que não podemos ver

ou desconhecemos algo que nós não percebemos como projetado.” (FORD, 2011 p.53)

Há muitos arquitetos para os quais articulações não são apenas a essência de detalhes, mas a essência da arquitetura, de maneira que a pessoa entende que as partes de um edifício e suas relações muitas vezes se tornam uma metáfora para uma ideia maior, ou, pelo menos, codifica a relação com o edifício de uma forma além da estrutura. (FORD, 2011 p.37)

No entanto, abordando uma visão mais atual, Sedrez e Meneghel (2013) enxergam uma mudança de paradigma, afirmando que o detalhe contemporâneo assume um papel central no desenvolvimento do projeto e se torna ainda mais expressivo quando auxiliado pela fabricação digital.

A fabricação digital permite a produção de peças diferentes com eficiência semelhante à produção de peças padronizadas. Os materiais e os equipamentos de fabricação estão mais presentes também no processo de projeto demandando dos arquitetos um detalhamento específico. (...) o detalhe em arquitetura se torna uma atividade presente em todas as etapas do processo de projeto quando se usam processos generativos e paramétricos. O ambiente computacional (...) torna ágil a análise do edifício e ao mesmo tempo fornece parâmetros para o ajuste da proposta. O ambiente paramétrico permite a geração de diversas alternativas a partir do mesmo algoritmo por meio de pequenas alterações nos dados. (SEDREZ e MENEGHEL, 2013 p. 19-25)

Analisando as considerações, entende-se que o detalhe cumpre muito mais do que uma simples função estética. Ele abrange uma significação crescente de conceitos, materiais, elementos construtivos e componentes funcionais. A partir do momento em que o detalhe passa a cumprir papel fundamental para a construtibilidade do projeto, sua legibilidade e clareza nas informações tornam-se ferramentas essenciais, tanto para processo projetual quanto para a materialização das ideias.

2.2.2 O Papel do Detalhamento junto às atuais Tecnologias Digitais aplicadas ao Processo de Projeto

Ao falar sobre a atualização do tema “detalhamento” não podemos deixar de relacioná-lo com as novas técnicas de produção arquitetônica da atualidade, incluindo a tecnologia BIM. Percebe-se que as novas abordagens sobre o processo de projeto digital demandam um nível de conhecimento elevado sobre o modelo construído e sobre todas suas funções e propriedades. Pode-se entender que este nível de conhecimento, representação e construção do projeto parece ser possível apenas através do detalhamento preciso e seguro de todos seus componentes e dados.

Essa “nova maneira” de projetar provoca mudanças no nível de detalhe das soluções propostas e pode requerer, de acordo com o perfil do projeto, o uso de componentes (reais, mas representados virtualmente) baseados em modelos de construção, já nas primeiras etapas do lançamento do partido. (PENTTILÄ, 2007 apud KOWALTOWSKI et al., 2011 p.437)

Não foi encontrada vasta bibliografia sobre o atual estado do detalhamento, porém, o direcionamento da pesquisa aponta produções bem atuais de modelos digitais de detalhamento (componentes paramétricos), apresentados através de bibliotecas digitais. Trata-se das bibliotecas digitais de elementos arquitetônicos disponibilizadas por empresas que digitalizam seus catálogos.

Empresas como a Deca, Tigre, Docol entre outras, oferecem modelos digitais de seus produtos através de representações 2D, 3D(CAD) e agora 4D(BIM). DECA® (2013) afirma que criou a biblioteca digital buscando atender a crescente demanda dos profissionais por famílias de louças e metais sanitários para projetos com o conceito, sendo a precursora no país.

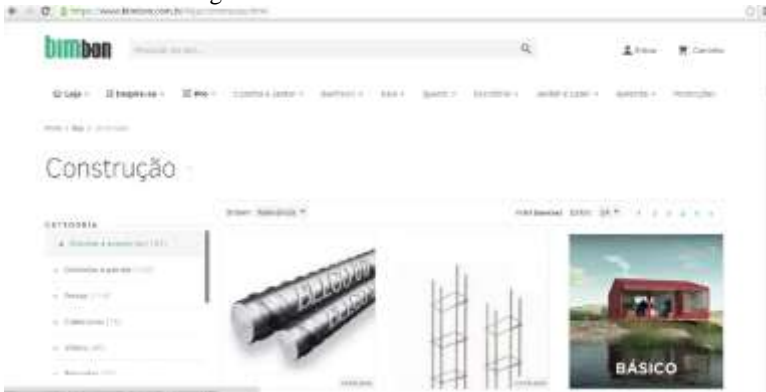
As empresas citadas acima podem ser consideradas algumas das pioneiras neste avanço tecnológico, sendo que as três trabalham em setores relacionados com a área hidrossanitária. Contudo a ampliação da criação de bibliotecas 4D por empresas do ramo estendeu-se também para outras áreas, como:

- Iluminação: Tok&Stok, Iluminar, La Lampe, Interpam, Art Mayson, Gaia, Estúdio Iludi, Makers, Itam, Tyg, Galatea Casa, entre outros.
- Acabamentos: Ladrminas, Portobello, Decapo, Gecko, Eliane, Palimanan, Incepa, Sherin Wiliams, Portinari, Rhodes, Elizabeth, Dalle Piagge, Cobrire, Zaro, Coral, Itagres, Incefra, Castelatto, Suvinil, Meber, Empório Beraldin, Ceusa, Duragres, Mosarte, Lorenzetti, entre outros.
- Construção: iGUI, Pucksa, ArcelorMittal, Vert, Art Mármore Granitos, Sasazaki, Ictec, Atco, Araforros, Atlântica, Icasa, Eternit, Randa, Tw Brazil, Meu Móvel de Madeira, Roca, Onduline, Isdralit, Cobrire, Burg, Aquaplas, Waterbox, Jacuzzi, Franke, Tramontina, Celite, Blindex, Solarium, Haga, Fabrimar, Silestone, Brasilit, entre outros.

Foram citadas acima algumas das empresas que fazem parte de um grande grupo de marcas associadas ao bim.bon: um catálogo 3D e 4D online que possui bibliotecas de modelos e texturas que funciona junto ao Sketchup através de um *plugin*. Outras áreas como paisagismo, móveis, decoração, utilidades e livros também foram catalogadas.

O bim.bon (Figura 5) tem como objetivo principal criar uma ponte entre o projeto e a construção através de tecnologia trazendo processos de projeto, compra e especificação de produtos para uma plataforma simples (BIM.BON, 2015) A criação deste catálogo partiu da premissa de criar uma ferramenta completa para profissionais e consumidores.

FIGURA 5 – Catálogo *on line* do bim.bon.



FONTE: <https://www.bimbon.com.br/loja/construcao.html> . Acesso em 05/01/2016.

Para Kowaltowski et al. (2011), o crescimento no uso de aplicativos BIM para projetos de arquitetura vem acompanhado do aumento no número de famílias de componentes.

Mesmo com uma grande variedade de famílias já existentes no mercado, elas ainda se limitam a tipos de componente padrão (paredes, lajes, vigas, pilares, esquadrias, peças sanitárias, etc.), produzidos corriqueiramente pela construção civil (no Brasil, em 2010, ainda eram poucos os componentes vinculados a produtos nacionais). Esses componentes possuem como principal limitação o fato de não acrescentarem casos especiais de famílias de objetos existente no mundo real. (KOWALTOWSKI et. al, 2011 p.430)

A partir da análise dos dados apresentados, percebeu-se a carência de produção bibliográfica atualizada no que diz respeito à conceituação, aplicação e ao processo construtivo do detalhamento arquitetônico. Entende-se que a prática disponibilização de modelos digitais assume um papel complementar no entendimento do tema, mas não preenche a lacuna da insuficiência teórica e conceitual. Esta pesquisa visa percorrer e entender o caminho trilhado pelo detalhamento desde o processo projetual até a criação de seus modelos digitais.

2.3 DO PROJETO A MATERIALIZAÇÃO

2.3.1 A materialização automatizada como abordagem metodológica

As novas abordagens a respeito da produção arquitetônica associadas a tecnologias digitais propõem atividades dinâmicas entre o modelo físico e o digital. A inserção da materialização automatizada durante o processo de projeto não visa apenas um produto final, mas a análise gradual da evolução do modelo permitindo novas dúvidas e soluções. Trata-se de um “ciclo evolutivo contínuo (...) e, partir de sua crítica, procura aperfeiçoá-lo, para então novamente testá-lo, e assim sucessivamente”. (KOWALTOWSKI, 2011 p.5)

Entende-se que o processo de atividades que envolvem a materialização acaba resultando na interação entre o aluno ou projetista

com as decisões de projeto de maneira que o resultado final comunique mais claramente as informações e ideias propostas. Segundo PUPO (2009), a arquitetura é o tipo de atividade em que a comunicação tem sua importância para o sucesso do projeto, portanto, quanto maior e melhor a comunicação entre as partes que envolvem o projeto, melhor a qualidade do produto final.

Historicamente, desenhos bidimensionais foram o meio de comunicação em projetos de arquitetura, engenharia e design industrial por muito tempo. Mesmo assim, não são mais considerados como soluções que possam garantir uma compreensão espacial, tanto na fase conceitual quanto na de representação. A representação tridimensional e o modelo físico proporcionam um maior êxito nessa comunicação, estabelecendo proporcionalidades, perspectivas e funcionalidades inerentes ao projeto, que talvez não pudessem ser evidenciadas em uma representação bidimensional. (PUPO, 2009 p. 20)

Ao associar parâmetros (dados e informações) ao modelo, este passa a conter propriedades espaciais dos componentes e informações de análise construtiva, apresentados como algoritmos programados. Além de viabilizar a remodelação rápida e racional do modelo, estes algoritmos podem ser interpretados através do processo de prototipagem rápida (materialização automatizada), possibilitando a impressão ou produção de modelos em três dimensões, utilizando *softwares* específicos.

PUPO (2009) afirma que os arquitetos têm desenvolvido novos “vocabulários” para a produção final dos produtos e modelos físicos (maquetes), graças a uma variedade de ferramentas e técnicas complementares que têm surgido, potencializando todo o processo de projeto. A autora entende que a utilização de softwares e hardwares apenas se justifica a medida que tornam possível o desenvolvimento de formas arquitetônicas complexas, que não poderiam ser produzidas através da maquetaria tradicional.

Os processos automatizados de manufatura com a habilidade de transformar modelos digitais em formas físicas permitem um aumento na complexidade do que pode ser construído, e a possibilidade de experimentação com exemplos tangíveis que envolvem o projeto. Entretanto, a inovação tecnológica proporcionada pelos novos processos de produção não consiste unicamente no

desenvolvimento de uma tecnologia isolada e específica de produção digital, mas no conjunto de processos com tecnologias disponíveis para a produção de maquetes, protótipos finais e elementos construtivos a partir de modelos digitais. (PUPO, 2009 p.26)

Tendo em vista a recente inserção destas novas tecnologias no vocabulário arquitetônico, os próximos itens visam esclarecer conceitos a respeito de modelagem tridimensional, parametrização, fabricação digital e prototipagem digital, assim como de que maneira essas tecnologias deverão ser utilizadas nesta pesquisa.

2.3.2 Modelagem e Parametrização

A utilização de modelos virtuais para o desenvolvimento de projetos na Arquitetura é cada vez mais presente. Mesmo que toda a mudança de paradigma passe por um processo intenso e demorado de aprovação, a modelagem paramétrica de modelos tridimensionais é uma tendência que já se transformou em realidade para muitas IEs (Instituições de Ensino).

Kolarevic (2009) entende que o desenho paramétrico apela à rejeição das soluções fixas e explora potencialidades variáveis. “Pela primeira vez na história, arquitetos estão projetando não a forma específica do edifício, mas um conjunto de princípios codificados como uma sequência de equações paramétricas pelo qual instâncias específicas do desenho podem ser geradas e variadas no tempo que for necessário.” (KOLAREVIC, 2009, p.18).

Para Barrios(2004) apud Kowaltowski et. al (2011), o modelo paramétrico é uma representação computacional de um objeto construído com entidades, geralmente geométricas, que têm atributos fixos e outros que podem ser variáveis. A possibilidade de rever, analisar e modificar parâmetros e decisões de projeto amplia as possibilidades em relação a criação e otimização do processo de projeto. Sendo uma representação tridimensional apta a possíveis alterações nas propriedades do modelo através da modificação de parâmetros, a modelagem paramétrica permite alterar características como: forma, dimensões, posição, alinhamento, distâncias, ângulo, entre outros.

Com a utilização de ferramentas computacionais embudadas por objetos paramétricos, o projetista pode explorar diferentes alternativas de soluções de

projeto de modo rápido e seguro. Essas diversas alternativas podem ser criadas e reconstituídas sem apagar ou criar outro desenho. Além disso, objetos com formas geométricas complexas, que outrora era de difícil manipulação, tornam-se fácil e rapidamente manipuláveis. (KOWALTOWSKI, et. al, 2011, p. 426)

Além de parâmetros formais, fixos ou variáveis, a modelagem paramétrica já expandiu sua utilização à incorporação de características físicas ao modelo, como propriedades dos materiais e possibilidades reais em relação a fabricação ou materialização dos modelos e objetos virtuais.

A introdução de sistemas de base de conhecimentos na modelagem paramétrica é um poderoso instrumento de suporte à atividade de projeto. Eles podem mostrar aos projetistas, em tempo real, eventuais problemas decorrentes das ações projetuais e permitir checagens automáticas de conflitos de projeto. (KOWALTOWSKI et. al, 2011, p. 428)

É evidente o fato de que a modelagem acompanhada pela parametrização trouxe junto dela expectativas, promessas e uma série de conceitos que cercam o tema revelando sua importância. Ela indica maior aproximação entre o projetista e o produto final, o que então potencializa o processo de projeto, não apenas pela quantidade de informações fornecidas pelo modelo paramétrico, mas pelo diálogo contínuo entre o projeto, as ferramentas de criação e a materialização, criando um ciclo de releitura do objeto construído digitalmente até que estejam prontas as soluções de projeto.

Partindo para uma abordagem mais atualizada, Gaspar e Manzione (2015) consideram que a modelagem paramétrica de objetos é um dos pilares do BIM, e é um dos critérios mais frequentemente utilizados pela academia e pelo mercado como referência para caracterizá-los como sendo *softwares* BIM.

Contudo, acompanhando esta injeção de conceitos sobre parametrização junto da modelagem tridimensional dentro do processo de projeto digital, ainda encontram-se lacunas, tanto no que se refere ao sistema necessário para desenvolver um modelo paramétrico quanto nos conceitos acerca deste tema. Considerando que cada empresa ou cada *software* possui um funcionamento próprio, temos então um número considerável de opções no mercado, *softwares* com características e ferramentas únicas.

Em busca de uma compreensão maior sobre o funcionamento de recursos tecnológicos relacionados a objetos paramétricos, Gaspar e Manzione (2015) utilizam-se de conceitos que estabelecem uma relação próxima entre a parametrização e o BIM. Neste contexto, referenciam a definição do livro *The BIM Handbook* (Eastman, Teicholz, Sacks e Liston, 2011) como uma das mais aceitas atualmente, onde os autores afirmam que o conceito objeto paramétrico é crucial para entender o BIM, e que são consideradas ferramentas BIM de autoria, aquelas que permitem a criação de modelos constituídos por objetos paramétricos.

Estas e outras considerações feitas por Gaspar e Manzione (2015) vão ao encontro com alguns questionamentos e alguns conceitos adotados neste trabalho de mestrado. A busca por manter uma ponte entre conceitos BIM e a parametrização é um deles, considerando que o ideário do trabalho gira e surge em torno de um fluxo de trabalho que deve passar por diversas etapas e atividades de aperfeiçoamento, troca de informações e trabalhos colaborativos em diferentes áreas. Já os questionamentos surgem desde o início da pesquisa, onde encontrou-se diferentes conceitos e sistemas de operação paramétrica.

Considerando os diferentes sistemas adotados pelos softwares utilizados pela indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), pode-se entender que o mesmo se aplica na maneira como cada *software* dispõe e organiza o funcionamento no que diz respeito à utilização ou inserção de dados e informações aos modelos.

A parametrização apresenta argumentos bem definidos em relação aos seus conceitos, porém a maneira como cada *software* se utiliza dos parâmetros para construir seu modelo abre espaço para questionamentos em relação ao que chamamos de modelagem paramétrica ou modelagem parametrizada.

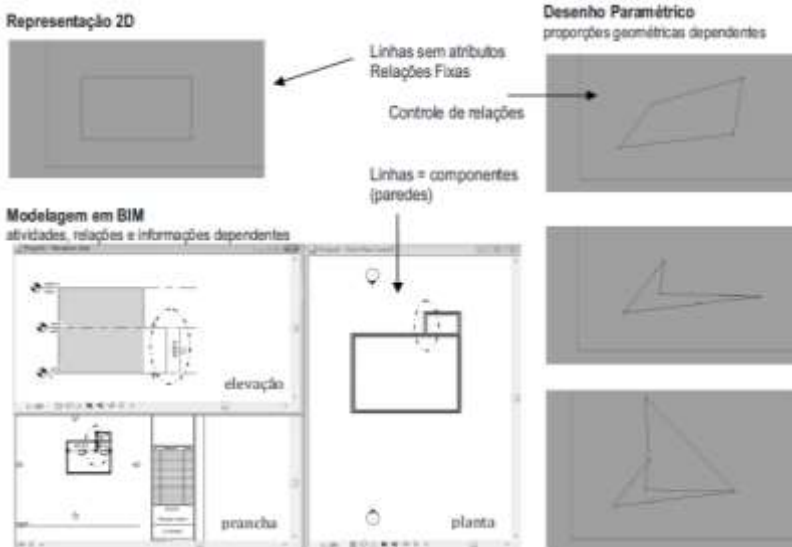
O uso do *software* que permite esse tipo de desenho proporciona a diminuição do tempo de projeto, assim como aumenta as possibilidades de variações de um mesmo modelo e agiliza a visualização de cada uma delas (HORTA, 2009).

Para Oliveira (2011) uma característica do desenho parametrizado é o ajuste automático quando se modifica um elemento com um novo. A autora caracteriza o projeto paramétrico de duas formas:

- i. Parametrização de atividades, relações e informações como no caso do conceito BIM - ; e

- ii. Proporções geométricas alteradas automaticamente, como no caso do Desenho ou Projeto Paramétrico (Figura 6). (OLIVEIRA, 2011 p. 51)

FIGURA 6 - Caracterização do projeto paramétrico.



FONTE: Adaptado de OLIVEIRA, 2011.

Esta pesquisa busca a utilização de conceitos acerca do BIM, porém em termos de modelagem paramétrica, aproxima-se com o conceito sugerido Oliveira (2009) que apresenta o desenho paramétrico como o que apresenta proporções geométricas dependentes, quando há alteração de uma parte as demais reagem em conjunto.

Uma conceituação mais superficial de parametrização sugere a união da modelagem geométrica com dados e informações, porém a maneira como é construído este modelo pode trazer uma significação mais detalhada a respeito dos termos Modelagem Paramétrica x Modelagem Parametrizada.

Esta suposição foi sugerida a partir da observação do uso de parâmetros em modelos através de diferentes *softwares*. Durante o processo de escolha do *software* que seria utilizado para as atividades de pesquisa, pôde-se constatar que em alguns *softwares* os modelos são construídos através de parâmetros, já em outros, a modelagem

tridimensional acontece em um primeiro momento, para que então os parâmetros sejam atribuídos ao modelo posteriormente. Este último é o caso do *software* escolhido: o Sketchup versão 2014 (Trimble).

O desenvolvimento das atividades de pesquisa devem direcioná-la de maneira clara e satisfatória e os resultados obtidos devem responder algumas dessas perguntas.

2.3.3 Prototipagem Digital e Fabricação Digital

As informações contidas na modelagem paramétrica trazem consigo a possibilidade de fabricar o modelo digital através da materialização automatizada. Esta prática já existe em áreas como engenharia civil, engenharia de automação, design e outras e também foi incorporada à Arquitetura. A possibilidade de criar formas complexas digitalmente e transformá-las em um produto final aparece como uma nova maneira de produzir Arquitetura, através de abordagens e conceitos avançados que transcendem os tradicionais métodos e processos de projeto.

Segundo Pupo (2009) dentre as diversas formas e técnicas de produção automatizada de que se pode fazer uso atualmente para a arquitetura e construção, prototipagem rápida e fabricação digital são termos mais usados na literatura recente. Pupo (2009) acredita que existe uma falta de consenso entre os autores da área, então usou as terminologias “Prototipagem Digital” e “Fabricação Digital” para esclarecer as práticas integrantes em cada uma (Figura 7).

FIGURA 7 - Campos de utilização de prototipagem digital e fabricação digital.



FONTE: Adaptado de: PUPO (2009).

A Prototipagem Digital apresentada por Pupo (2009) inclui todas as técnicas de prototipagem rápida, enquanto a Fabricação Digital inclui técnicas destinadas à produção de fôrmas ou peças finais de edifícios com equipamento de controle numérico (CNC).

Pupo (2009) apresenta ainda um esquema de métodos de produção automatizada para arquitetura e construção, categorizados de acordo com sua finalidade, número de dimensões e maneira que os objetos são produzidos.

“Suas aplicações podem variar desde a produção de maquetes de estudo para o apoio ao processo de projeto até a construção de edifícios inteiros, passando pela elaboração de elementos construtivos, construídos e enviados diretamente para a obra”. (PUPO, 2009, p. 48)

Entre as categorias apresentadas por Pupo (2009), pretende-se fazer uso das práticas apresentadas pela Prototipagem Digital como o Corte a Laser, considerando que a materialização do modelo digital, seja em escala real ou reduzida, deve fazer parte do processo de detalhamento do projeto, podendo ser uma maquete, protótipos em escala real, modelo reduzido para estudo ou até mesmo o produto final.

2.3.3.1 Corte a Laser

A denominação laser, por si só, remete a uma ideia contemporânea ou futurista, independente do contexto onde está inserida. São diversas as possibilidades existentes para a utilização desta ferramenta na Arquitetura, contudo, a maioria das atividades que envolvem o corte a laser ainda são voltadas para a criação de maquetes físicas, sobretudo de terrenos com curvas de nível.

Pupo e Celani (2009) incluem o corte a laser dentro do campo de utilização de prototipagem digital, junto de todas as técnicas de prototipagem rápida (sobreposição de camadas), fresas e corte com vinil para a produção de maquetes em escalas reduzidas e protótipos em escala 1:1. Ainda afirmam que alguns autores não consideram o corte a laser como prototipagem rápida.

Esta tecnologia, muito utilizada para estudos preliminares, consiste no corte automatizado de placas de vários materiais, dentre eles a madeira, o acrílico, o papelão e a cortiça, com alta precisão e

velocidade, os quais são posteriormente “empilhados” manualmente para formar o modelo ou o protótipo desejado. (PUPO e CELANI, 2009 p 07)

As considerações feitas acima estão de acordo com uma realidade onde esta tecnologia foi muito utilizada, porém quando ela aproxima-se de processos e do mercado da comunicação visual, o uso do laser como ferramenta é uma realidade já incorporada e residente em equipamentos e trabalhos que envolvem marcação e corte, sobretudo em objetos que podem ser desenvolvidos em escala real como produto final.

Siegl (2013) afirma que as aplicações da tecnologia a laser pra os trabalhos de corte e gravação são amplos, citando materiais como: acrílico, MDF, tecido e alguns tipos de plásticos.

Primordialmente, a ideia da tecnologia laser é oferecer soluções de transformações rápidas e precisas. Então, a aplicação em corte e gravação para o mercado de comunicação visual é bastante usada. (SIEGL, 2013 p 30)

A ideia de ampliar o campo de produção de corte a laser aproximando-o da arquitetura surge nesta pesquisa com fundamentação no resultado do estudo de caso, este que é voltado para a área da acessibilidade, onde depara-se com temas integrantes como a Comunicação Visual utilizada para a Orientação Espacial, aproximando-se ainda da área do Design.

O PRONTO 3D não apenas dispõe de máquinas de corte a laser como capacita alunos para o uso dos equipamentos, que requerem cuidado e precisão. Além de aprenderem a manusear a máquina, os alunos tendem a aperfeiçoar-se em *softwares* compatíveis que aceitem arquivos no formato .DXF, por exemplo. O *software* utilizado junto da máquina de corte do PRONTO 3D é disponibilizado pelo próprio fabricante junto da máquina, porém os alunos ainda utilizam *softwares* como o AutoCad e o CorelDraw antes de inserir o arquivo na máquina, para aperfeiçoar traçados como curvas e retas.

Pupo e Celani (2009) diferenciam a tecnologia a laser dos processos de adição de camadas que necessitam de um modelo digital tridimensional, evidenciando que na laser o processo pode ser iniciado por modelos bidimensionais.

Esta pode ser considerada uma das facilidades desse sistema que ainda agrega a vantagem de ter todos os ajustes efetuados diretamente na tela de impressão do *software* utilizado (AutoCAD ou Corel), por meio de um *driver* fornecido pelo fabricante. A partir daí, a impressão executada pelos processos de adição transcorre de acordo com a técnica escolhida, mas sempre com uma sequência de impressão que se inicia com a preparação do arquivo STL, sua manipulação (se necessário), finalizando com o pós-processamento da peça prototipada. (PUPO e CELANI, 2009 p 08)

A utilização de tais *softwares* aproxima as atividades cotidianas da universidade com a do mercado. Para Mata (2013), da empresa *3D Transform*, a tecnologia de corte a laser abrange profissionais da área de comunicação visual, *displays*, artesão, arquitetos, fabricantes de peças de acrílicos, etc.

A máquina de corte a laser, apesar de ser simples, requer uma série de cuidados e procedimentos que o operador aprende durante o treinamento oferecido pela empresa. O operador deve ter conhecimento prévio de programas de desenhos, como o CorelDRAW e o AutoCAD. (MATA, 2013 p 30)

Siegl (2013) afirma ainda que outros conhecimentos são necessários para a operação. O autor acredita que o operador deve ter conhecimentos básicos de matemática, geometria e desenho técnico e entende este como um dos fatores responsáveis pela falta de mão de obra especializada no mercado. (SIEGL, 2013)

2.4 INTEROPERABILIDADE ENTRE CONTEÚDOS DIGITAIS

2.4.1 Conceituação e Relevância

A expansão no campo da troca de informações digitais trouxe consigo a necessidade de desenvolver linguagens comuns entre sistemas operacionais que viabilizasse a comunicação e o compartilhamento de dados. A integração entre diferentes sistemas tornou-se uma realidade necessária para dar continuidade ao fluxo de disseminação e busca por informações. Segundo Le Coadic (2004), fluxos de informações consistem na circulação de informações por unidade de tempo e são fundamentais para o uso de informação eletrônica e ambientes colaborativos.

No campo da informática, o conceito de interoperabilidade abrange a capacidade de estabelecer comunicação entre sistemas possibilitando o intercâmbio de dados. Considerando que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) praticamente substituíram as formas tradicionais de comunicação científica, a otimização de mecanismos de troca de informação tornaram-se essenciais para assegurar a integridade e a continuidade da disseminação de conhecimento.

O desenvolvimento dos mecanismos de publicação eletrônica para comunidade acadêmica, com o intuito de aumentar sua visibilidade, tornou-se uma questão essencial para o desenvolvimento e a ampliação das atividades de pesquisa científica.(...)Com a evolução da Internet, várias bibliotecas digitais começaram a surgir, com a finalidade de expor a produção de teses e dissertações de grandes universidades de todo o mundo, principalmente dos Estados Unidos e de alguns países da Europa. Tudo isso resultou em um grande avanço, onde informações científicas e acadêmicas já poderiam ser obtidas livremente pela Internet, caracterizando um processo de democratização da informação. (OLIVEIRA e CARVALHO, 2009 p.2)

Para os autores, a elaboração de formas mais eficientes para comunicação científica é imprescindível para o desenvolvimento da ciência, mostrando que a interoperabilidade entre os repositórios digitais possibilita o acesso simultâneo aos dados contidos em diversos repositórios, maximizando as buscas e reduzindo o tempo

2.4.2 Interoperabilidade entre projetos na Arquitetura

Referenciando novamente Fantinel (2009), que afirma que a Arquitetura emerge como uma das principais protagonistas da disseminação de dados via *web*, gerenciamento e integração de acervos digitais participando ativamente neste rico processo do conhecimento, pode-se entender que o caminho trilhado pela Arquitetura em relação ao uso de tecnologias digitais acompanha e incorpora processos evolutivos.

Com o objetivo de compatibilizar e transformar o processo de projeto em um sistema colaborativo, tanto os *softwares* quanto o pensamento sobre a concepção de projetos vêm sofrendo transformações,

fazendo com que o termo interoperabilidade venha se tornando cada vez mais presente no vocabulário arquitetônico nos últimos anos.

A grande quantidade de informações necessárias para a execução de um projeto trouxe à tona a necessidade de atualizar o processo de projeto no que diz respeito à transmissão de informações. Não se trata apenas da representação de geometrias em duas ou três dimensões através de *softwares* CAD, mas de um processo construtivo onde a informação está interligada com o modelo, o que se tornou possível através da criação da tecnologia BIM. A pergunta de projeto então passa de “Como representar?” para “Como construir?”.

A abstração do desenho do edifício e a compatibilização manual de projetos, que outrora eram baseadas em uma representação bidimensional, dentro de um processo de trabalho associado ao uso de ferramentas ou sistemas CAD (Computer Aided Design), no contexto BIM são realizadas por modelos geométricos tridimensionais, ricos em informações do edifício. (RUSCHEL, 2013 p. 152)

Eastman et al. (2008) afirma que o conceito BIM surgiu em 1975 através de um documento publicado pelo antigo AIA (*American Institute of Architecture*). Para o autor o BIM fundamenta-se em duas tecnologias: a modelagem paramétrica, que é constituída por entidades em sua maioria geometrias que contém parâmetros fixos ou variáveis; e a interoperabilidade, que é a comunicação entre softwares sem perda de dados e informações.

(...) acredita-se que a implantação do BIM só trará ganhos efetivos quando vinculados a novas metodologias de projeto arquitetônico digital, ou seja, metodologias baseadas na modelagem paramétrica e na interoperabilidade e que incorporem a diluição da divisão entre etapas de concepção e desenvolvimento, visando fortalecer a concepção arquitetônica (EASTMAN et al., 2008)

Modelos BIM são constituídos por um grande número de informações que, através das relações paramétricas, possibilita fazer alterações em tempo real, o que deve resultar na minimização de erros e maior agilidade no processo de projeto. Para Ruschel et al. (2011), o processo de projeto com o BIM requer a prática de trabalho integrado, ou seja, todos os agentes da construção (projetistas, construtores,

fabricantes) envolvidos com o projeto, o que torna necessárias práticas colaborativas, diferentes do processo de projeto anteriores onde era comum a falta de integração.

2.4.3 O formato IFC

O primeiro software comercial com ferramentas BIM foi lançado na Hungria em 1987. A empresa Graphisoft criou o ArchiCAD, um *software* CAD com ferramentas BIM. Desde então outros *softwares* BIM para projetos de modelagem paramétrica para Arquitetura entraram no mercado, como o Revit da Autodesk, VectorWorks, Tekla, *softwares* da Bentley, entre outros. Considerando a diversidade de sistemas e formatos oferecidos por cada software, surgiu à necessidade da criação de um formato padrão entre eles, que possibilitasse a comunicação e compartilhamento de dados e informações: o formato IFC.

O IFC não é um formato válido apenas para a tecnologia BIM, porém é hoje um dos principais meio de comunicação entre *softwares* de projeto de Arquitetura. Este formato foi criado pela IAI (*International Alliance for Interoperability*), entidade criada por empresas e pesquisadores que tem como missão definir, publicar, promover especificações para classes de objetos da indústria da construção. (JACOSKI e LAMBERTS, 2002) O principal objetivo do IFC é padronizar sistemas em modelos abertos de modo que outros softwares possam compartilhar dados através deste formato.

Segundo Jacoski (2003), nos projetos CAD tradicionais a interoperabilidade já era um problema, sendo que grande parte dos projetos é desenvolvida em plataformas que utilizam linguagens e códigos divergentes. A solução mais inteligente seria o uso de arquivos com formatos neutros, dentre os quais os mais usados são *Drawing Exchange Format (DXF)* e *DWG*, o último pertencente à AutoDesk. Porém, podem ocorrer problemas frequentes nas transferências realizadas em DXF, visto que se trata de um formato muito simples que permite perda de dados.

Ao contrário de sistemas que trocam de informações baseadas em primitivos geométricos (.dxf, .iges, .dwg, .opendwg), onde a interpretação da informação é responsabilidade de profissionais, a troca de informações estruturada permite a “preservação do significado”, dentro das

ferramentas de projeto. Isto é o que acontece com as ferramentas IFC. (PAZLAR; TURK, 2008 p.362).

Ainda Segundo Pazlar e Turk (2008), os elementos arquitetônicos foram os primeiros a serem incluídos nas especificações IFC, logo este é o domínio mais completo e preciso do mesmo. Porém, algumas experiências realizadas pelos mesmos, mostra que o IFC apresenta problemas relacionados com a integridade de dados no processo de intercâmbio entre *softwares*. Os autores afirmam que em alguns experimentos, os testes de interoperabilidade apresentaram falhas mais frequentes em relação à distorção da geometria, mudança do formato, cores e materiais dos objetos, ausência de alguns elementos, conexões incorretas e mudanças de posição dos objetos.

Outro fator importante que se mostrou um desafio no desenvolvimento dos experimentos foi à falta de objetos BIM e o fato de esses terem poucos parâmetros. Muitas vezes tiveram de ser buscados em sites de compartilhamento de objetos BIM, ou modelados e editados. Na maioria das vezes esses mesmos objetos apresentaram problemas de interoperabilidade. Para solucionar tal problema sugere-se a criação de bibliotecas mais amplas, nativas do próprio programa, e o desenvolvimento de objetos com maior número de parâmetros (...). (MULLER, 2011 p. 91)

De acordo os dados levantados, percebe-se que o IFC interpreta um papel fundamental no que se refere à interoperabilidade entre *softwares* de projeto. Porém, é evidente que os estudos sobre este formato ainda são recentes e que precisam de aprimoramento.

2.4.4 Interoperabilidade e o *software* Sketchup

O Sketchup é um *software* de modelagem 3D desenvolvido inicialmente pela companhia *Last Software* em 1999. Logo, em 2006, a Google adquiriu o *software* e investiu no seu potencial por meio da criação de uma série de ferramentas de desenho CAD e atualizações de seu sistema com o passar dos anos. Estas atualizações passaram por algumas etapas resultando no lançamento das versões 5, 6, 7 e Pro 8. Rapidamente o *Sketchup* tornou-se popular entre alunos das escolas de arquitetura. Segundo pesquisa apresentada pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP (2011) “entre os aplicativos mais utilizados pelos alunos estão o AutoCAD, para a representação bidimensional e o

Sketchup (ou similares) para modelagem tridimensional”. (NOJIMOTO; TRAMONTANO; ANELLI, 2011).

A inserção da tecnologia BIM em *softwares* de projeto resultou na atualização de seus sistemas, incluindo o Sketchup. Em 2012 a Google vendeu os direitos do *software* para a companhia *Trimble Navigation*, uma empresa conhecida pela tecnologia em GPS (*Global Positioning System*), que também integra uma vasta escala de tecnologias de posicionamento (laser, óptica e inercial) através de *softwares* e aplicativos. (TRIMBLE, 2013) A empresa responsabilizou-se pela modernização do *software* apostando na inclusão de novas ferramentas e *plugins*, investindo na interoperabilidade, principalmente na inclusão da plataforma BIM junto ao formato IFC, logo, em março de 2014 lançou as versões *Sketchup Make* (gratuita) e *Sketchup Pro* 2014.

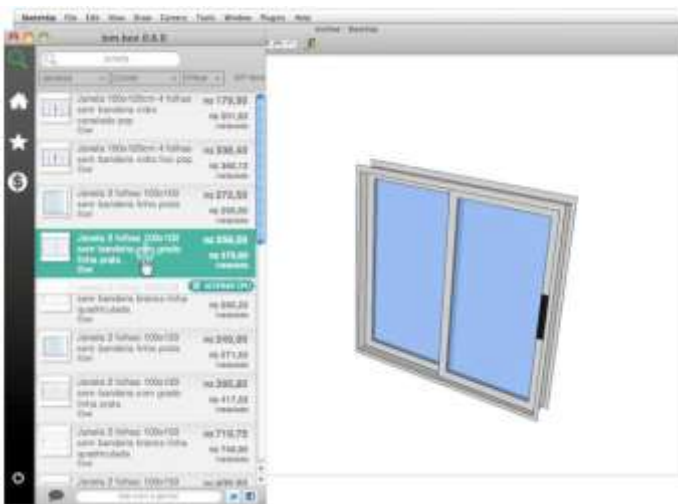
Como o BIM é um processo cada vez mais importante para os profissionais de arquitetura, engenharia e construção, a Trimble ampliou a interoperabilidade do Pro SketchUp (...). A nova versão oferece uma maneira mais fácil para os usuários participarem do processo de modelagem de informações, garantindo que os dados relacionados com seus objetos e modelos permaneçam consistentemente identificáveis em todo o fluxo de trabalho de BIM. (TRIMBLE, 2014)

Hoje o *software* faz parte do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) através da disciplina “Introdução ao CAAD” (EGR5607) ofertada na 3ª fase do curso. A princípio trata-se de uma disciplina de iniciação à representação bi e tridimensional através da criação de projetos arquitetônicos, porém entende-se que em um futuro próximo será necessária à introdução de novas maneiras para compreensão projetual, devido à necessária atualização do ensino e do próprio *software* em relação à plataforma BIM e a modelagem paramétrica.

Duarte, Celani e Pupo (2010) descrevem a importância da introdução gradual desse processo para que não haja rejeição tanto do corpo docente quanto discente. A modelagem paramétrica é mais difundida, já que desde 1980 tem sido introduzida no campo acadêmico; porém, o BIM ainda sofre preconceitos, enfrentando obstáculos na aplicação no ensino de projeto por ser algo relativamente recente.

A popularidade e aceitação do Sketchup entre os alunos do curso de Arquitetura da UFSC, a facilidade de manuseio no que diz respeito à criação de volumetrias e o fácil acesso (gratuito para *download*) são os principais aspectos que justificam a escolha deste *software*. Tanto estes aspectos quanto o fato de já estar inserido no curso de Arquitetura neste momento e trazer a possibilidade da criação de uma biblioteca digital com modelos parametrizados (Figura 8), são algumas das questões que fundamentam a escolha do *Sketchup* como um programa adequado para o desenvolvimento desta pesquisa.

FIGURA 8 - *Plugin* de modelagem parametrizada do Sketchup.



FONTE: <http://dicasdesketchup.files.wordpress.com/> Acesso em 11/09/2014.

A partir do levantamento sobre as funções que ele oferece, foram identificadas todas as ferramentas necessárias para a realização das atividades de pesquisa, desde a criação de modelos paramétricos, passando pela categorização dos modelos através de metadados, o uso de aplicativos para materialização automatizada até a grande capacidade de comunicação por meio da interoperabilidade IFC 2x3.

Além do formato IFC, existe uma grande quantidade de extensões oferecidas como DWG, DXF, 3DS, OBJ, XSI, VRML, AVI, MOV além de mais de 3.000 plugins encontrados na *Extension Warehouse* (Figura 9) que possibilitam intercâmbios entre formatos como o .STL (*Stereo Lithography*), sendo que hoje o Sketchup apresenta-se

como o *software* com maior capacidade de interoperabilidade no mercado (TRIMBLE, 2014). Estes formatos permitem a leitura dos modelos .SKP por *softwares* com tecnologia BIM como Archicad, Vectorworks, Autodesk Revit, Atlantis, Tekla, SolidWorks, Nemetshek entre outros. Alguns dos formatos também são compatíveis com máquinas que possibilitam materialização automatizada do modelo como corte a laser e impressora 3D com formato .STL.

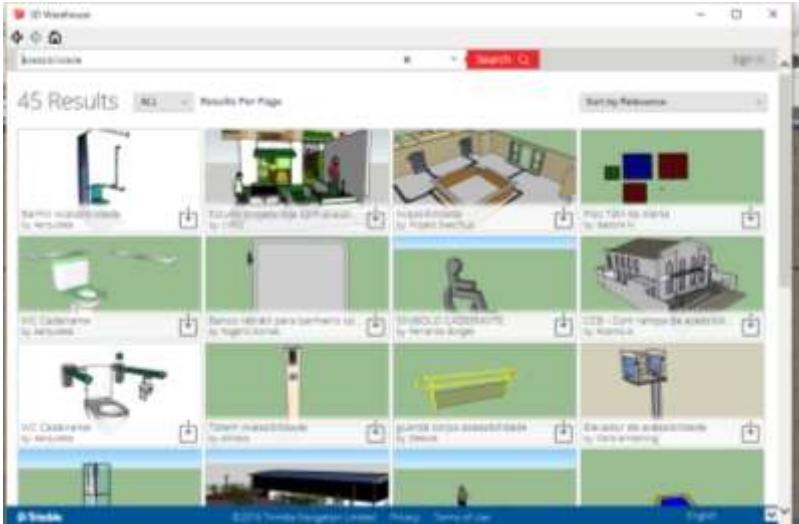
FIGURA 9 - *Extension Warehouse* – Biblioteca de extensões do Sketchup 2015.



FONTE: *Software* Sketchup versão 2014. Acesso em 20/12/2015.

Além da Biblioteca de extensões o Sketchup ainda disponibiliza uma biblioteca de modelos tridimensionais (Figura 10) que podem ser criados pelos usuários, reunidos e organizados, passíveis de reutilização e edição.

FIGURA 10 – *3d Warehouse* – Biblioteca de modelos 3D do Sketchup 2015.



FONTE: Sketchup 2015.

2.5 REUTILIZAÇÃO DE CONTEÚDOS DIGITAIS

2.5.1 Conteúdos Digitais para o Ensino

A utilização de conteúdos digitais educativos vem conquistando cada vez mais seu espaço nas instituições de ensino. Apesar de ainda existir certa resistência tanto por parte dos profissionais quanto de algumas instituições, a adaptação destes conteúdos já faz parte de uma metodologia de ensino aplicada e promissora, considerando a tecnologia como grande aliada da educação.

Ao falar sobre a produção de conteúdos digitais, logo aparecem outros temas relacionados diretamente com este, como: reutilização, padrões de qualidade e usabilidade. Apesar de muitos conceitos ainda se encontrarem em desenvolvimento, a reutilização de conteúdos digitais é uma das principais tendências na prática pedagógica e relaciona-se intimamente com a evolução das TICs, apesar de ser uma prática já utilizada por parte dos professores mesmo sem o uso de tecnologia.

É sabido que as grandes mudanças ocorridas na educação e na teoria pedagógica estão ligadas às transformações ocorridas nos meios de

comunicação: desde a educação através da oralidade, ao ensino através escrita, cujo principal suporte foi o livro, e aos recursos computacionais e às tecnologias de informação e comunicação (TICs) atualmente disponíveis. Desde que surgiram os primeiros computadores, educadores imaginaram novas possibilidades de usar aquelas máquinas como auxiliares do processo ensino-aprendizagem. (SCHWARZELMULLER e ORNELLAS, 2006, p.1)

A utilização das TICs a favor da educação junto da internet apresentou um novo cenário no processo de ensino-aprendizagem, o que resultou na criação e utilização de conteúdos digitais educacionais reutilizáveis, que neste âmbito passaram a se chamar Objetos de Aprendizagem (OA). Existem diferentes definições para Objetos de Aprendizagem, contudo o RIVED (Rede Interativa Virtual de Educação) os caracteriza como:

Um Objeto de Aprendizagem é qualquer recurso que possa ser reutilizado para dar suporte ao aprendizado. Sua principal ideia é "quebrar" o conteúdo educacional disciplinar em pequenos trechos que podem ser reutilizados em vários ambientes de aprendizagem. Qualquer material eletrônico que provém informações para a construção de conhecimento pode ser considerado um Objeto de Aprendizagem, seja essa informação em forma de uma imagem, uma página HTM, uma animação ou simulação. (RIVED, 2011)

Mendes et. al (2005) entende que para ser considerado um OA, o conteúdo apresentado deve apresentar algumas características técnicas, como:

- Reusabilidade: que possa ser utilizado em diversos ambientes de aprendizagem;
- Adaptabilidade: que seja adaptável a qualquer ambiente de ensino; Granularidade: que tenha seu conteúdo dividido em partes, para facilitar sua reusabilidade;
- Acessibilidade: que possa ser facilmente acessado via Internet;

- Durabilidade: que possa ser utilizado continuamente, independente da mudança de tecnologia;
- Interoperabilidade: que tenha a habilidade de operar através de uma variedade de *hardware*, sistemas operacionais e *browsers*, intercâmbio efetivo entre diferentes sistemas.

A partir destas referências, pode-se entender que dentro do contexto pedagógico e funcional, os OA apresentam duas características principais: a reusabilidade e a interoperabilidade. Para que um conteúdo digital ou OA possa ser reutilizado é necessário um repositório interoperável, catalogado por metadados⁷ e que sirva como base de dados acessível ao usuário, ou seja, uma Biblioteca Digital.

Existem muitas definições acerca do tema Biblioteca Digital. O próximo item abordará algumas destas definições, considerando que os resultados desta pesquisa deverão ser incluídos como Objetos de Aprendizagem dentro de uma Biblioteca Digital Didática pertencente ao Projeto do CNPq “O Processo de Ensino e Aprendizagem de Projeto mediado pelas Tecnologias de Informação e Comunicação em Arquitetura e Design”, mencionado anteriormente.

2.5.2 Bibliotecas Digitais em Faculdades de Arquitetura

Atualmente, as Bibliotecas Digitais já fazem parte do sistema de ensino de diversas organizações voltadas para a educação. Universidades e institutos de pesquisa fazem uso de tecnologias de informação e comunicação (TICs) para divulgar e gerenciar suas publicações e outros objetos digitais como relatórios, monografias, dissertações e teses. A utilização destes sistemas no ensino amplia as possibilidades de compartilhar e reutilizar informações remotamente, oportunizando a todos os usuários a utilizar este conteúdo e contribuir para as atividades de ensino em diferentes setores.

A criação de livros eletrônicos utilizando tecnologias multimídia trouxe mudanças que podem ser comparadas com processos de transição como a transformação dos rolos de papiro para os pergaminhos ou então o início do processo de impressão introduzido por Gutemberg⁸. Em ambos os casos a evolução do sistema de informação possibilitou maior rapidez

na circulação de textos e trouxe a consolidação do livro como um instrumento essencial para a troca de informação (ROSETTO, 2008).

As publicações eletrônicas aliadas ao dinamismo proporcionado pela internet revolucionaram a disseminação dentro do sistema de ensino de maneira que a legislação brasileira, pelo Decreto n. 5.622/2005 (BRASIL, 2005a), estabelece que cursos na modalidade "ensino a distância" devem oferecer bibliotecas adequadas, com acervo on-line, que atendam às necessidades de seus estudantes.

A disponibilização da produção científica em meio digital já se faz presente mesmo em iniciativas individuais. Notoriamente, a cada ano que passa, muitos acadêmicos contribuem para a divulgação do conhecimento por meio de seus trabalhos de conclusão de curso, monografias, dissertações e teses, de forma impressa e digital, chegando a simular uma espécie de biblioteca digital modular nas instituições. (FANTINEL, 2009 p. 31)

A inserção das TICs e o desenvolvimento de ferramentas digitais aplicadas ao processo de projeto vêm transformando intensivamente a prática da Arquitetura. Ao passo que ampliam horizontes, influenciam na maneira de pensar, conceituar e desenvolver arquitetura, estabelecendo conseqüentemente novos paradigmas e valores em seu processo de ensino e aprendizagem.

A disseminação de dados via web, gerenciamento e integração de acervos digitais têm aberto em todas as áreas do conhecimento, novas possibilidades de estudos voltados à aplicação destes conceitos. (...) Podemos destacar, dentre as várias manifestações do conhecimento, a Arquitetura que emerge como uma das principais protagonistas dessa transformação, participante ativa neste processo

⁷ **Metadados:** Metadados são dados que descrevem dados (...). Os dados podem ser documentos, coleção de documentos, gráficos, tabelas, imagens, vídeos, entre tantos outros. (NUNES et al., 2011, p. 03)

⁸ **Johannes Gutemberg** (Alemanha, 1398-1468). Foi um inventor e gráfico alemão. Sua invenção do tipo mecânico móvel para impressão começou a Revolução da Imprensa e é amplamente considerado o evento mais importante do período moderno. Teve um papel fundamental no desenvolvimento da Renascença, Reforma e na Revolução Científica e lançou as bases materiais para a moderna economia baseada no conhecimento e a disseminação da aprendizagem em massa. (WIKIPÉDIA, 2001c)

rico do conhecimento científico. (FANTINEL, 2009 p.189)

Considerando o dinamismo característico do processo de projeto, as facilidades computacionais advindas de softwares mostram-se grandes aliadas da arquitetura. De acordo com Oxman (2008), o avanço da integração das tecnologias computacionais no projeto desenvolvido durante a década de 1990, a práxis e a teoria evoluíram simultaneamente. Novas abordagens e tecnologias para a morfogênese foram acompanhadas por novos rumos na metodologia de desenho.

Muito mais do que uma ferramenta para representação de ideias, os *softwares* de projeto passaram a assumir o papel de protagonistas do processo projetual e criativo e a modelagem deixou de ser apenas um produto ilustrativo para fazer parte da concepção formal e transforma-se em um sistema de informações. Segundo Gaspar (2012) o termo Arquitetura Digital tornou-se comum entre estudantes e profissionais que tem estudos relacionados à computação e a novos processos de projetar e produzir ideias.

Tornando-se o projeto de Arquitetura um processo de construção em sua maioria digital, o uso de Bibliotecas Digitais aparece de maneira complementar como uma fonte de modelos digitais e informação multimídia. Para Fantinel (2009) o volume crescente de informações produzidas pelos profissionais de Arquitetura, localizadas nas faculdades, entidades etc. vai se configurando como um cenário propício ao aumento do fornecimento de produtos e serviços informacionais.

As bibliotecas digitais em Arquitetura e Urbanismo analisadas nas IES brasileiras, estruturam-se em sistemas que permitem o acesso simultâneo e remoto às informações, disponibilizando serviços e produtos, possibilitando recuperar documentos com vários tipos de registros (som, imagem) e utilizam sistemas inteligentes que ajudam na recuperação da informação de maneira rápida. (FANTINEL, 2009 p.190)

Fantinel (2009) realizou uma pesquisa sobre bibliotecas digitais brasileiras em 28 cursos superiores de Arquitetura e Urbanismo, considerando elementos como sistema de organização, de navegação, rotulagem, busca, usabilidade e acessibilidade. A autora concluiu que praticamente todas as bibliotecas digitais estruturam-se em sistemas de acesso simultâneo e remoto às informações, disponibilizam serviços e produtos, possibilitam recuperar vários tipos de documentos e utilizam

sistemas inteligentes para recuperação da informação de maneira rápida. Ainda segundo Fantinel (2009), somente a UFSC, a UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e a UFPE (Universidade Federal de Pernambuco) oferecem *links* com portais de Arquitetura.

A partir das considerações, entende-se que o uso de Bibliotecas Digitais em faculdades de Arquitetura, nada mais é do que um aspecto que pertence ao processo de evolução tanto da tecnologia quanto dos conceitos atribuídos à própria Arquitetura. O futuro profissional advindo da universidade deve inserir-se no mercado entendendo as contribuições da tecnologia na área e os novos papéis que deve desempenhar como arquiteto através da interação com ferramentas digitais.

Foi decidido disponibilizar o material produzido a partir desta pesquisa de forma didática e disponível para a universidade. Durante a Fase de Produção, serão criados modelos tridimensionais parametrizados que deverão fazer parte de uma Biblioteca Digital Didática, junto de conteúdos digitais como tutoriais e atividades didáticas para aprendizagem, que deverão auxiliar alunos e professores.

Todo este material deverá ser disponibilizado aos alunos e professores da UFSC através da rede colaborativa (Figura 11) que está sendo desenvolvida sobre Mídias e Tecnologias no Ensino e Aprendizagem em Rede de Arquitetura e Design⁹ (TEAR_ AD) com ênfase em BIM.

⁹ A criação desta biblioteca integrará o projeto do CNPq coordenado pela Prof^a Alice Theresinha Cybis Pereira, PhD intitulado “O Processo de Ensino e Aprendizagem de Projeto mediado pelas Tecnologias de Informação e Comunicação em Arquitetura e Design”.

FIGURA 11 - Página do TEAR_AD (em desenvolvimento).



Fonte: <http://www.tearad.ufsc.br/> Acesso em: 09/11/2015.

3 ESCOLHA DO OBJETO PARA ESTUDO DO FLUXO DE TRABALHO

Fase de Instrumentação

3.1 ESCOLHA DO TEMA: ACESSIBILIDADE

A ideia é criar um fluxo de trabalho que partisse da idealização de um projeto, percorrendo um caminho de desenvolvimento através do detalhamento até alcançar o estágio de materialização utilizando *softwares* e alguns recursos disponíveis na universidade analisando questões de interoperabilidade de arquivos e dados.

Ao definir esta direção a ser seguida pela pesquisa, foi necessário a escolha de um tema para que as atividades de pesquisa fossem realizadas. Durante as aulas da disciplina Ambientes Virtuais de Aprendizagem (ARQ 1109), um dos alunos expôs a dificuldade e carência de conteúdos digitais e softwares relacionados com o tema Acessibilidade, esta que era sua área de atuação. A busca do aluno pela disciplina cursada foi justificada por tal carência, sendo que seu objetivo era aprofundar os estudos no que se referia à Ambientes Virtuais de Aprendizagem voltados para o tema Acessibilidade.

A partir da constatação da falta de conteúdo digital em uma área de estudo tão importante e interessante, nasceu a ideia de aproximar-se do tema Acessibilidade para que assim fosse possível criar o objeto de estudo. A disciplina de Desenho Universal (ARQ 1104) ofertada no semestre seguinte oportunizou a experiência e atividades necessárias para o desenvolvimento do conteúdo que serviu como objeto do estudo.

3.1.1 Norma de Referência: NBR 9050/2015

Apesar de reconhecida relevância e devida regulamentação, a acessibilidade espacial em edifícios públicos ainda encontra limitações quanto a sua aplicabilidade. Percebe-se que apesar da existência do Decreto Federal 5.296/2004 (BRASIL, 2004), - que torna como obrigatório todas edificações com acesso ao público atenderem às leis e normas de acessibilidade espacial como o decreto nº 6.949/2009 (BRASIL, 2009) ou a NBR 9050:2015 (ABNT, 2015) - muitos edifícios públicos não foram projetados para atender às necessidades provenientes de diferentes deficiências.

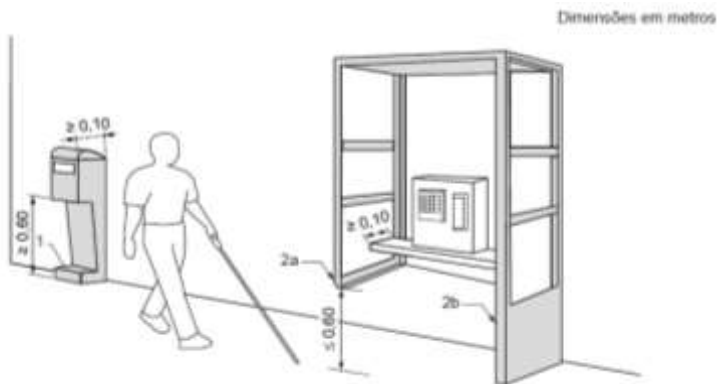
A NBR 9050 só entrou em vigor a partir de 1985, até então a maioria das construções em geral não consideravam a acessibilidade espacial como uma diretriz projetual, além de não ter acesso a referências

regulamentadas que apresentassem recomendações, como é o caso do edifício em questão.

De acordo com Dischinger et al. (2012) é importante levar em conta que um grande número de brasileiros enfrenta diariamente diversos tipos de obstáculos ou barreiras para obter informações, deslocar-se, comunicar-se e utilizar equipamentos e serviços públicos. Os dados apresentados pelo Censo de 2000 (OLIVEIRA, 2012) mostram que 14,5% da população brasileira possui algum tipo de deficiência, evidenciando que além destas pessoas, qualquer um está sujeito a enfrentar dificuldades desta natureza.

A NBR 9050 é uma norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que visa proporcionar a utilização de maneira autônoma, independente e segura do ambiente, edificações, mobiliário, equipamentos urbanos e elementos à maior quantidade possível de pessoas, independentemente de idade, estatura ou limitação de mobilidade ou percepção. (ABNT, 2015). A norma foi editada pela última vez em 2015, organizando parâmetros e dimensões para as condições de acessibilidade através de representações explicativas em 2D e 3D (Figura 12), contudo, ainda não fornece modelos digitalizados.

FIGURA 12 – Mobiliários na Rota Acessível.



Fonte: Adaptado da NBR 9050:2015.

Segundo Cardoso (1996) apud Souza e Thomé (2008) durante muito tempo, a norma técnica foi considerada apenas uma recomendação, não tendo, portanto força de lei, o que dificultou a sua aceitação. No

entanto, através da atuação de profissionais da CORDE - Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência - órgão do Governo Federal, se insistiu no regime obrigatório de preparo e na observância das Normas Técnicas, trazendo dessa forma o aparato legal para torná-la instrumento de uso obrigatório.

A partir do mês de outubro de 2015, todos os projetos imobiliários residenciais e comerciais encaminhados para licenciamento devem seguir a versão atualizada, sendo esta considerada a terceira versão, acessada gratuitamente no site da Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPD).

As atividades desta pesquisa foram iniciadas em 2013, considerando a NBR 9050:2004 como referência, porém ao final da pesquisa foi lançada a última atualização da norma (NBR 9050:2015) com alterações que iniciam desde seu prefácio e que foram inseridas no trabalho de acordo com os parâmetros e itens utilizados. Uma das alterações sugeridas é a inclusão do meio rural como ambiente onde a norma também deve ser considerada.

Esta Norma estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quanto ao projeto, construção, instalação e adaptação do meio urbano rural, e de edificações às condições de acessibilidade. No estabelecimento desses critérios e parâmetros técnicos foram consideradas diversas condições de mobilidade e de percepção do ambiente, com ou sem a ajuda de aparelhos específicos, como próteses, aparelhos de apoio, cadeiras de rodas, bengalas de rastreamento, sistemas assistivos de audição ou qualquer outro que venha a complementar necessidades individuais. (ABNT, 2015 p 01)

3.2 DESENVOLVIMENTO DO OBJETO DE ESTUDO

Foi realizado um estudo sobre as condições de acessibilidade espacial da Agência Central dos Correios, localizada na cidade de Florianópolis. O trabalho foi realizado junto com o colega Rafael Campos como requisito para a conclusão da disciplina de Desenho Universal (ARQ 1104), do programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ministrada pela Prof.^a Dr.^a Vera Helena Moro Bins Ely. Para realizar a avaliação aplicaram-se diversos métodos e técnicas advindos da

arquitetura e psicologia ambiental que possibilitaram o contraponto de informações a respeito da edificação e da percepção espacial dos usuários.

O resultado desta pesquisa permitiu uma análise holística da acessibilidade a qual considerou o espaço, as pessoas e as atividades desenvolvidas, resultando em uma Matriz de Descobertas e uma Matriz de Recomendações (RODRIGUES e SOARES Apud RHEINGANTZ et al., 2009). Tais matrizes foram utilizadas como base para o desenvolvimento do projeto de adequação espacial o qual serviu como objeto de estudo para experenciar em situação de projeto um fluxo de trabalho que utiliza conceitos do processo BIM, desde a idealização até a materialização. As matrizes encontram-se no Apêndice 1 deste trabalho.

3.2.1 Orientação Espacial: tema principal para o desenvolvimento do objeto de estudo

Para Dischinger e Bins Ely (2005), espaço acessível é aquele de fácil compreensão, que permite o usuário comunicar-se, ir e vir e participar de todas as atividades que o local proporcione, sempre com autonomia, segurança e conforto, independente das habilidades e restrições de usuários.

Visando contribuir para a melhoria das condições de inclusão e acesso, foi desenvolvido por Dischinger et al. (2012) junto ao Ministério Público de Santa Catarina, um manual que faz parte do Programa de Acessibilidade às Pessoas com Deficiência ou Mobilidade Reduzida nas Edificações de Uso Público. O manual apresenta conhecimentos técnicos e teóricos, estabelecendo quatro componentes como essenciais para obtenção de boas condições de acessibilidade espacial: orientação espacial, comunicação, deslocamento e uso.

Estes componentes estruturam as planilhas de acessibilidade do manual e são constituídos por um conjunto de diretrizes responsáveis pela caracterização espacial, com o objetivo de orientar as ações de avaliação de edifícios públicos. Segundo Dischinger et al. (2012):

Orientação Espacial: As condições de orientação espacial são determinadas pelas características ambientais que permitem aos indivíduos reconhecer a identidade e as funções dos espaços e definir estratégias para seu deslocamento e uso. Para se orientar espacialmente, vários processos interligados ocorrem. Em primeiro lugar, é necessário obter informações ambientais por meio dos sistemas perceptivos.

Comunicação: As condições de comunicação em um ambiente dizem respeito às possibilidades de troca de informações interpessoais ou troca de informações pela utilização de equipamentos de tecnologia assistiva que permitam o acesso, a compreensão e participação nas atividades existentes.

Deslocamento: As condições de deslocamento em ambientes edificados referem-se à possibilidade de qualquer pessoa poder movimentar-se ao longo de percursos horizontais e verticais (saguões, escadas, corredores, rampas, elevadores) de forma independente, segura e confortável, sem interrupções e livre de barreiras físicas para atingir os ambientes que deseje.

Uso: As condições de uso dos espaços e dos equipamentos referem-se à possibilidade efetiva de participação e realização de atividades por todas as pessoas.

Focado na análise do ambiente em relação a sua adequação de acessibilidade, foi aplicada a avaliação de acessibilidade espacial na Agência Central dos Correios utilizando o *checklist* do Ministério Público de Santa Catarina (DISCHINGER; BINS ELY; PIARDI, 2012), o qual apresentou os seguintes resultados (Planilha 1):

PLANILHA 1 - Resultado Final do *Checklist*.

	COMPONENTE	N. ITENS AVALIADOS	POS.	NEG.	N. CONSULTA	ATENDE AS PLANILHAS %
ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS ATRAVÉS DAS PLANILHAS		45	05	20	20	Não existem indicações para rotas ou delimitação de espaço através de sinalização. ATENDE 11%
		16	01	09	06	Inexistência de equipamentos de tecnologia assistiva como cadeiras e rampas. Inexistência de alertas de áudio, assim como sinalização para tal. ATENDE 50%
		119	69	09	65	Passos irregulares na via pública e interferências na circulação; Entrada principal inacessível (acessoria) para cadeirantes, e além de ultrapassar o limite do passeio, não possui qualquer tipo de alerta. Apenas um elevador que apresenta condições inadequadas para uso, deslocamento e sinalização (acesso restrito). ATENDE 53,5%
		109	28	20	71	Não público e o atendimento possuem limites que impossibilitam o atendimento a pessoas com deficiência visual, motora ou auditiva. Motobus não dispõe de guichês para cadeirantes, pois os bônus de atendimento tem no máximo 90cm de altura e não permitem aproximação frontal. ATENDE 25,7%

FONTE: Arquivo Pessoal.

Após aplicar todos os métodos de avaliação apresentados no Apêndice I, optou-se por eleger o *checklist* do Ministério Público de Santa Catarina (DISCHINGER; BINS ELY; PIARDI, 2012) como principal método de avaliação para o trabalho. Considerando seu direcionamento objetivo relacionado diretamente com a NBR 9050:2004 como justificativa, o método apresenta parâmetros claros e objetivos, possibilitando a coleta de dados definitivos para o detalhamento do projeto.

Ao identificar a Orientação Espacial como princípio com maior deficiência, foram revistos todos os itens avaliados dentro deste princípio, resultando na lista de elementos a serem detalhados através da modelagem tridimensional parametrizada. Todos os objetos produzidos devem servir para análise e experimentação do fluxo, assim como devem seguir os princípios e parâmetros estabelecidos pela NBR 9050:2015, versão atualizada da NBR 9050:2004.

O próximo passo foi desenvolver uma listagem com todos os itens que não corresponderam às solicitações da avaliação de acessibilidade dentro do princípio Orientação Espacial, resultando no levantamento apresentado nas planilhas a seguir, as quais referem-se ao “Acesso ao edifício, Saguões, Salas de recepção e espera e Circulações Horizontais”.

LEGENDA:

PRINCÍPIOS	
	Orientação espacial
	Comunicação
	Deslocamento
	Uso

PLANILHA 2 - Áreas de Acesso ao Edifício.









Nº	LEGISLAÇÃO		P	ITENS A CONFERIR	RESPOSTA		NAI
	LEI	ARTIGO			SIM	NÃO	
1.2	9.050/04	9.9.2		Na existência de semáforo há sinalização sonora quando o mesmo estiver aberto?			SIM
1.7	9.050/04	6.1.2		Na existência destas interferências, há sinalização tátil de alerta nos passeios?			NÃO
1.11	9.050/04	6.1.3		Na ausência de linha-guia identificável ou em locais muito amplos, existe piso tátil direcional?			NÃO

1.52	9.050/04	5.13		Existe sinalização visual localizada na borda do piso, em cor contrastante com a do acabamento, medindo entre 2cm e 3cm de largura?	NÃO
1.53	9.050/04	5.14.1.2c		Existe, no início e término da escada, sinalização tátil de alerta em cor contrastante com a do piso, afastada no máximo 32cm do degrau?	NÃO
1.54	4.909/94	397		Existe sistema de sinalização para abandono do local (placas indicando saídas autônomas) instalado no corpo da escada, patamares e sagões?	NÃO SE APLICA/INEXISTENTE
1.72	9.077/01	4.6.2.8		Existe sistema de iluminação de emergência instalado?	NÃO SE APLICA/INEXISTENTE
1.73	9.050/04	5.14.1.2c		Existe sinalização tátil de alerta no início e término da rampa?	NÃO SE APLICA/INEXISTENTE
1.75	9.050/04	6.12.1		As vagas destinadas às pessoas portadoras de deficiência são indicadas com o símbolo internacional de acessibilidade a partir de sinalização vertical e no piso?	SIM
1.76	-	-		As vagas de estacionamento reservadas para veículos utilizados por pessoas com mobilidade reduzida são identificáveis desde a entrada na garagem?	NÃO
1.84	9.050/04	5.4.1.1		Na entrada de edifício público totalmente acessível de acordo com a NBR 9050/04, está fixado o símbolo internacional de acessibilidade?	NÃO

Fonte: Adaptado de DISCHINGER et al., 2012.




PLANILHA 3 - Saguões, salas de recepção e espera.

Nº	LEGISLAÇÃO		P	ITENS A CONFERIR	RESPOSTA		NAI
	LEI	ARTIGO			SIM	NÃO	
2.5	-	-		O balcão de atendimento / recepção pode ser identificado visualmente ou por informação adicional (placa) desde a porta de acesso ao edifício?			NÃO
2.6	-	-		Há suporte informativo tátil que permita a identificação do local do balcão para pessoas com restrição visual?			NÃO
2.7	Dec. 5.296/04	Art. 6 e 26		Existe suporte informativo (diagramas, mapas, quadros) visual e tátil, que possibilitem ao usuário localizar-se, identificar o local das diferentes atividades e definir rotas para o uso do edifício de forma independente?			NÃO
2.17	-	-		Caso o mobiliário de espera constitua obstáculo à circulação, existe sinalização tátil no piso, indicando sua localização, para pessoas com restrição visual?			NÃO

2.25	9.050/04	8.2.1.3.2		Os espaços e assentos preferenciais aos cadeirantes, obesos e pessoas com mobilidade reduzida estão devidamente sinalizados?	SIM
2.46	9.050/04	5.15.1.3		Há indicação sonora e visual em saídas de emergência?	NÃO
2.47	9.050/04	6.2.6		Há placas indicativas no interior da edificação para sinalização de rotas e entradas acessíveis?	NÃO
2.48	9.050/04	5.5.2		A sinalização visual é em cores contrastantes (texto ou figura e fundo) com a superfície sobre a qual está afixada?	SIM
2.49	9.050/04	5.4	 	Existe sinalização visual em forma de pictogramas?	NÃO
2.50	9.050/04	5.4	 	Na existência de pictogramas estes estão de acordo com a norma?	NÃO

Fonte: Adaptado de DISCHINGER et al., 2012.

PLANILHA 4 - Circulações Horizontais.

Nº	LEGISLAÇÃO		P	ITENS A CONFERIR	RESPOSTA		NA/I
	LEI	ARTIGO			SIM	NÃO	
3.21	9.050/04	5.15.1.3		Há indicação sonora e visual em saídas de emergência?			NÃO
3.22	9.050/04	6.2.6		Há placas indicativas no interior da edificação para sinalização de rotas e entradas acessíveis?			NÃO
3.23	9.050/04	5.5.2		A sinalização visual é em cores contrastantes (texto ou figura e fundo) com a superfície sobre a qual está afixada?			SIM

Fonte: Adaptado de DISCHINGER et al., 2012.



A análise das planilhas exemplifica e aponta uma série de itens que deveriam estar presentes no espaço estudado para que este pudesse ser considerado acessível no que se refere ao tema Orientação Espacial, contudo o resultado final que apresenta que apenas 11,11% dos itens estão de acordo com as solicitações destas planilhas.

Entre os itens considerados dentro do tema Orientação Espacial, foram aplicados ao projeto todos os que correspondem à NBR 9050:2015 e todos os que se referem aos acessos à parte interna da edificação que é destinada ao público, por isso foi necessário editar uma outra planilha (Planilha 5) onde foram listados apenas os itens dentro dos parâmetros citados acima. Os modelos desenvolvidos foram detalhados digitalmente,

farão parte de uma biblioteca digital dp TEAR_AD e encontram-se no Apêndice C deste trabalho.

É importante ressaltar que as planilhas do MP utilizadas ainda não foram atualizadas para a nova versão da norma, contudo para o desenvolvimento do projeto foram considerados os itens dispostos e sua atualização.

**PLANILHA 5 - Relação de itens para detalhamento digital –
Apenas itens correspondentes a NBR 9050:2015.**

1.52	9.050/04	5.13		Existe sinalização visual localizada na borda do piso, em cor contrastante com a do acabamento, medindo entre 2cm e 3cm de largura?	NÃO
1.53	9.050/04	5.14.1.2c		Existe, no início e término da escada, sinalização tátil de alerta em cor contrastante com a do piso, afastada no máximo 32cm do degrau?	NÃO
1.73	9.050/04	5.14.1.2c		Existe sinalização tátil de alerta no início e término da rampa?	NAO SE APLICA/INEXISTENTE
1.84	9.050/04	5.4.1.1		Na entrada de edifício público totalmente acessível de acordo com a NBR 9050/04, está fixado o símbolo internacional de acessibilidade?	NÃO
2.25	9.050/04	8.2.1.3.2		Os espaços e assentos preferenciais aos cadeirantes, obesos e pessoas com mobilidade reduzida estão devidamente sinalizados?	SIM
2.46	9.050/04	5.15.1.3		Há indicação sonora e visual em saídas de emergência?	NÃO
2.47	9.050/04	6.2.6		Há placas indicativas no interior da edificação para sinalização de rotas e entradas acessíveis?	NÃO
2.48	9.050/04	5.5.2		A sinalização visual é em cores contrastantes (texto ou figura e fundo) com a superfície sobre a qual está afixada?	SIM
2.49	9.050/04	5.4	 	Existe sinalização visual em forma de pictogramas?	NÃO
2.50	9.050/04	5.4	 	Na existência de pictogramas estes estão de acordo com a norma?	NÃO

Fonte: Adaptado de DISCHINGER et al., 2012.

Foi escolhido o item 1.84 – que se refere à existência do símbolo internacional de acessibilidade - SIA (Figura 13)– como modelo principal para desenvolver o fluxo de trabalho, considerando seu valor significativo e reconhecimento internacional.

“O símbolo internacional de acesso deve indicar a acessibilidade aos serviços e identificar espaços, edificações, mobiliário e equipamentos urbanos, onde existem elementos acessíveis ou utilizáveis por pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida.” (ABNT, 2015 p.39)

FIGURA 13 – Símbolo Internacional de Acesso - SIA.

A indicação de acessibilidade nas edificações, no mobiliário, nos espaços e nos equipamentos urbanos deve ser feita por meio do símbolo internacional de acesso - SIA. A representação do símbolo internacional de acesso consiste em um pictograma branco sobre fundo azul (referência Munsell 10B5/10 ou Pantone 2925 C). Este símbolo pode, opcionalmente, ser representado em branco e preto (pictograma branco sobre fundo preto ou pictograma preto sobre fundo branco), e deve estar sempre voltado para o lado direito, conforme Figuras 31 ou, preferencialmente, Figura 32. Nenhuma modificação, estilização ou adição deve ser feita a estes símbolos. Este símbolo é destinado a sinalizar os locais acessíveis.



a) Branco sobre fundo azul



b) Branco sobre fundo preto



c) Preto sobre fundo branco

Figura 31 – Símbolo internacional de acesso – Forma A



a) Branco sobre fundo azul



b) Branco sobre fundo preto



c) Preto sobre fundo branco

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9050:2015.

Junto do SIA, foi escolhido também para fazer parte do fluxo de trabalho o Símbolo internacional de pessoas com deficiência auditiva (Figura 14) de acordo com ao item 2.49 da planilha, o qual refere-se à existência de sinalização visual em forma de pictogramas.

“A representação do símbolo internacional de pessoas com deficiência auditiva consiste em um pictograma branco sobre fundo azul (referência Munsell 10B 5/10 ou Pantone 2925 C). Este símbolo pode opcionalmente ser representado em branco e preto (pictograma branco sobre fundo

preto ou pictograma preto sobre fundo branco) e deve estar sempre representado na posição indicada na Figura 34. Nenhuma modificação, estilização ou adição deve ser feita a este símbolo.” (ABNT, 2015 p.40)

FIGURA 14 – Símbolo Internacional de pessoas com deficiência auditiva.

A representação do símbolo internacional de pessoas com deficiência auditiva consiste em pictograma branco sobre fundo azul (referência Munsell 10B 5/10 ou Pantone 2925 C). Este sim pode opcionalmente ser representado em branco e preto (pictograma branco sobre fundo ; ou pictograma preto sobre fundo branco) e deve estar sempre representado na posição indi na Figura 34. Nenhuma modificação, estilização ou adição deve ser feita a este símbolo.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9050:2015.

A partir da delimitação do objeto de estudo, inicia-se a fase de produção, passando agora para a escolha do *software* a ser utilizado nas atividades de pesquisa. Tanto o desenvolvimento do fluxo do trabalho através dos modelos escolhidos quanto os resultados decorrentes deste fluxo serão apresentados no capítulo seguinte.

Além de experienciar o fluxo de trabalho proposto, o desenvolvimento dos objetos selecionados visa a verificação e constatação do resultado da materialização destes, considerando-os como possível instrumento de avaliação no que se refere aos parâmetros estabelecidos pela norma.

4 ATIVIDADES E ANÁLISES PÓS ESTUDO

Fase de Produção

4.1 ESCOLHA DO *SOFTWARE* DE PROJETO

As atividades do fluxo de trabalho iniciaram a partir da escolha dos *softwares*. Inicialmente optou-se por utilizar algum *software* que hoje está inserido na grade curricular do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSC, mais precisamente na disciplina “Introdução ao CAAD” cursada durante a 3ª fase: o Sketchup (Trimble). Além deste, foi escolhido um segundo software para efetuar os testes de interoperabilidade IFC: o Revit (Autodesk).

A ideia de utilizar o Sketchup como ferramenta já havia sido identificada antes de iniciar esta pesquisa. Ela teve início durante a ministração de aulas e participação da criação do curso básico de Sketchup no Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – Tecnologias da Informação (SENAC - TI) na cidade de Florianópolis-SC. O curso era voltado para a área de arquitetura, design de interiores e engenharia civil.

Após participar da orientação do curso de Sketchup, pôde-se perceber uma série de fatores positivos em relação ao uso do Sketchup. As percepções mais relevantes apareceram relacionadas com a facilidade da criação e edição de volumetrias, o que resultava em uma aceitação espontânea do *software* por parte dos alunos. Este mesmo fator resultou em discussões sobre sua utilidade, suas limitações e potencialidades, onde o questionamento sobre a facilidade de criação era sempre presente, ao passo que ele aparecia como uma dúvida sobre a compreensão dos alunos a respeito do que estava sendo criado.

A dúvida em relação ao Sketchup mostrou-se como uma preocupação oculta, na maioria das vezes por parte dos professores ao entenderem que a facilidade de uso do *software* poderia transmitir e ideia de que os alunos já dominavam não apenas as suas ferramentas, mas o conhecimento necessário para projetar, que na visão de alguns professores, ainda seria precoce.

Na tentativa de superar este preconceito, esta pesquisa procurou utilizar a aceitação por parte dos alunos como uma aliada. A proposta foi supervisionar as atividades dos alunos para tornar possível a utilização do *software* da melhor maneira, ao passo que ele poderia auxiliar tanto os alunos quanto os professores em atividades de projeto.

Foi realizada também outra experiência didática: um *Workshop* que recebeu o nome de “Treinamento em Sketchup para prototipagem” (Figuras 15 e 16) para alunos do curso de Design. Os alunos eram integrantes de um projeto de extensão liderado pela Prof.^a Regiane Trevisan Pupo. O *workshop* teve como objetivo principal realizar atividades inserindo o Sketchup no processo projetual de Design visando materialização e interoperabilidade.

FIGURAS 15 e 16 – Experiência didática com os alunos do *workshop*.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Os resultados das atividades acima foram satisfatórios, considerando que o principal objetivo das atividades era além de ensinar a utilização de algumas ferramentas, investigar a relação dos alunos com o Sketchup. A maioria dos alunos conseguiu utilizar as ferramentas necessárias para elaborar seus projetos, assim como procuraram auxílio após o término das atividades quando não conseguiam desenvolver o objeto desejado.

A partir destas experiências, o software foi definitivamente selecionado para desenvolver as atividades de pesquisa. Tratam-se de atividades didáticas que abordam ferramentas avançadas do *software*, aproximando-se de temas como parametrização, interoperabilidade, reutilização e materialização.

4.2 DETALHAMENTO DO PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE ACESSIBILIDADE

O projeto em 2D foi muito útil para realizar o levantamento e avaliações necessárias na Fase de Instrumentação desta pesquisa, pois através dele foram utilizados e aplicados todos os métodos de avaliação de acessibilidade, como foi visto. Contudo, como o objetivo do projeto

era utilizar o detalhamento executivo para aplicar o fluxo de trabalho, o desenvolvimento do projeto mostrou a necessidade da criação virtual do espaço em 3D (Apêndice B) visando maior aperfeiçoamento tanto do projeto de adequação quanto do detalhamento dos modelos.

A partir do contexto apresentado, que fornecia uma série de informações e detalhes, buscou-se uma definição mais objetiva do termo detalhamento dentro deste processo. Como ainda não existe uma conceituação definitiva a respeito do novo significado do detalhamento em processos projetuais mais atualizados, decidiu-se entender qual seria o significado de detalhe nas atividades desenvolvidas para esta pesquisa, onde ponderou-se que: desde o início, o processo projetual em arquitetura é uma atividade contínua, que busca maior compreensão e pormenorização a cada etapa, visando a otimização, progresso, clareza e a maior quantidade de informações possível.

Partindo do conceito de que o detalhamento executivo é aquele que deve conter todas as informações necessárias para construir ou materializar o projeto, entende-se que no contexto atual o processo de detalhamento inicia a partir do momento em que são inseridos parâmetros e informações ao projeto ou modelo digital para sua materialização, sendo ela automatizada ou não.

Sendo assim, a parametrização é parte integrante e fundamental para o processo de detalhamento executivo, considerando que esta etapa a última dentro do processo projetual, antecedendo apenas a própria materialização. A partir destas considerações, verifica-se a possibilidade de relacionar a atividade “detalhamento” ao meio “digital”, o que remete este processo à terminologia “detalhamento digital”.

4.3 INVESTIGAÇÃO E APRENDIZAGEM:

Modelagem 3D Parametrizada

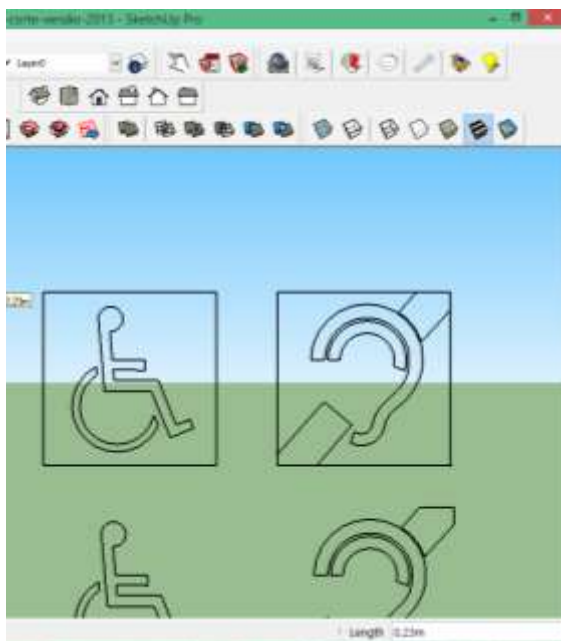
Foram selecionados dois alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo que atuavam no HIPERLAB junto ao projeto de pesquisa TEAR_AD envolvidos com a produção de objetos de aprendizagem. Estes alunos já eram familiarizados com a utilização de *softwares* de arquitetura, então foi lançado a eles o desafio de investigar técnicas de modelagem parametrizada e interoperabilidade por meio da produção de componentes dinâmicos de acessibilidade utilizando Sketchup versão

2014 Pro e Revit versão 2014 – sendo que o primeiro foi o *software* escolhido para modelagem e último seria utilizado para realizar testes de interoperabilidade. Junto das atividades foi realizada uma pesquisa de referenciais a cerca do funcionamento dos *softwares*, para então fazer uso de tutoriais sobre importação e exportação de arquivos.

Foram desenvolvidos todos os modelos referentes a NBR 9050:2015 (Apêndice 3) relativos a Orientação Espacial (Planilha 5) utilizando o mesmo fluxo que será descrito abaixo, contudo não foram materializados devido a implicar em gastos que não contribuiriam para a pesquisa.

O modelo em Sketchup inicia com um desenho em 2D para então partir para a modelagem 3D através da extrusão dos desenhos (Figura 17), só então é que são inseridos parâmetros aos modelos, o que justifica a utilização do termo modelagem parametrizada.

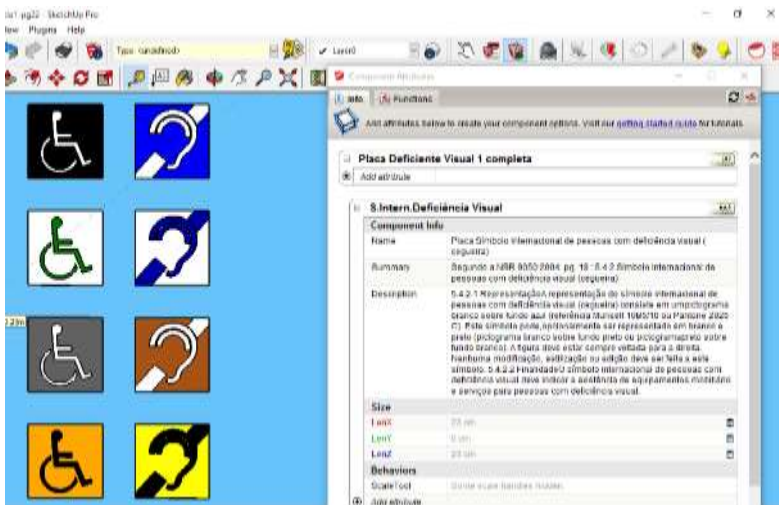
FIGURA 17 - Interface do Sketchup - Início da modelagem das placas da NBR 9050:2015.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Os alunos foram instruídos a avaliar a eficiência do fluxo de trabalho de cada *software*, buscando compreender o processo de interoperabilidade entre eles, identificando suas potencialidades e suas deficiências através do uso do formato IFC, visando a reutilização e materialização dos modelos. Para realizar esta atividade, decidiu-se atribuir alguns parâmetros nos modelos criados em 3D. Foram utilizados os campos de informação para atribuir ao modelo informações sobre a norma utilizada, quais seus parâmetros e demais informações necessárias para o detalhamento como dimensões, normas relacionadas, eixos de modificação simultânea, cores, espessuras, etc. (Figura 18).

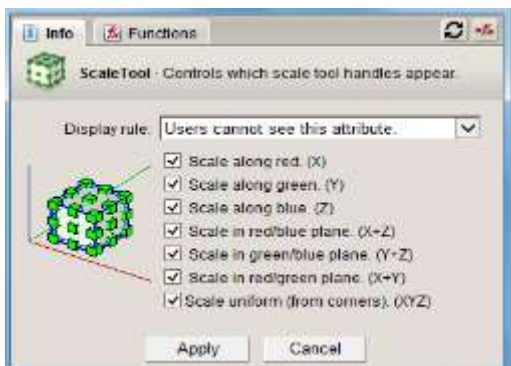
FIGURA 18 - Modelos Criados através da experiência de investigação e aprendizagem com os alunos do Hiperlab – parametrização dos modelos.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Foi atribuído ao modelo a opção “*Scale Tool*” (ferramenta de escala). Esta ferramenta permite, através da inserção de dados e medidas, selecionar em quais eixos, X/Y/Z, o objeto poderá ser modificado simultaneamente; na lista existem todas as possibilidades de modificação e a escolha dos eixos será indicada pelos pontos verdes do desenho, representando o objeto trabalhado (Figura 19).

FIGURA 19 - Interface do Sketchup – Ferramenta Scale Tool.



Fonte: Arquivo Pessoal.

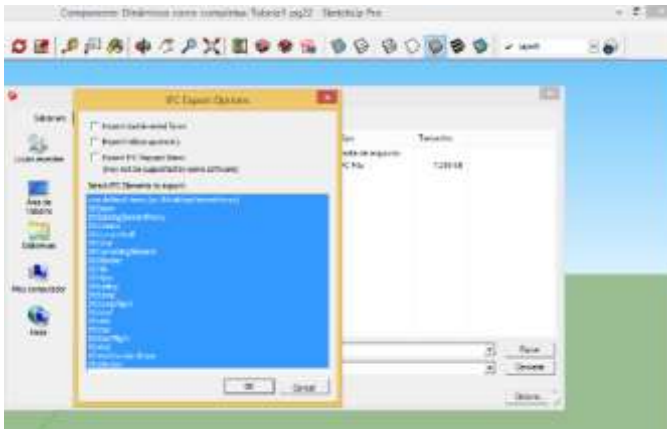
Interoperabilidade: Exportação dos arquivos criados no Sketchup para o Revit:

Como a interoperabilidade de modelos 2D em formato .DXF entre o AutoCad e o *software* da máquina de Corte a Laser do PRONTO 3D já havia sido testada e comprovada anteriormente pela equipe do laboratório – apesar de o *software* abrir o arquivo .DXF com pleno sucesso apenas em determinadas versões mais antigas do formato – as atividades foram organizadas da seguinte maneira: (ETAPA 01) Testar a importação e exportação de arquivos IFC entre o Revit e o Sketchup; Testar a exportação dos arquivos criados em Sketchup para os softwares das máquinas de corte a laser; (ETAPA 2) A partir dos testes, selecionar a sequência de atividades mais eficiente para a materialização dos modelos; Iniciar o processo de materialização dos modelos através de corte a laser.

Tentou-se atribuir ao modelo um número razoável de informações simples para testar o recebimento destas informações no software Revit. O objetivo do teste era exportar o máximo de informações possíveis do arquivo através do formato IFC. Deve-se considerar que o formato IFC está disponível apenas para o Sketchup na versão PRO.

Os primeiro passo foi exportar modelo 3d – File > Export > 3d Model – então foi escolhido o formato .IFC, onde abriu-se a janela “Options” para escolha das configurações de exportação do arquivo (Figura 20) onde todas as opções de famílias IFC foram marcadas.

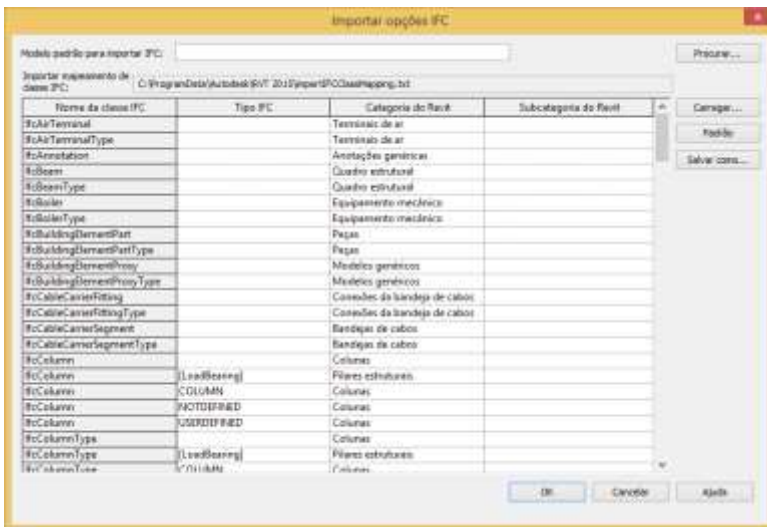
FIGURA 20 - Opções de Exportação .IFC do Sketchup.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Finalizando a exportação do arquivo, deu-se continuidade ao processo através da preparação do Revit para receber o modelo .IFC. Antes de abrir o arquivo .IFC no Revit, foi preciso configurá-lo, para isso abriu-se o menu de opções IFC - Revit>Abrir>Opções IFC (Figura 21).

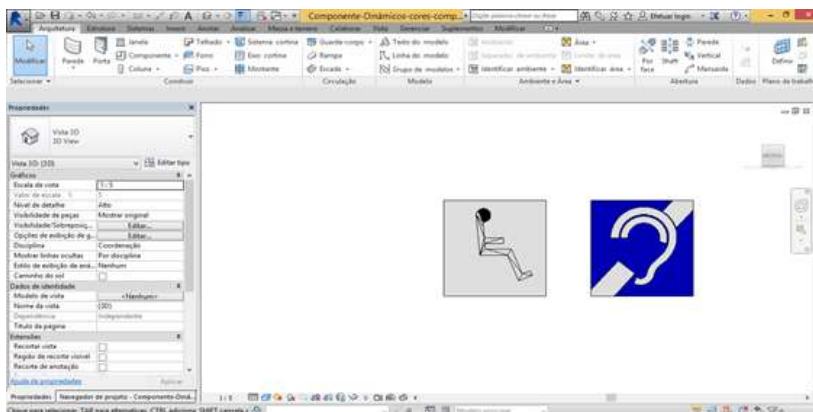
FIGURA 21 - Interface do Revit – Configuração do formato .IFC.



Fonte: Arquivo Pessoal

Ao finalizar a configuração do .IFC em Revit, abriu-se o arquivo no programa (Figura 22). O resultado não foi o esperado, pois pode-se observar que apenas a geometria do objeto foi importada, mesmo assim com falhas de modelagem. As cores parametrizadas através do Sketchup não foram localizadas e nenhuma outra informação atribuída ao modelo foi reconhecida pelo Revit.

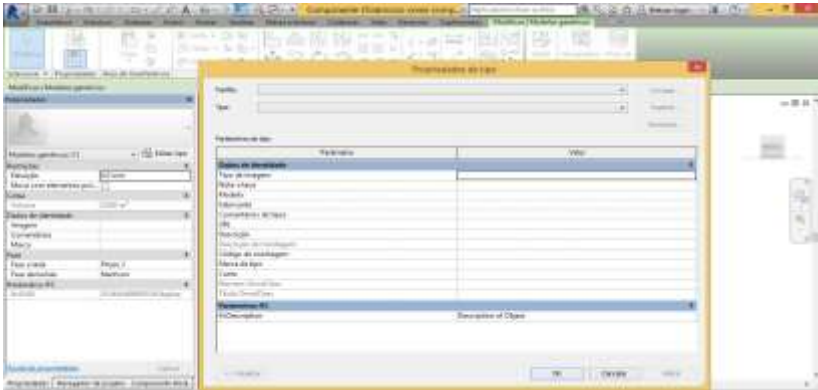
FIGURA 22 - Interface do Revit – Modelos .IFC criado em Sketchup.



Fonte: Arquivo Pessoal

Foram realizados outros testes, modificando e diminuindo o número de atributos, na tentativa de entender melhor como as versões do IFC são utilizadas, porém, todas as tentativas chegaram ao mesmo resultado: o modelo 3D era recebido pelo *software*, porém, nenhuma informação e parâmetros atribuídos eram identificados (Figura 23).

FIGURA 23 - Interface do Revit – Ausência das informações atribuídas ao modelo .IFC criado no Sketchup.



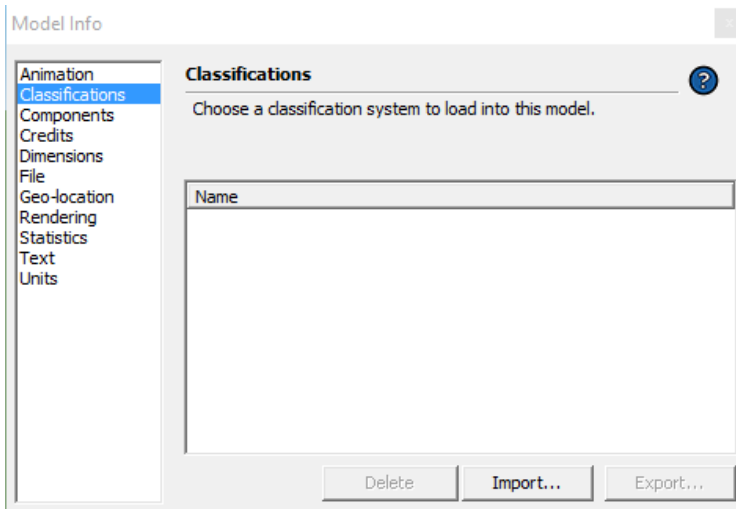
Fonte: Arquivo Pessoal.

No decorrer das atividades, foram investigadas novas possibilidades em relação a interoperabilidade com .IFC na versão do Sketchup Pro 2014, onde foi verificada a possibilidade de atribuir uma classificação IFC a um objeto e inserir informações em um modelo através da utilização de um arquivo que já contém estas informações .

A partir disso foram realizados novos testes de interoperabilidade com o mesmo modelo utilizado anteriormente porém dentro da classificação IFC. Os testes contaram com a participação do arquiteto João Gaspar, professor e proprietário do TILab de São Paulo – SP e estão descritos a seguir.

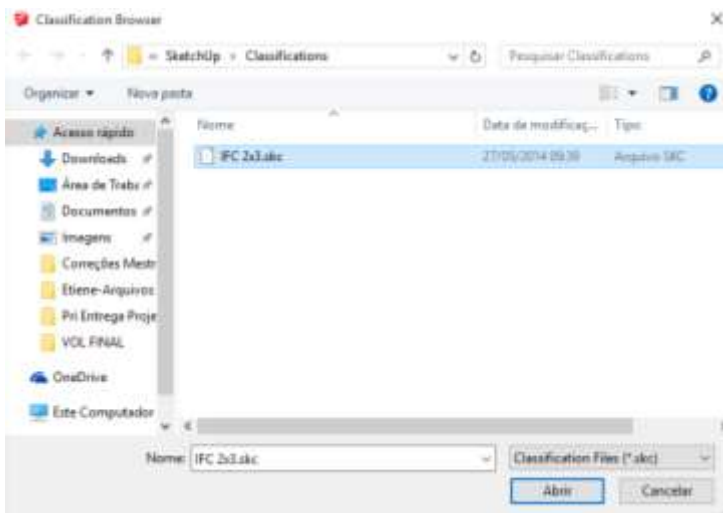
Inicialmente é necessário carregar o sistema de classificação IFC no Sketchup: Menu > Janela/Informações do modelo (*Window/Model Info*) > Aba Classificações (*Classifications*) > Importar... (*Import...*) > selecionar opção IFC 2x3.skx e Abrir (*Open*) (Figuras 24 e 25).

FIGURA 24 – Recorte da Interface do Sketchup – Classificações.



Fonte: Arquivo Pessoal.

FIGURA 25 – Recorte da Interface do Sketchup – Seleção da Classificação IFC 2x3.skc.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Após importar a classificação IFC, o próximo passo é escolher qual tipo de classificação será atribuída ao modelo, dentro das famílias IFC: Informações da entidade (*Entity Info*) > Tipo (*Type*) > selecionar classificação. Neste caso, como a placa é um objeto, foi classificada como *IfcFurnishingElement* (FIGURA 26).

FIGURA 26 – Interface do Sketchup – Classificação *IfcFurnishingElement*.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Prosseguiu-se com a inserção de informações na “etiqueta” do objeto, selecionando-o com o botão direito a opção Componentes Dinâmicos/Opções do Componente (*Dynamic Components/Component Options*), nome destinado aos componentes parametrizados (FIGURA 27).

FIGURA 27 – Interface do Sketchup – Componentes Dinâmicos (*Dynamic Components/Component Options*).



Fonte: Arquivo Pessoal.

A janela que se abre possibilita a inserção de dados utilizando os parâmetros disponíveis (FIGURA 28). Preenchidos os campos, clica-se em Aplicar (*Apply*).

FIGURA 28 – Interface do Sketchup – Inserção de dados IFC.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A janela inicial oferece apenas quatro opções de parâmetros, porém é possível colocar mais informações no objeto criando novos campos: com o botão direito sobre o componente seleciona-se Componentes dinâmicos/Atributos de componente (*Dynamic Components/Component Attributes*). A janela que se abre mostra a opção Adicionar atributo (+ *Add attribute*), bastando digitar o nome do atributo a ser criado (FIGURA 29).

FIGURA 29 – Interface do Sketchup – Atributos de componente.

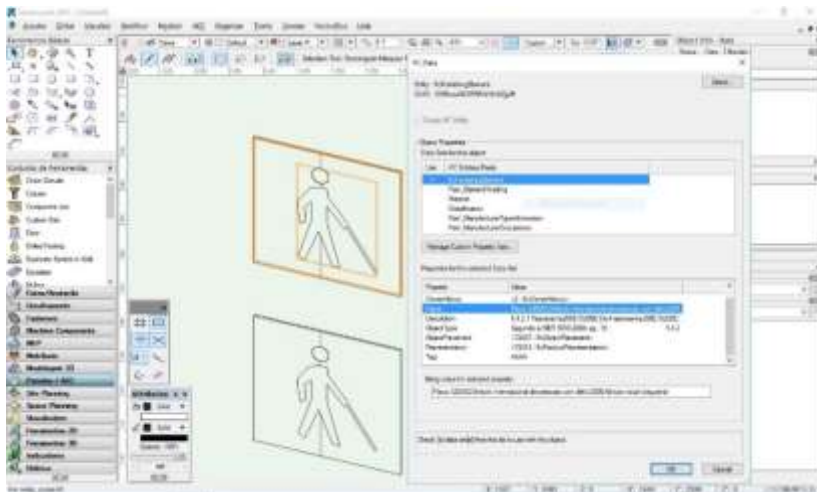


Fonte: Arquivo Pessoal.

Os dados não-geométricos que estão vinculados ao objeto no SketchUp Pro, podem ser exibidos como uma anotação (*tag*) vinculada a esse mesmo objeto, quando este aparece na documentação de um projeto, no SketchUp LayOut.

Finalizada a atribuição de dados ao modelo iniciaram-se novamente os testes de interoperabilidade, desta vez foram testados os arquivos em formato .IFC com o Revit, Archicad e Vectorworks (FIGURAS 30, 31 e 32).

FIGURA 32 – Interface do Vectorworks – Parâmetros IFC recebidos pelo *software* disponíveis para alterações.



Fonte: Arquivo Pessoal.

De acordo com os testes realizados pode-se compreender de forma mais clara o funcionamento da interoperabilidade entre IFC entre diferentes *softwares*. Entende-se que cada um tem sistemas diferentes e oferece opções diferentes, sendo que a possibilidade de transmitir ou modificar parâmetros depende das opções oferecidas.

Enquanto o Revit e o Vectorworks permitem a verificação e alteração dos dados de maneira mais generalizada, o Archicad apresenta parâmetros como as dimensões e ângulos do modelo de maneira mais objetiva, os quais aparecem em suas opções de edição e podem modificados através de digitação.

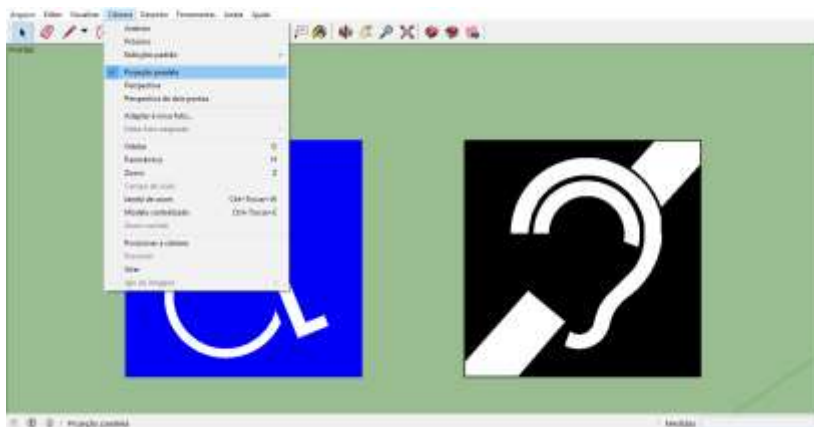
O arquivo em formato .IFC criado em Sketchup pode ser aberto nos três *softwares* testados, além de carregar consigo a maioria das informações inseridas nos modelos. Analisando o contexto, pode-se perceber o potencial deste formato e suas classificações. O arquivo .IFC tem potencial para transmitir informações e, em casos mais positivos, pode-se editá-las possibilitando a alteração do modelo.

Interoperabilidade x Materialização: Exportação do arquivo criado em Sketchup para o software da máquina de corte a laser

Como o Sketchup foi escolhido como principal *software* para realizar as atividades, foi dada continuidade ao processo apenas através dele, pois o objetivo era conseguir finalizar o processo através da materialização dos modelos.

Inicialmente foram utilizados modelos 3D parametrizados, visando testar a interoperabilidade com o software da máquina de corte a laser do PRONTO 3D. As cortadoras laser recebem somente modelos 2d, por isso o primeiro passo foi a planificação do modelo. A planificação pode ser feita em apenas 2 passos: os modelos devem estar alinhados em um mesmo plano e separados entre si (Figura 33).

FIGURA 33 - Imagem da interface do Sketchup – modelo em projeção paralela.



Fonte: Arquivo Pessoal

O Sketchup exporta a visualização da geometria no momento da ação, portanto é fundamental que o modelo esteja em projeção paralela para que o arquivo exportado esteja em verdade grandeza.

Foram testadas diferentes configurações de exportação. Para facilitar a passagem do modelo do Sketchup para o *software* usado para a materialização, configurou-se previamente as unidades do modelo. Quando todas configurações do modelo estavam de acordo, começaram os testes de formato de arquivo.

Escolhemos para os testes formatos que fossem compatíveis com os programas de edição que são usados posteriormente pelo PRONTO 3D para enviar o modelo para a cortadora, sendo que os *softwares* mais comuns para essa etapa são o CorelDraw e o Adobe Illustrator. Os arquivos enviados para o laboratório devem ser passíveis de edição por meio destes *softwares*, que auxiliam no processo de aperfeiçoamento do modelo, quando há necessidade de algum tipo de modificação para seguir com o processo de materialização como ligação entre pontos abertos, fechamento de círculos e quaisquer geometrias que não apresentem o desenho completo.

Cruzando os formatos aceitos por estes programas e os que são exportados pelo Sketchup, foram testados apenas os que trabalhavam com vetores, para que posteriormente pudessem ser editados em outros *softwares* sem perdas na qualidade.

Os formatos compatíveis com os critérios adotados foram .PDF (*Portable Document Format*) .DWG (*Drawing*) .DXF (*Drawing Exchange Format*). Os resultados obtidos foram bastante semelhantes, os três formatos foram abertos pelo *software* de edição sem problemas aparentes (Figura 34).

FIGURA 34 - Em verde os formatos que trabalham com vetores e em amarelo os que trabalham com bitmap.

GRH - AutoCAD	PCX - PaintBrush
AI - Adobe Illustrator	PDF - Adobe Portable Document Format
AI - Adobe Illustrator	PCT - Macintosh PICT
PFB - Fonte Adobe Type 1	PLT - Arquivo de plotadora HPGL
BMP - Bitmap do Windows	PNM - Portable Network Graphics
BMP - Bitmap de OS/2	PSD - Adobe Photoshop
CAL - Bitmap compactado CAL5	RTF - Rich Text Format
CGM - Computer Graphics Metafile	SCT - Bitmap Scitex CT
CMX - Corel Presentation Exchange	SVG - Scalable Vector Graphics
CMX - Corel Presentation Exchange herdado	SVZ - SVG Compactado
CPT - Imagem do Corel PHOTO-PAINT	SWF - Adobe Flash
CPT - Imagem do Corel PHOTO-PAINT 7/8	TGA - Bitmap Targa
CUR - Recurso de cursor do Windows 3.x/NT	TIF - Bitmap TIFF
DOC - MS Word do Windows 6/7	TTF - Fonte True Type
DWG - AutoCAD	TXT - Texto ANSI
DXF - AutoCAD	WMF - Metarquivo do Windows
EMF - Metarquivo aperfeiçoado do Windows	WP4 - Corel WordPerfect 4.2
EPS - Encapsulated PostScript	WP5 - Corel WordPerfect 5.0
FMV - Metarquivo Frame Vector	WP5 - Corel WordPerfect 5.1
GEM - Arquivo GEM	WPD - Corel WordPerfect 6/7/8/9/10/11
GIF - Bitmap CompuServe	WPG - Gráfico do Corel WordPerfect
ICO - Recurso de ícone do Windows 3.x/NT	WSD - WordStar 2000
IMG - Arquivo de pintura GEM	WSD - WordStar 7.0
JP2 - Bitmaps JPEG 2000	
JPG - Bitmaps JPEG	
MAC - Bitmap MACPaint	

Fonte: Arquivo Pessoal

Como a exportação para o *software* da máquina aceita apenas modelos em 2D, podemos observar que o formato IFC não faz parte desta listagem. Entende-se que o IFC é um formato de troca orientado para modelos em 3D e que, segundo a *BuildingSMART*, o IFC funciona como um esquema de dados que torna possível conter dados e trocar informações entre diferentes aplicativos para BIM (*BuildingSMART*, 2014).

Contudo, ao pensar na materialização como parte integrante do processo de detalhamento de projeto, considerar a interoperabilidade ou intercâmbio entre softwares vetoriais e gráficos parece tornar-se útil e interessante, tendo como exemplo o formato .DXF. Se ao menos as informações contidas no modelo pudessem ser transmitidas, isso permitiria um fluxo de trabalho mais leve e contínuo.

No ciclo de testes, o formato .DXF apresentou comunicação facilitada entre a maioria dos *softwares*, destacando-se os fluxos Sketchup (3D) > CorelDraw (2D Vetorial) > *software* Laser Draw (2D – Corte a Laser); Sketchup (3D) > Illustrator (2D Vetorial) > Laser Draw (2D – *software* da cortadora); Sketchup (3D) > CorelDraw (2D – Vetorial) e Sketchup (3D) > Laser Draw.

O formato .DXF mostrou algumas limitações, como a transmissão das informações e parâmetros atribuídos ao modelo 3D do Sketchup, porém apresentou-se como o mais adequado para interoperabilidade entre o software e a máquina. Conseguiu-se através dele o intercâmbio direto entre o modelo .SKP e o .DXF, possibilitando a materialização através do uso de apenas dois formatos diferentes, além da direta comunicação entre o Sketchup com o *software* Laser Draw.

Seleção da sequência de atividades mais eficientes para a materialização dos modelos

Após a finalização dos testes, foi definida a sequência de atividades que apresentou maior otimização no processo de materialização dos modelos. O fluxo escolhido foi Sketchup (modelagem 3D parametrizada) > CorelDraw (análise e otimização do arquivo para corte) > Laser Draw – ambos funcionam junto das máquinas de corte a laser.

As atividades poderiam manter-se em apenas exportar o modelo .SKP para .DXF e então abri-lo na máquina de corte, porém decidiu-se acrescentar o CorelDraw a fim de garantir a perfeita materialização,

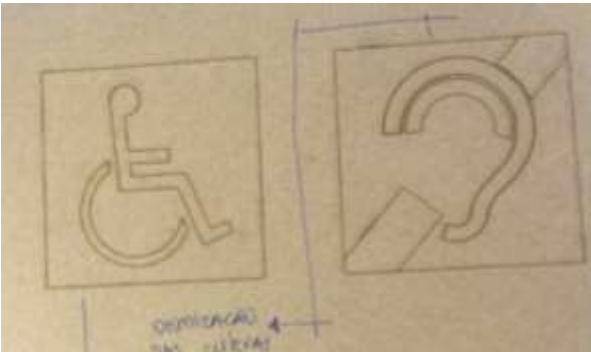
considerando que através do *software* pode-se conferir as medidas, acabamento das linhas, retas ou pontos do desenho. A escolha justificou-se também pela própria experimentação do *software* pela equipe do laboratório, que já havia adotado este como procedimento padrão. A nível experimental, foi realizado inicialmente um teste de marcação, como mostram as figuras 35 e 36.

FIGURA 35 - Início do processo de materialização no PRONTO 3D – preparação do arquivo para corte a laser.



Fonte: Arquivo Pessoal

FIGURA 36 - Resultado do teste de marcação na máquina de corte a laser.



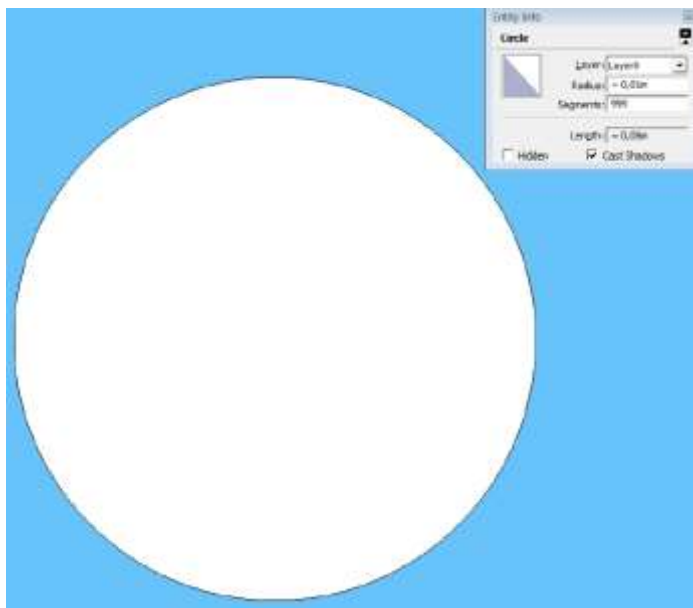
Fonte: Arquivo Pessoal

O teste foi realizado com medidas menores em papel cartão, a fim de conferir a qualidade do trabalho. Através dele pode-se compreender um processo fundamental: o *software* Sketchup tem como

característica a criação de vários segmentos de reta ao longo de uma curva ou círculo, o que resultou em cantos “oitavados” e imperfeitos. Além de aparentes, os segmentos foram gravados individualmente, o que acabou prolongando o tempo de trabalho da cortadora.

Na busca de uma solução, modificou-se alguns parâmetros da curva, transformando-a em 999 segmentos (pontos) contínuos, suavizando a curva. Para os testes com a curva suave utilizou-se dois arquivos diferentes, o primeiro exportado diretamente do Sketchup (Figura 37), com o número máximo de segmentos, e o outro, modificado no Illustrator, onde estes segmentos foram unidos e a curva simplificada.

FIGURA 37 - Interface do Sketchup – Suavização das curvas.



Fonte: Arquivo Pessoal

Processo de materialização com máquina de corte a laser.

Após identificar um caminho visível para iniciar o processo de materialização, as atividades foram conduzidas até a criação do arquivo compatível com a cortadora laser. Foram detalhados materiais, cores, espessuras e dimensões segundo a NBR 9050:2015, e então prosseguiu-

se com materialização dos modelos com a máquina de corte a laser (Figura 38).

FIGURA 38 - Resultado da materialização dos modelos utilizando de corte a laser.



Fonte: Arquivo Pessoal

A materialização resultou na fabricação de duas placas em acrílico com espessuras que variam entre 2 e 4 mm. Considerando que a norma não apresenta um parâmetro definido no que diz respeito a materiais, texturas e espessuras, o acrílico foi escolhido por ser um material com boa resistência e acabamento, além de ser compatível com a utilização de corte a laser e muito utilizado no mercado.

Após a materialização foi possível avaliar os objetos quanto às suas dimensões, relevos, cores e textura. Apesar de apresentar ótimo acabamento visual, a sensação tátil mostra-se inadequada quando utilizadas espessuras como 4 mm. O desenho apresenta linhas que formam cantos rígidos e pontiagudos, prejudicando a percepção do símbolo através do tato, já a utilização de espessuras menores diminui o relevo e facilita a compreensão tátil do objeto.

A NBR 9050:2015 em sua última atualização modificou o traçado do SIA criando semicírculos em cada canto do símbolo, contudo

o modelo apresentado acima permanece também na norma e continua sendo aceito.

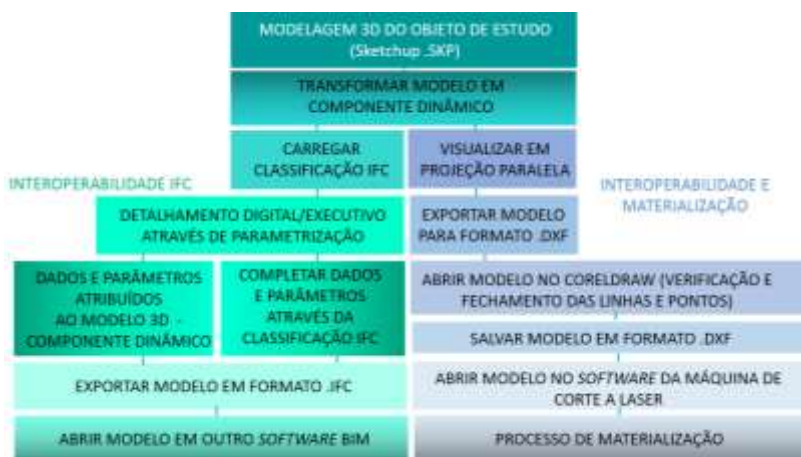
Além das observações descritas, entende-se também que as dimensões mínimas 15x15cm - as quais foram utilizadas para a materialização das placas – podem ser adequadas dependendo do lugar onde a placa for afixada e da distância máxima desejada, sendo que quanto maior a distância maiores devem ser as dimensões.

Todos os modelos desenvolvidos para o projeto a partir da seleção feita acerca da Orientação Espacial encontram-se no Apêndice C deste trabalho e os tutoriais do processo de criação dos modelos encontram-se no Apêndice D, estes que deverão servir de apoio para o desenvolvimento das atividades do fluxo como recurso de aprendizagem.

4.4 FLUXO DE TRABALHO:

Com o objetivo demonstrar graficamente o processo desenvolvido ao longo da criação do fluxo de trabalho, foi criado um fluxograma das atividades. A explanação destes quadros pode ser interpretada com mais clareza utilizando os tutoriais (Apêndice D).

FIGURA 39 – Fluxo de trabalho.



Fonte: Autoria própria.

5 CONCLUSÃO

Acredita-se que uma pesquisa de mestrado tende a iniciar seu trajeto a partir de uma idealização apoiada na teoria, contudo percorrer este caminho representa aceitar desafios, fazer questionamentos, aprofundar-se em um terreno que espera por novas descobertas.

A proposta inicial deste trabalho consistiu, de maneira geral, em ampliar os estudos relacionados com o processo de projeto de acessibilidade, partindo da idealização e percorrendo um caminho através do detalhamento auxiliado por ferramentas tecnológicas. Considerando seu objetivo geral: **identificar um fluxo de trabalho de interoperabilidade entre modelagem, materialização e reutilização aplicado em detalhes arquitetônicos de acessibilidade baseados na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 9050:2015**, pode-se afirmar ele foi alcançado, apoiando-se no desenvolvimento dos objetivos específicos.

A Revisão Bibliográfica não cumpriu apenas o papel de nortear o caminho a ser percorrido, mas também serviu para identificar lacunas em áreas de estudo que ainda estão em processo de desenvolvimento, o que possibilita realizar uma contribuição efetiva no crescimento e aperfeiçoamento destas áreas. A revisão e a fundamentação teórica possibilitaram a criação de um cenário atual acerca dos temas integrantes da pesquisa.

Como o trabalho aborda temas contemporâneos, a bibliografia apresentou-se mais reduzida sobretudo em temas como o novo papel do detalhamento junto das atuais tecnologias aplicadas ao processo de projeto, o que aproxima de outros temas que também passam por um processo inovativo de interpretação e aplicação como a parametrização, a interoperabilidade, a reutilização de conteúdos digitais na arquitetura e a materialização automatizada.

A investigação acerca dos temas citados acima apontou um caminho prático a ser percorrido, tendo em vista que os temas buscam introduzir um processo de projeto inovador, atualizado e tecnológico.

Apresentado este contexto, conclui-se que o desenvolvimento de um fluxo de trabalho tornava-se essencial para obter-se um resultado satisfatório, considerando que a área de atuação sugere experimentação e aproximação da teoria com a prática. Neste caso, optar pela realização de um estudo de caso a fim de criar um objeto de estudo para aplicação prática da pesquisa foi fundamental e enriquecedor, propondo atividades que percorreram salas de aula, laboratórios universitários e outros espaços

físicos envolvendo tanto alunos quanto professores e outros personagens integrantes da aplicação dos métodos de pesquisa.

A exploração sugerida pela pesquisa preocupou-se não apenas em fazer uma crítica contemporânea, mas traçar objetivos específicos que pudessem criar obstáculos a serem superados e resultados capazes de fornecer informações seguras através da produção de conteúdos didáticos que sugerem reutilização por parte da comunidade acadêmica.

Entende-se que os exemplos de bibliotecas digitais citados relacionam-se com a área profissional, contudo a ideia era aproximar esta realidade profissional atual com a produção de conteúdos digitais reutilizáveis dentro do ensino de arquitetura. A utilização da NBR 9050:2015 aparece com um meio de produzir estes conteúdos dentro da comunidade acadêmica, ou seja, junto ao ensino de arquitetura.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aproximação entre o projetista e o produto final potencializa o processo de projeto, não apenas pela quantidade de informações fornecidas pelo modelo paramétrico, mas pelo diálogo contínuo entre o projeto, as ferramentas de criação e a materialização, criando um ciclo de releitura do objeto construído digitalmente até que estejam prontas as soluções de projeto. Estabelecer condições para rever, analisar e modificar parâmetros e decisões amplia as possibilidades em relação a criação e otimização do processo de projeto.

Acerca das atividades desenvolvidas, surgiram questionamentos que foram vistos não apenas como meio de levantar pontos a serem avaliados, mas com intuito de encontrar um caminho e algumas soluções que possibilitassem o desenvolvimento de um fluxo de trabalho contínuo, interoperável e reutilizável para futuros usuários dos modelos produzidos, assim como reutilização do próprio fluxo (conjunto de atividades).

Ao realizar as atividades de modelagem, perceberam-se algumas diferenças entre a criação de um modelo em um software BIM e em um software CAD com plugins paramétricos. A partir da análise de conceitos acerca da parametrização, iniciaram-se questionamentos acerca do tema, como quando pode-se caracterizar a modelagem como paramétrica ou modelagem geométrica parametrizada, considerando as diferentes maneiras de conceber o modelo através de parâmetros.

Os resultados obtidos a partir dos testes originaram outros questionamentos acerca do próprio significado a que é designado o termo interoperabilidade. Considerando que interoperável deve ser o modelo bi

ou tridimensional que tem a capacidade de estabelecer comunicação e ser operado, editado ou reutilizado em diferentes *softwares*, entende-se que o termo adotado pode ser adequado a partir dos resultados dos testes, os quais tiveram parecer favorável no que se refere a transmissão e modificação de parâmetros.

Compreendeu-se que foram envolvidos diferentes sistemas de criação entre diferentes *softwares*, o que não quer dizer que o desempenho de um é melhor ou pior do que o do outro. Um dos principais pontos foi compreender o papel de cada *software*, e que diferentes projetos e atividades podem ser desenvolvidas com mais facilidade e flexibilidade em diferentes *softwares*.

As atividades não tinham como objetivo criar um ambiente comparativo entre o Sketchup e o Revit, pois não é este tipo de discussão que foi gerada, mas uma visão panorâmica, sem preconceitos, a cerca de atividades que podem ser realizadas em algumas fases do curso de arquitetura, auxiliando assim os estudantes e professores a ter maior envolvimento com os novos processos de projeto, novas tecnologias e novos conceitos através de um *software* que apresenta grande aceitação, principalmente por parte dos alunos. A atividade proposta é apenas uma sugestão inicial para o ingresso em um universo tecnológico que está em pleno desenvolvimento e que visa a ampliação do pensar, criar e projetar arquitetura através das ferramentas oferecidas atualmente pela universidade.

A respeito do tema detalhamento de projeto, o desenvolvimento de um conceito próprio para o trabalho apresentou-se como uma maneira de revisar, reavaliar e tentar criar um sentido direcionado para as atividades de pesquisa. Como o número de informações produzidas através da adoção de parâmetros e dados advindos do BIM extravasa a amplitude de projeto, resolveu-se pensar no detalhamento como uma área que teria justificativas plausíveis para ser subdivida em algumas etapas por demonstrar-se um processo complexo e abrangente.

A ascensão da tecnologia BIM junto de seus conceitos dentro do processo de projeto arquitetônico sugere a necessidade de um nível de compreensão tão alto sobre o modelo a ser construído que pode ter se tornado responsável pelo reaparecimento do tema detalhamento. Para que o processo funcione, o profissional deve alimentar o projeto com dados e informações seguras e bem estruturadas, fazendo do detalhamento uma etapa fundamental para a construtibilidade do projeto. Pode-se dizer que

a tecnologia e os conceitos BIM resgataram a importância do detalhamento e a necessidade de um novo olhar sobre o tema.

A partir da análise das atividades do fluxo de trabalho desta pesquisa, sugere-se o desenvolvimento de um cenário onde a fase de detalhamento de projeto tenha maior abrangência. Como sugestão, esta fase poderia dividir-se da seguinte maneira:

- **Detalhamento Inicial:** este que seria o início da delimitação dos elementos a serem detalhados a partir de sua importância para o projeto e construção;

- **Detalhamento Digital / Executivo:** trata do desenvolvimento de desenhos e objetos parametrizáveis, interoperáveis e reutilizáveis em 2D, 3D ou 4D (BIM) dependendo da necessidade. Nesta etapa são pormenorizadas e atribuídas todas as informações necessárias para a materialização de elementos e objetos, considerando que os dados incorporados aos modelos devem ser todos aqueles considerados fundamentais para a execução final do produto.

Todo este processo de busca por informações seguras ou normativas vai ao encontro com leis, normas e outras referências projetuais que hoje encontram-se disponíveis e necessárias para projetar e construir. A utilização da NBR 9050:2015 foi norteadora para a atribuição de parâmetros e informações técnicas nos modelos desenvolvidos, tendo em vista que trata-se de algumas informações que hoje já são consideradas obrigatórias por lei.

Independente do estágio onde encontra-se o projeto, pode-se constatar que a informação é uma ferramenta essencial que fundamenta todo o processo de projeto, sendo que quanto mais difundida, em maior quantidade e consistência, ela torna-se a chave para o aperfeiçoamento e o bom resultado do projeto e da execução. Pensando assim, conceitos sugeridos pelo BIM como a integração, interoperabilidade, cooperação, interdisciplinaridade e a união da objeto projetado com informação, mostram-se promissores dentro de uma realidade da produção arquitetônica atual, que apresenta-se cada vez mais tecnológica, complexa, funcional e sempre em busca do maior nível de perfeição possível. Todos os conceitos apresentados acima fizeram parte do desenvolvimento das atividades integrantes desta pesquisa.

Como já era sugerido, a etapa de materialização dos modelos levou a pesquisa a outro nível de especificação e entendimento, pois a

produção de objetos – os quais não foram considerados apenas protótipos – através de equipamentos automatizados proporcionou-se intensa experimentação dentro do processo de projeto que teve como resultado um objeto materializado. A experiência da materialização proporcionou a comunicação entre o plano projetual (idealização) com o plano real (construção/produção), o que foi determinante quando a escolha pela área de estudo de caso era a acessibilidade, sugerindo tanto a produção intelectual quanto a manifestação dos sentidos como ferramenta de avaliação pós materialização.

Em relação a interoperabilidade e a reutilização, acredita-se que a última depende em partes da primeira. A reutilização é possível apenas se for utilizado o mesmo software onde o modelo digital foi criado ou se o software de destino for totalmente compatível com o recebimento das geometrias, parâmetros e informações fornecidas pelo arquivo original.

Considera-se o IFC como a tentativa mais interessante de criar um formato de leitura universal, porém a adequação ou reformulação dos diferentes sistemas de uma série de empresas responsáveis pela criação dos *softwares* de projeto parecem ainda manter uma distância confortável fazendo com que a comunicação entre eles não seja tão objetiva.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Acredita-se que as sugestões mais ricas que podem ser oferecidas são todos os dados, informações e conteúdos abordados através deste trabalho. Espera-se que ele sirva como uma alavanca propulsora para futuros trabalhos, considerando que o fluxo apresentado deve encaixar-se em diversas áreas de atuação dentro da Arquitetura.

Uma contribuição conceitual aparece como complementação de teorias bem fundamentadas e utilizadas neste trabalho, como a organização que Pupo (2009) criou para delimitar a utilização de algumas tecnologias e ferramentas através do seu enquadramento e dois campos de utilização: a Prototipagem Digital e a Fabricação Digital.

No esquema apresentado por Pupo (2009) na página 45 desta pesquisa, a autora enquadra o Corte a Laser dentro do campo de Prototipagem Digital, esta que resulta em produtos como maquetes e protótipos 1:1. Sabe-se que este esquema refere-se apenas a arquitetura e construção, contudo quando aproximamos o corte a laser de áreas como o Design voltado para a Comunicação Visual e Orientação Espacial, pode-

se conceber objetos e peças finais através desta tecnologia, o que poderia ser o produto final sugerido pela Fabricação Digital.

Pode-se iniciar o fechamento deste capítulo através da frase de Carlo Scarpa escolhida para iniciar este trabalho: "Arquitetura é uma língua muito difícil de entender, é misterioso, ao contrário de outras artes, a música, em particular, mais diretamente compreensível. O valor de um trabalho é a sua expressão, quando alguma coisa é bem expressa, o seu valor se torna muito elevado."

Considera-se que a Arquitetura é muito mais que uma área técnica de conhecimento ou uma manifestação do homem em relação ao espaço. Trata-se de um infinito de possibilidades que está presente em tudo que se vê, que se sente, enfim... em todas as manifestações materiais e imateriais. A possibilidade de ir além dentro deste universo que está em constante expansão é algo que oferece uma série de elementos a serem desenvolvidos, atualizados, reinterpretados, recriados e em um nível superior de compreensão, detalhados.

Como sugestão final para aqueles que enxergam a arquitetura como uma manifestação de constante movimento e evolução, é que apliquem o detalhamento em suas áreas de estudo não como uma etapa final, mas como um trabalho de aperfeiçoamento da própria arquitetura, um legado a ser transmitido por diversos meios através do presente, do passado e do futuro. Hoje vive-se um momento onde a tecnologia está presente de maneira tão intensa, que não poderia ser desvinculada de novos conceitos e contribuições quando fala-se de detalhamento, onde pode-se incluir a produção digital de modelos das próprias resoluções normativas da ABNT, incluindo a criação de repositórios e bibliotecas digitais.

Finaliza-se a contribuição concordando com um conselho: trabalhe sobre um contemporâneo como se fosse um antigo, e vice-versa. Será mais agradável e você fará um trabalho mais sério. (ECO, 2012 p.13)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamento urbanos. **Rio de Janeiro, 2004.**

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamento urbanos. **Rio de Janeiro, 2015.**

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli.** Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 4, n. 2, 2009.** Disponível em:

<<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/50960/55046>> Acesso em: 12/09/ 2015.

ANELLI, Renato L.S., NOJIMOTO, Cynthia., TRAMONTANO, Marcelo. **DESIGN PARAMÉTRICO: Experiência Didática.** XV Congresso SIGRADI: Santa Fé, Argentina, 2011. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/view/17542644/design-parametrico-experiencia-didatica>> Acesso em: 12/10/2013.

ANPEI - Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento de Engenharia das Empresas Inovadoras. Indicadores empresariais de inovação tecnológica: instrumento de coleta de dados. 1993. Disponível em: <<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/viewFile/594/363>>. Acesso em: 14/09/2014.

ARCARI, Etiene do Amaral. (2013, Dezembro). **A utilização e produção didática de bibliotecas digitais no processo de detalhamento do projeto arquitetônico.** Revista PARC – Pesquisa em Arquitetura e Construção. Disponível em: <<http://periodicos.bc.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634550>> Acesso em: 08/09/2015.

BINS ELY, Vera Helena Moro. OLIVEIRA, Aíla Seguin Dias Aguiar de. **Acessibilidade em Edifício de Uso Público: Contribuição de Projeto de Extensão na Elaboração de Dissertação.** Rio de Janeiro: Anais do PROJETAR – II Seminário sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura, 2005. ISBN 85-88025-03-5.

BRASIL. E-MAG: acessibilidade de governo eletrônico, versão 2.0. Brasília, DF: MP/SLTI, 2005a. Disponível em:

<http://www.governoeletronico.gov.br/biblioteca/arquivos/e-mag-versao-2.0/download> . Acessado em 12 de Agosto de 2014.

CELANI, Gabriela. **eCAADe'23, A Busca de Novos Paradigmas para a Geração da Forma Arquitetônica Assistida pelo Computador**, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/06.013/1670>> Acesso em: 17/07/2014.

CELANI, Gabriela (a). **Editorial: O Novo Detalhe Arquitetônico – The New Architecture Detail**. Revista PARC Vol 4 n2 . Campinas, 2013. Disponível em: <http://revistaparc.fec.unicamp.br/concrete5/files/5914/0741/6834/parc-v4_n2_editorial.pdf> Acesso em: 09/09/2015.

CELANI, M.G.C.; GRANJA, A.D. Capítulo 18 – **Prototipagem Rápida e Fabricação Digital**. In: KOWALTOWSKI, D.C.C.K. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos/ Fapesp. 2010.

CELANI, G., DUARTE, J. e PUPO, R. **Introducing rapid prototyping and digital fabrication laboratories in architecture schools: planning and operating**. Proceedings of ASCAAD 2010, Fez: School of Architecture of Fez, 2010, p. p. 65-74. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~lapac/papers/celani-duarte-pupo-2010.pdf>> Acesso em: 20/11/2015.

COSTA, Antonio Ferreira da. **Detalhando a arquitetura**. Rio de Janeiro: Zoomgraf-K, 1997 – 2006.

CRESPO, C.C., RUSCHEL, R.C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. In: **Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil**. Porto Alegre. CD-Rom, Anais: Rio Grande do Sul, 2007.

DECABIM. **Biblioteca Digital de modelos BIM da Deca**. Disponível em: <<http://www.deca.com.br/>> Acesso em: 21/08/2014.

DELATORRE, Vivian. **Potencialidades e Limites do BIM no Ensino de Arquitetura: Uma Proposta De Implementação**. Vivian Delatorre; orientador, Alice Theresinha Cybis Pereira - Florianópolis, SC, 2014. 293 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/129044/328350.pdf?sequence=1>> Acesso em : 17/11/2015.

DIGITAL LIBRARY FEDERATION (2002). **A Working Definition of Digital Library** [1998]. Disponível em <<http://www.diglib.org/about/dldefinition.htm>> . Acesso em: 11/08/2014.

DISCHINGER, M. **DESIGNING FOR ALL SENSES: Accessible spaces for visually impaired citizens**. [s.l.] Chalmers University of Technology, 2000.

DISCHINGER, M.; BINS ELY, V. H. M.; PIARDI, S. M. D. G. **Promovendo acessibilidade espacial nos edifícios públicos: programa de acessibilidade às pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida nas edificações de uso público**. Florianópolis: [s.n.].

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Bim Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, (1999-2008).

FANTINEL, Rosemary Gay. **Bibliotecas digitais em Arquitetura e urbanismo: um estudo sobre a arquitetura da informação digital**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009. 268 f. Disponível em: <<http://mtcm18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm18@80/2009/10.06.17.04/doc/publicacao.pdf>> Acesso em 12/08/2014.

FORD, Edward R. **The Architectural Detail**. Princeton Architectural Press: New York, 2011. Parcialmente disponível em: <<http://books.google.com.br/>> Acesso em: 23/08/2014.

FRASCARI, Marco. **O detalhe narrativo**. In: NESBITT, Kate (E.). **Uma nova agenda para a arquitetura**. São Paulo: CosacNaify, 2006.

GASPAR, João. **SketchUp Pro Avançado**. São Paulo: ProBooks, 2015.

GASPAR, João; MANZIONE, Leonardo. **Proposição de um método para medir a capacidade de produção de um objeto paramétrico por um software BIM**. VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção – TIC 2015. Edificação, Infra-estrutura e Cidade: Do BIM ao CIM. Recife, 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999. 202 p. ISBN: 8522422702.

GREGOTTI, Vittorio. In NESBITT, Kate (org.). **Uma nova agenda para a arquitetura: Antologia teórica**. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

IWAMOTO, L. **Digital fabrications: architectural and material techniques**. New York: Princeton Architectural Press, 2008.

JACOSKI, C.. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações: uma implementação com IFC XML**. 2003. 219 p. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84527/198403.pdf?sequence=1> Acesso em 18/08/2015.

JACOSKI, C.; LAMBERTS, R. **A interoperabilidade como fator de integração de projetos em construção civil**. In: WORKSHOP DE GESTÃO DO PROCESSO DO PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, II., 2002, Porto Alegre. Disponível em: www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A009.pdf Acesso em 18/08/2014.

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

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornelie Knatz et al. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, 504p.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

LAWSON, Bryan. **Como arquitetos e designers pensam**. 4ª edição, São Paulo, Oficina de Textos, 2011 .

LE COADIC, Y. F. **A Ciência da Informação**. Brasília: Briquet de Lemos/Livros, 2004. Disponível em:

<http://www.restaurabr.org/siterestaurabr/CICRAD2011/M1%20Aulas/M1A3%20Aula/20619171-le-coadic-francois-a-ciencia-da-informacao.pdf>
Acesso em: 05/08/2014.

LINCH, K. **A imagem da cidade**. Martins Fo ed. São Paulo: [s.n.].

MACHADO, Murilo Milton. **Open archives: panorama dos repositórios**. Florianópolis, 2006. 101 f. (Dissertação Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação. Disponível em: < <http://www.tede.ufsc.br/teses/PCIN0015.pdf> > . Acesso em: 14/08/2014.

MAHFUZ, Edson. **Ensaio sobre a razão compositiva**. N/C Viçosa: UFV/ AP, 1995. 176 p.

MARCONDES, Carlos H.; KURAMOTO, Helio; TOUTAIN, Lidia B.; SAYAO, Luis. **Bibliotecas digitais: saberes e praticas/organizadores**. [Prefacio de Aldo de Albuquerque Barreto]. - Salvador. BA: EDUFBA: Brasilia: IBICT. 2005. 278 p: il. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/1013/1/Bibliotecas%20Digitais.pdf>
Acesso em 12/08/2014.

MATA, João da. **Habilidades e cuidados do operador (corte a laser)**. In: LASER: A evolução tecnológica do corte e gravação. SIGN – Sinalização. Impressão Digital e Comunicação Visual. 216 ed. São Paulo: BTS, 2013.

MENDES, R.M.; SOUZA, V.I.; CAREGNATO, S.E. **A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem**. 2005. Disponível em: <http://wiki.sj.cefetsc.edu.br/wiki/images/7/7d/Propriedintelec.pdf> Acesso em: 09/09/2014.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). DESLANDES, Suely Ferreira. GOMES, Romeu. **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 31ª ed., 2012.

MITCHELL, W. J.; **The theoretical foundation of computer-aided architectural design**. In: Environment and Planning B, volume 2, pg. 127-150. 1975

MITCHELL, William J. **A lógica da arquitetura. Projeto, Computação e Cognição**. Editora Unicamp, 2008.

MOREIRA, Thomaz Passos Ferreira. **A influência da parametrização dos softwares CAD arquiteturais no processo de projeção arquitetônica**. Dissertação de Mestrado, UNB – Universidade De

Brasília Faculdade De Arquitetura E Urbanismo. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.plataformabim.com.br/2012/04/influencia-da-parametrizacao-dos.html>. Acesso em 23/11/2013.

MULLER, Marina Figueiredo. **A interoperabilidade entre sistemas CAD de projeto de estruturas de concreto armado baseada em arquivos IFC**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, 2011. 127 f. Disponível em: < <http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/sites/www.prppg.ufpr.br/ppgcc/files/dissertacoes/d0150.pdf> >

NESBITT, Kate (org.). **Uma nova agenda para a arquitetura: Antologia teórica**. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

NOJIMOTO, C.; TRAMONTANO, M.; ANELLI, R. L. S. **Design Paramétrico: Experiência didática**. In: XV Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, 2011, Santa Fé, Argentina. Anais...: Sigradi, 2011. Disponível em: < http://www.nomads.usp.br/documentos/livraria/XY2-NOJIMOTO_SIGRADI_2011.pdf >

OLIVEIRA, M.R. Potential of building information modeling (BIM) system. In: BARTOLO, P.J.S. (Ed.). **Innovative developments in design and manufacturing advanced research in virtual and rapid prototyping**. New York: CRC Press, 2009. V.1, p. 687 – 699.

OLIVEIRA, M.R. **Modelagem Virtual e prototipagem rápida aplicadas em projeto de arquitetura**. 2011. 140p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-07042011-110243/pt-br.php> Acesso em: 13/08/2015.

OLIVEIRA, Renan R; CARVALHO, Cedric Luiz. **Implementação de Interoperabilidade entre Repositórios Digitais por meio do Protocolo OAI-PMH**. Relatório Técnico – Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2009. Disponível em: <http://www.portal.inf.ufg.br/sites/default/files/uploads/relatorios-tecnicos/RT-INF_003-09.pdf>

OXMAN, Rivka. **Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium**. Design Studies, n. 29, 2008. Disponível em: <http://tx.technion.ac.il/~rivkao/topics/publications/Oxman_2008_Design-Studies.pdf> Acesso em: 12/09/2014.

PAZLAR, T.; TURK, Z.. **Interoperability in practice: geometric data exchange using the IFC standard**, ITcon, v. 13, special issue, p. 362-380, 2008. Disponível em: http://www.itcon.org/cgi-bin/works/Show?2008_24 Acesso em 18/08/2014.

PENIDO, André R. SOUZA, Renato César F. **Detalhes Arquitetônicos – Uma Experiência Didática Segundo A Pedagogia Dos Projetos Para A Produção De Material Didático**. CONBEGE: Blumenau, 2011. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art1933.pdf> Acesso em: 11/07/2014.

PEREIRA, Alice Theresinha Cybis; DANDOLNI, Gertrudes; OLIVEIRA, Ludmila C.C.F; VANZIN, Tarcízio. **Arquitetura – Ensino e Prática Projetual: As mudanças tecnológicas e seus desdobramentos**. 4º CANAHPA. Florianópolis, 2009. Disponível em: http://wright.ava.ufsc.br/~alice/conahpa/anais/2009/cd_conahpa2009/papers/final156.pdf Acesso em: 12/08/2014.

PUPU, Regiane Trevisan. Celani, Maria Gabriela Caffarena. **Implementando a fabricação digital e a prototipagem rápida em cursos de arquitetura: dificuldades e realidades**. XIV Convención Científica de Ingeniería y Architectura. Sigradi: Cuba, 2008. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~lapac/papers/pupo-celani-2008.pdf> Acesso em: 04/03/2013.

PUPU, Regiane. **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000442574&fd=y> Acesso em: 10/02/2012.

PUPU, Regiane Trevisan. Celani, Maria Gabriela Caffarena. **Técnicas de Prototipagem Digital para Arquitetura**. XIX Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design: São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~lapac/papers/pupo-celani2009.pdf> . Acesso em: 28/11/2013.

RHEINGANTZ, P. A. et al. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação**. Universida ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

RIVED - **Rede Internacional Virtual de Educação**. Disponível em <http://rived.mec.gov.br/projeto.php> Acesso em: 09/09/2014.

ROSETTO, Marcia. **Bibliotecas digitais – cenários e perspectivas**. Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 101-130, jan./jun. 2008. Disponível em: < <http://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/101/92> > Acesso em: 20/11/2014.

RUSCHEL, R. C. et al. **O ensino de BIM: exemplos de implantação em cursos de Engenharia e Arquitetura**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., Salvador, 2011. Anais ... Salvador: LCAD/PPGAU-UFBA, 2011.

RUSCHEL. Regina C. **Compreendendo Building Information Modeling**. 2ª Semana de Tecnologia da Construção Associação de Engenharia Arquitetura e Agronomia de Ribeirão Preto AEAARB. São Paulo, 2011. Disponível em: http://www.aeaarp.org.br/eventos/semana_tec_constr/AEAARB-BIM-Ruschel-2011.pdf. Acesso em: 13/08/2014.

SAYÃO, Luís Fernando. **Interoperabilidade das bibliotecas digitais: o papel dos sistemas de identificadores persistentes – URN, PURL, DOI, Handle System, CrossRef e OpenURL**. TransInformação, Campinas, V.19, 2007. Disponível em: www.brapci.ufpr.br/download.php?dd0=5620 Acesso em: 14/08/2014.

SCHWARZELMÜLLER, Anna F.; ORNELLAS, Bárbara. **Os objetos digitais e suas utilizações no processo de ensino-aprendizagem**. Ufba, 2006. Disponível em: <http://homes.dcc.ufba.br/~frieda/artigoequador.pdf> . Acesso em: 06/09/2014.

SEADLE, M.; GREIFENEDER, E. **Defining a digital library**. Library Hi Tech, v.25, n.2, 2007, p. 169-173. Disponível em < <http://edoc.hu-berlin.de/oa/articles/relz1hpFVJJZw/PDF/29n124GXniqTA.pdf> > Acesso em 12/08/2014.

SEDREZ, Maycon; MENEGHEL, Rafael de M. **Projeto Paramétrico com Fractais no Detalhamento de uma Fachada**. In: Revista PARC – Pesquisa em Arquitetura e Construção. Vol. 4 n.2. O Novo Detalhe Arquitetônico. Unicamp. Campinas, 2013. Disponível em: <http://revistaparc.fec.unicamp.br/concrete5/> Acesso em: 23/08/2014.

SIEGL, Ricardo. **Benefícios e Desvantagens do Corte a Laser**. In: LASER: A evolução tecnológica do corte e gravação. SIGN –

Sinalização. Impressão Digital e Comunicação Visual. 216 ed. São Paulo: BTS, 2013.

SOUZA, L. A.; THOMÉ, A. V. **Análise das Condições de Acessibilidade no Ambiente Urbano da Área Central de Blumenau.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL, 7., 2008, São Paulo. Anais. São Paulo: NUTAU/USP, 2008. Disponível em: <http://www.usp.br/nutau/CD/89.pdf>
Acesso em: 15/11/2015.

STRALEN, Mateus V.; BALTAZAR, Ana Paula; BERNARDO, Marcus. **Parametrização e fabricação como ferramentas para o avanço do processo de projeto.** SIGRADI – Fortaleza, 2012. Disponível em: http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2012_394.content.pdf.
Acesso em 05/08/2014.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa - ação.** 2. ed. São Paulo: Cortez, 1986.

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. Site da companhia disponível em: <http://www.trimble.com> Acesso em 19/08/2014.

VARGAS, J. N. ; GONCALVES, B. S. ; PEREIRA, A. T. C. ; BRITO, R. F. ; Bortolato, Marcia Melo . **Objetos de Aprendizagem: um estudo comparativo entre modelos de metadados.** In: 5º CONAHPA - Congresso Nacional de Ambientes Hipermedia de Aprendizagem, 2011, Pelotas/RS. Anais do 5 Congresso Nacional de Ambientes Hipermedia para Aprendizagem. Florianópolis: CCE/UFSC, 2011. v. 1. Disponível em: <http://wright.ava.ufsc.br/~alice/conahpa/anais/2011/papers/37.pdf>.
Acesso em 11/03/2014.

ZEISEL, John. **Inquiry by design. Environment / Behavior / Neuroscience in Architecture, Interiors, Landscape, and Planning.** Revised Edition. W. W. Norton & Company. NY. 2006.

APÊNDICE A – Objeto de Estudo: Agência Central dos Correios de Florianópolis-SC

Considerado o primeiro edifício a se desvincular de detalhes ornamentais, o prédio dos Correios da agência central de Florianópolis-SC (Figuras 40 e 41) começou a ser construído em 1935, de acordo com conceitos modernistas que presavam pela linearidade geométrica e funcionalidade. O Decreto Municipal nº 521/89 foi responsável pela classificação do tipo de tombamento do prédio, que de acordo com sua importância histórico/arquitetônica foi incluído na categoria P2: imóvel que faz parte da imagem urbana da cidade e não pode ser demolido, sua volumetria externa deve ser preservada, sendo admitidas reformas internas, desde que estas não interfiram com o seu exterior.

FIGURA 40 - Vista. Externa da Agência dos Correios.



Fonte: Arquivo Pessoal.

FIGURA 41 - Vista. Interna da Agência dos Correios.

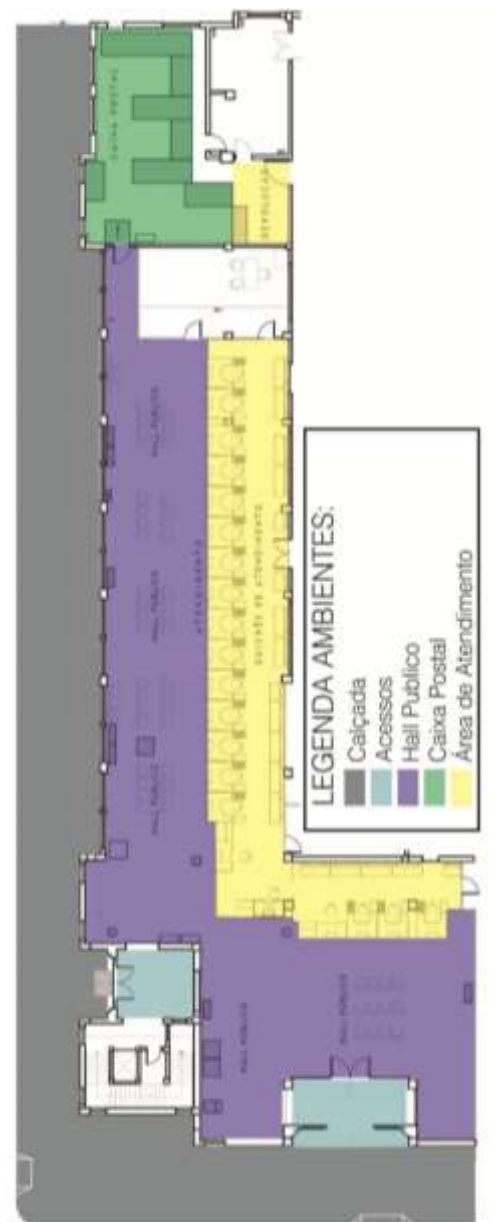


Fonte: Arquivo Pessoal.

A Agência Central dos Correios e Telégrafos de Florianópolis é uma empresa que oferece serviços postais como cartas, telegramas, correspondências, Sedex (encomendas expressas) e também atua como Banco Postal. Além disso, atende a toda população, portanto seus espaços devem ser adequados à diversidade. A partir deste contexto, passou-se a considerar o projeto de adequação como possível meio de responder às solicitações da norma, considerando a avaliação de acessibilidade espacial como uma maneira de obter dados que viabilizem o desenvolvimento deste projeto.

O material disponibilizado pelo setor de projetos dos Correios foi a planta baixa da agência em questão (Figura 42), servindo como referência para o início das atividades.

FIGURA 42 - Planta Baixa da Agência – Setorização.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Avaliação de Acessibilidade espacial: métodos e técnicas aplicadas no Estudo de Caso

Trata-se de uma pesquisa qualitativa exploratória em que se objetivou levantar as barreiras espaciais existentes na área de acesso ao público da agência central do correio de Florianópolis com foco na relação espaço/usuário. Para isto foram usados diferentes métodos e técnicas com o intuito de produzir uma avaliação de acessibilidade com visão holística do problema.

“A utilização de múltiplas técnicas de pesquisa para estudar um problema também garantem confiança e reduzem a chance de falsas constâncias em resultados. Coletar diferentes tipos de dados sobre o mesmo fenômeno com variados tipos de técnicas contrabalança as tendências inerentes a qualquer técnica com as tendências das outras técnicas” (ZEISEL, 2006, p.122, tradução nossa)

Para se aproximar do tema, optou-se pela utilização de métodos exploratórios, como a Pesquisa Documental (GIL, 2008), Entrevista Semi-estruturada (ZEISEL, 2006) e a Análise *Walk through* (RHEINGANTZ et al., 2009). Posteriormente foram aplicados Observações Comportamentais, Observações de Traços Físicos (ZEISEL, 2006), Mapas Comportamentais (RHEINGANTZ et al., 2009), Passeio Acompanhado (DISCHINGER, 2000), Avaliação de Acessibilidade do MP/SC (DISCHINGER; BINS ELY; PIARDI, 2012), e por fim os dados foram processados com a utilização da Matriz de Descobertas e Recomendações (RODRIGUES e SOARES Apud RHEINGANTZ et al., 2009).

A pesquisa documental levantou dados sobre a história dos correios e a função do mesmo. Sobre a agência analisada avaliou-se a história da edificação, seus dados de tombamento e o projeto arquitetônico da área de atendimento ao público.

Foi realizada também uma entrevista semi-estruturada com a engenheira civil responsável pela gerência de engenharia dos correios da grande Florianópolis, onde se buscou levantar dados a respeito da metodologia de projetos adotada, padrão arquitetônico existente, adequação dos projetos à norma brasileira de acessibilidade (NBR

9050:2015) e conhecimento a respeito dos princípios de desenho universal.

A Análise *walk though* (RHEINGANTZ et al., 2009) ocorreu com um funcionário da agência que trabalha no local há dez anos. Esta técnica combinou observação e entrevista, possibilitando conhecer o ambiente, suas funções e usos comuns, assim como identificar a percepção do funcionário a respeito dos aspectos positivos e negativos do ambiente.

Também com o intuito de explorar os usos, aplicou-se o método de Observação de Traços Físicos (ZEISEL, 2006), que foca nos vestígios de atividades ocorridas deixados pelos indivíduos de forma consciente ou inconsciente. Buscaram-se identificar as quatro categorias de traços definidas por Zeisel (2006) que são: produtos de uso, adaptação para uso, manifestações de identidade e mensagens públicas.

Em um segundo momento o foco da pesquisa voltou-se para a percepção dos usuários da agência, considerando funcionários e clientes, pois como afirma Zeisel (2006), é importante considerar que as ações de pessoas podem ser parcialmente influenciadas por como outras pessoas estão ou não estão incluídas. Nesta pesquisa foi essencial considerar a relação direta entre os dois públicos para a melhor compreensão do espaço.

Focado na percepção dos funcionários, além da análise *walk though* (RHEINGANTZ et al., 2009), foi realizada entrevista não estruturada com a vigia da agência, visando identificar os momentos de maior fluxo, aspectos positivos e negativos do espaço, entre outras informações.

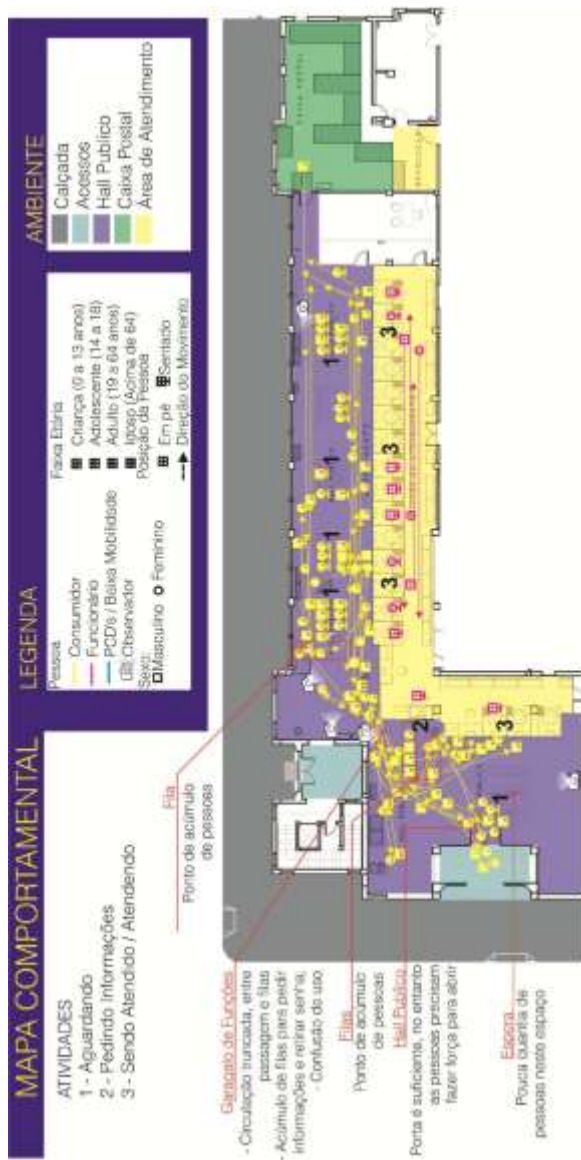
Em relação a percepção dos clientes, foram realizadas observações do comportamento no ambiente, que produziam “dados sobre atividade das pessoas e a relação necessária para atender a eles, sobre comportamentos recorrentes, sobre usos esperados, novos usos, usos perdidos de um lugar e sobre oportunidades comportamentais e constrangimentos que o espaço acarreta” (ZEISEL, 2006 p. 191).

Durante esta análise a posição adotada foi a de observador participante marginal (ZEISEL, 2006), em que os pesquisadores se misturam ao público tentando não chamar a atenção. O registro se deu através de filmagens de 5 e 10 minutos em 5 pontos de vista da área, no período das 12h00 até 14h35, horário considerado de pico pela vigia,

assim como o intervalo 16h00 até as 17h00, período em que se escolheu para aplicar o Passeio Acompanhado (DISCHINGER, 2000).

Os dados foram sistematizados através de mapas comportamentais (RHEINGANTZ et al., 2009) (Figura 43) que tinham como objetivo identificar as atividades, arranjos espaciais, percursos dos indivíduos, distribuição de pessoas, locais de possíveis conflitos, comportamentos e principalmente avaliar a adequação do ambiente as necessidades dos usuários. Além disso, também geraram dados a respeito do perfil dos usuários (faixa etária, gênero), posturas adotadas (sentado, em pé, em movimento) e tipos de usuários (clientes, funcionários ou pessoas com deficiência).

FIGURA 43 - Mapa Comportamental.



Fonte: Arquivo Pessoal.

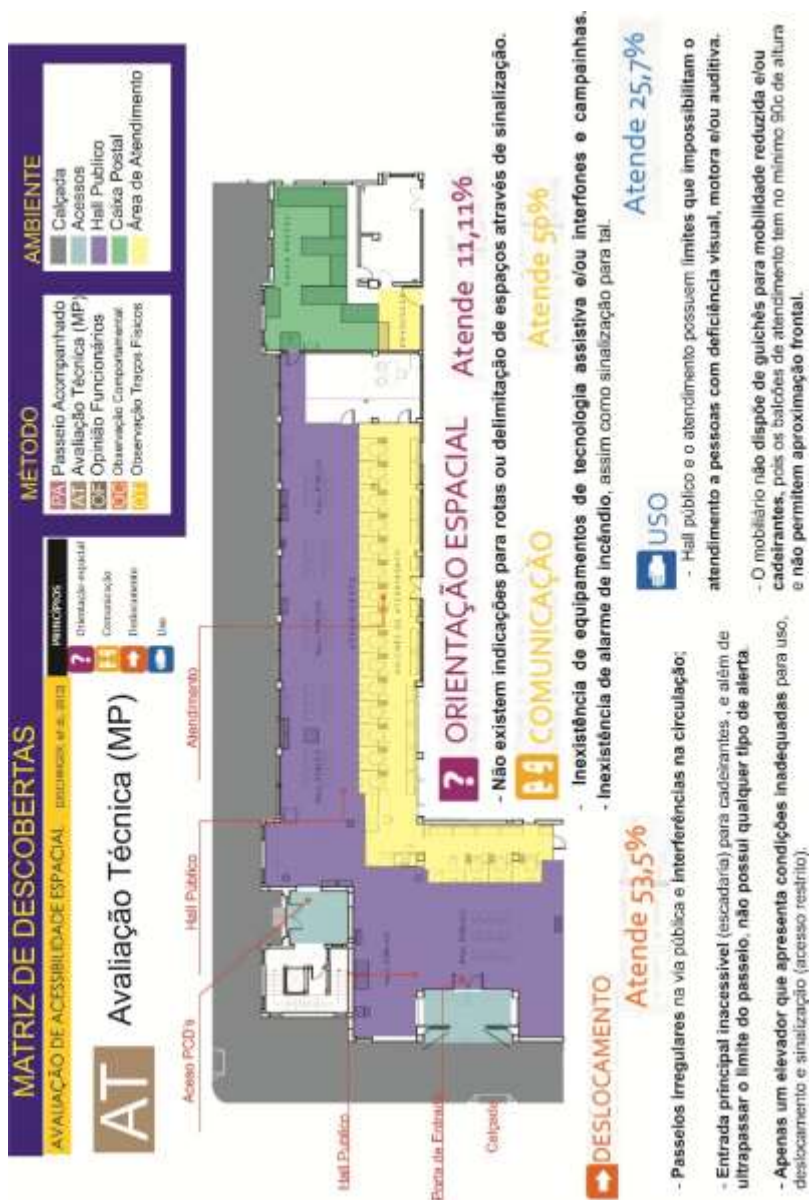
O Passeio Acompanhado (DISCHINGER, 2000) teve como objetivo avaliar o espaço arquitetônico através da perspectiva da pessoa com deficiência, verificando como é sua interação com a edificação.

Acompanhou-se um entrevistado cego, observando sua postura enquanto realizava tarefas solicitadas. Foram descritos aspectos positivos e negativos do espaço, o que justificava as escolhas feitas para realizar tais tarefas, apontando os espaços que traziam maior ou menor segurança entre outras informações relacionadas com a locomoção dentro da agência.

Focado na análise do ambiente em relação a sua adequação à NBR 9050:2015, foi aplicada a avaliação de acessibilidade espacial com a utilização do *checklist* do Ministério Público de Santa Catarina (DISCHINGER; BINS ELY; PIARDI, 2012).

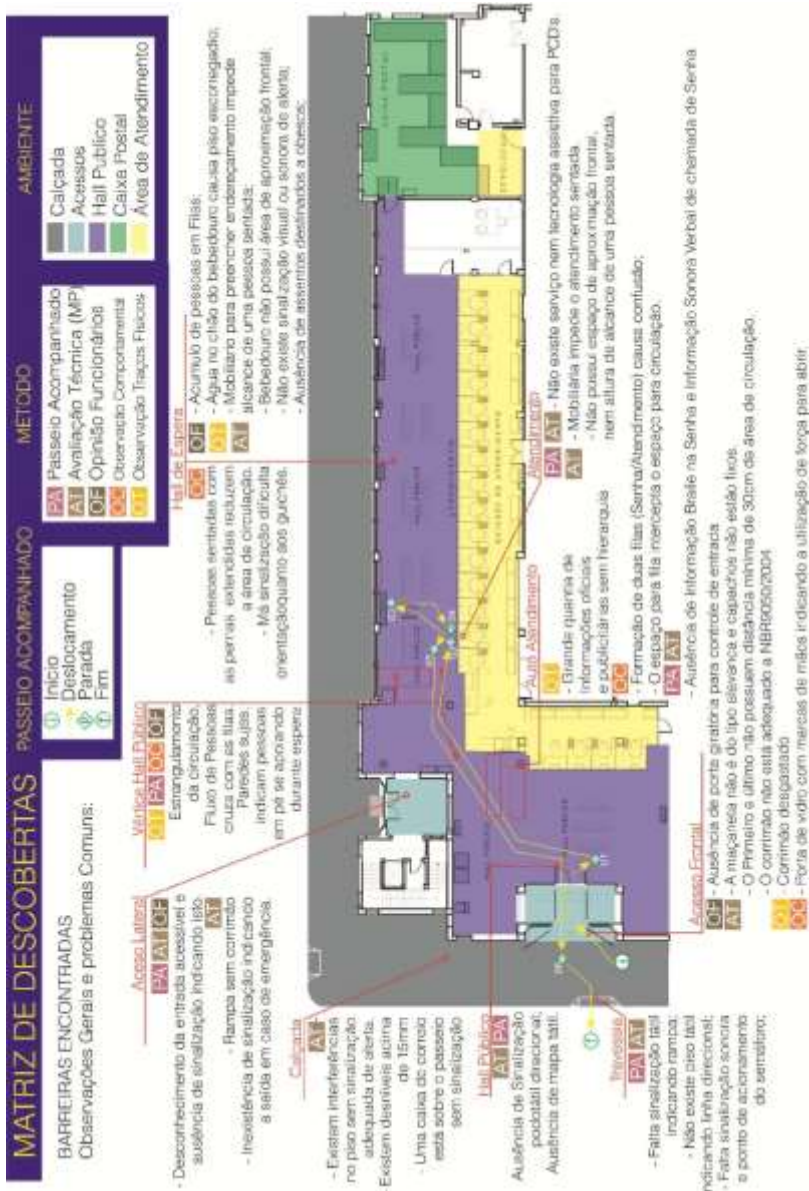
Por fim, devido à grande quantidade de dados advindos de diferentes técnicas e métodos, utilizou-se a Matriz de Descobertas (Figuras 44 e 45) (RODRIGUES e SOARES Apud RHEINGANTZ et al., 2009) para organizar e apresentar os resultados obtidos de uma forma panorâmica do ambiente através da identificação dos principais problemas. A técnica possibilita identificar a relação existente entre os problemas, facilita a identificação das possíveis causas e possibilita a criação da Matriz de Recomendações (Figura 46).

FIGURA 44 - Matriz de Descobertas – Avaliação Técnica (MP).



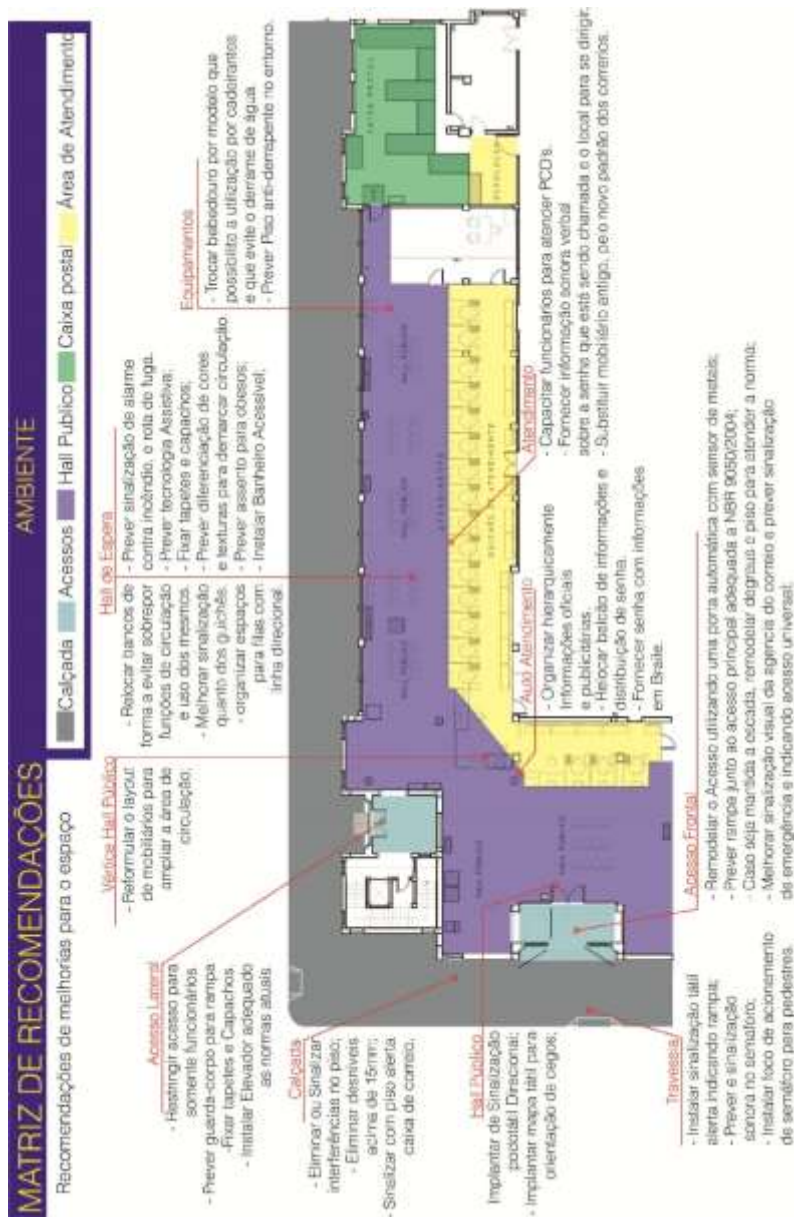
Fonte: Arquivo Pessoal.

FIGURA 45 - Matriz de Descobertas.



Fonte: Arquivo Pessoal.

FIGURA 46 - Matriz de Recomendações.

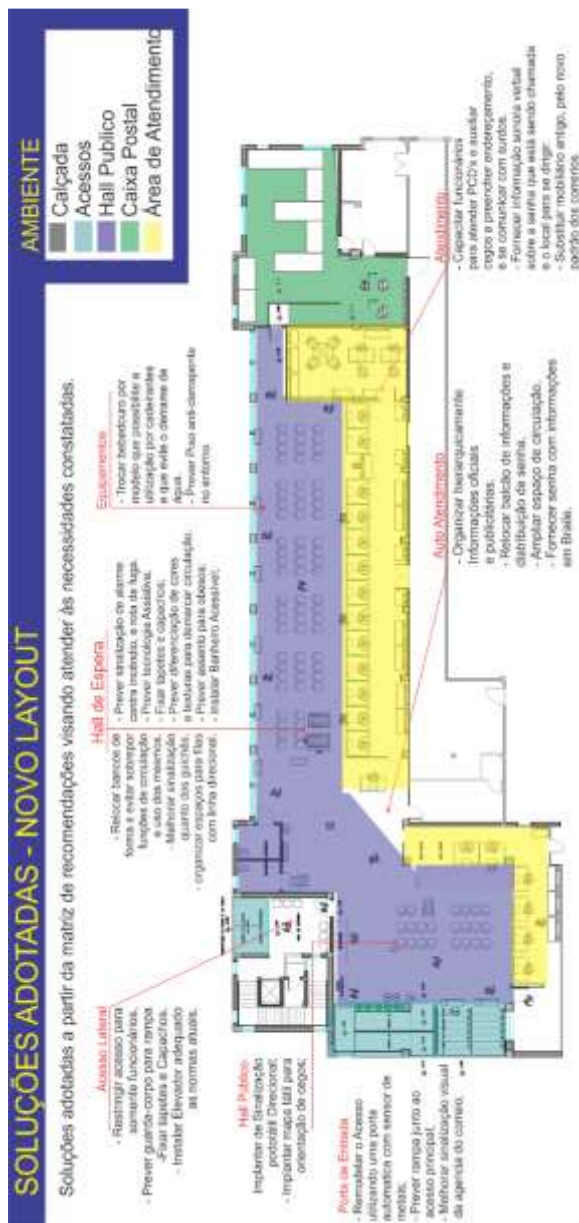


Fonte: Arquivo Pessoal.

APÊNDICE B – Processo de Projeto de Adequação de Acessibilidade

O primeiro contato com desenho técnico referente a Agência Central dos Correios aconteceu através do jogo de plantas baixas disponibilizadas pela engenheira responsável pelo setor de projetos da empresa Correios. O material foi enviado em formato .DWG em 2D para ser analisado através do *software* AutoCAD, este que é utilizado pelos profissionais do setor. A partir da planta baixa foi desenvolvida uma nova planta que deveria atender a Matriz de Recomendações (Figura 47).

FIGURA 47 - Soluções adotadas a partir da Matriz de Recomendações.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Constatada a necessidade de transformar o 2D em 3D, iniciou-se um processo de busca e pesquisa pelo material já desenvolvido nesta área, o que pôde ser utilizado como referência, como mostram as figuras a seguir (Figuras 48, 49 e 50). Foi realizado o levantamento das dimensões da edificação in loco, levantamento fotográfico e análise do material desenvolvido pelo Google através do Google Maps, Google Street View e Google Earth, o que inclui imagens do terreno, da edificação e levantamento da construção em 3D.

FIGURA 48 - Imagem do Satélite Google *Earth* 2015.



Fonte: Arquivo Pessoal.

FIGURA 49 - Imagem do Satélite Google Earth 2015 – Google Street View.



Fonte: Arquivo Pessoal.

FIGURA 50 - Imagem do Satélite Google Earth 2015 – Construções 3D.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Através do auxílio das referências mostradas acima, foi possível construir um modelo 3D no Sketchup utilizando a planta baixa original em formato .DWG importado para o *software*, esta que pode ser considerada a primeira tentativa de interoperabilidade do fluxo. O resultado foi satisfatório, considerando que junto do modelo foram importados os layers, dimensões e blocos (em 2D). Logo, a planta importada foi disposta no eixo x-y do Sketchup, onde iniciou-se o a

criação do modelo tridimensional já com algumas alterações advindas do estudo realizado, como a adequação do acesso principal com rampa e escada. (Figura 51).

FIGURA 51 - Interface do Sketchup – Início da Modelagem 3D.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Ao projetar o espaço em 3D, tornou-se possível compreender com maior nitidez seu funcionamento, fato que mostrou a necessidade de desenvolver o projeto de uma maneira mais ampla do que somente deter-se ao detalhamento dos elementos de Orientação Espacial. A partir disso, o espaço público interno da agência foi recriado de acordo com as observações feitas durante o estudo de caso, o que possibilitou identificar com maior clareza quais elementos ou modelos poderiam ser detalhados.

Entende-se que a proposta de melhorias na Agência em questão só poderia ter um resultado satisfatório se fosse realizado um levantamento e estudo minucioso das necessidades relacionadas com a acessibilidade. Passou-se a compreender que todas as atividades realizadas até então pertencem a um grande processo de detalhamento, que visa projetar através da análise de resultados precisos e minuciosos. Pensando nisso, foram consultadas referências de outras agências que já haviam passado pelo processo de atualização da identidade visual dos Correios (Figuras 52 e 53), levando em consideração as medidas relacionadas principalmente com a acessibilidade.

FIGURAS 52 e 53 - Referências de agências dos Correios.



Fonte: <http://bauchiarquitetura.com.br/>. Acesso em 03/11/2015.



Fonte: <http://bauchiarquitetura.com.br/>. Acesso em 03/11/2015.

Considerando que a Orientação Espacial é um princípio que relaciona-se intimamente com o tema Comunicação Visual, observaram-se também outros aspectos da agência como o uso de cores, letreiros, placas e outros elementos que auxiliem na orientação do usuário (Figuras 54 e 55).

FIGURA 54 - Referência externa de agência dos Correios – Nova marca.



FIGURA 55 - Referência interna de agência dos Correios – Nova marca.



Fonte: <http://comunicadores.info/2014/05/07/nova-marca-dos-correios/> Acesso em 03/11/2015.

Uma série de fatores tiveram de ser reavaliados em função da classificação de tombamento da edificação, como a localização de rampas e escadas. Optou-se por priorizar o espaço interno para iniciar o projeto em 3D (Figura 56), partindo da organização do novo layout.

FIGURA 56 - Início do projeto da parte interna da agência.



Fonte: Arquivo Pessoal.

No decorrer do processo de projeto passou-se por diversas etapas: iniciou-se com o levantamento de todas as informações necessárias para desenvolver o projeto através do estudo de caso, logo a planta em 2D foi modificada a partir das alterações necessárias para então partirmos para o projeto em 3D.

Definido e criado o novo layout e alterações espaciais, entendeu-se que o próximo passo deveria ser o processo de detalhamento de projeto, pois as informações a serem inseridas nos modelos 3D (Figura 57) passaram a ser específicas, determinantes e necessárias para compreensão da parte executiva do detalhamento e a materialização.

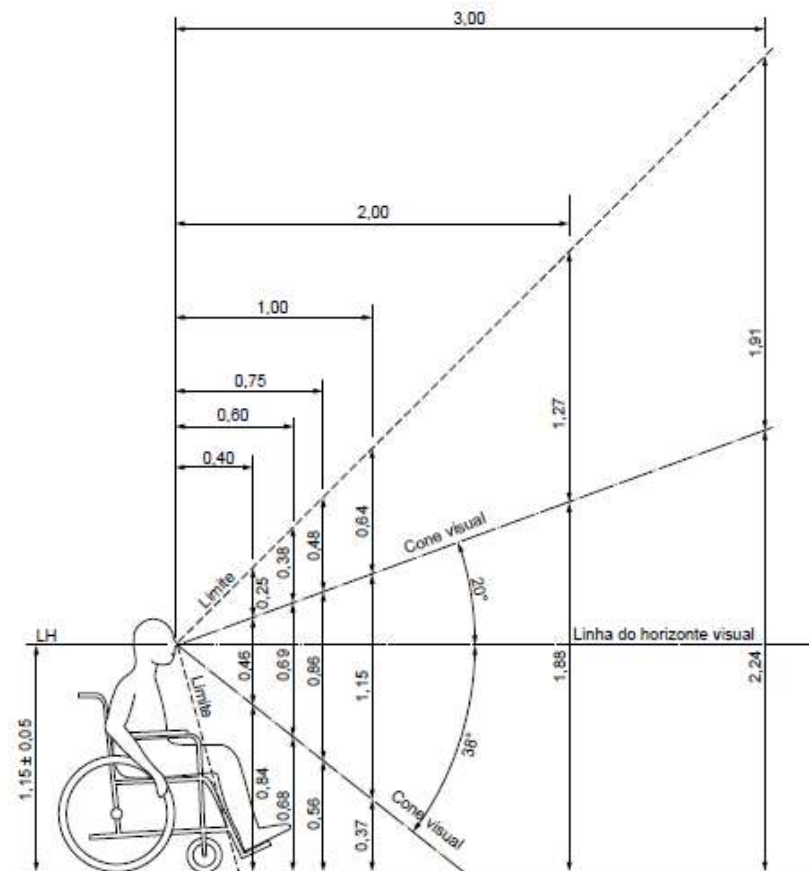
FIGURA 57 - Início da aplicação dos parâmetros da NBR 9050:2015 segundo as planilhas do MP – Símbolo Universal de Acessibilidade na entrada principal da agência.



Fonte: Autoria própria.

Considerando que a NBR 9050:2015 não determina uma altura ideal para a fixação do SIA foi utilizada como referência a $h=1,15\text{m}$ correspondente à Linha do horizonte visual da pessoa em cadeira de rodas (Figura 58).

FIGURA 58 – Cones visuais da pessoa em cadeira de rodas.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9050:2015.

APÊNDICE C – Modelos 3D da NBR 9050:2015 relacionados com Orientação Espacial parametrizados com detalhamento digital

Todos os modelos apresentados a seguir estão acompanhados da referência utilizada segunda a NBR 9050:2015 (Figuras 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69 e 70).

FIGURA 59 – Parametrização e detalhamento digital no segundo os parâmetros da NBR 9050:2015. SIA - Símbolo Universal de Acessibilidade – Indicação de entrada acessível.



Fonte: Autoria própria.

FIGURA 60 – Símbolo Internacional de Acesso - SIA.



a) Branco sobre fundo azul



b) Branco sobre fundo preto



c) Preto sobre fundo branco

Figura 31 – Símbolo internacional de acesso – Forma A



a) Branco sobre fundo azul



b) Branco sobre fundo preto



c) Preto sobre fundo branco

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9050:2015.

FIGURA 61 – Parametrização e detalhamento digital no Sketchup segundo os parâmetros da NBR 9050:2015 – Sinalização de espaço para P.C.R.



Fonte: Autoria própria.

FIGURA 62 – Sinalização do espaço para P.C.R.

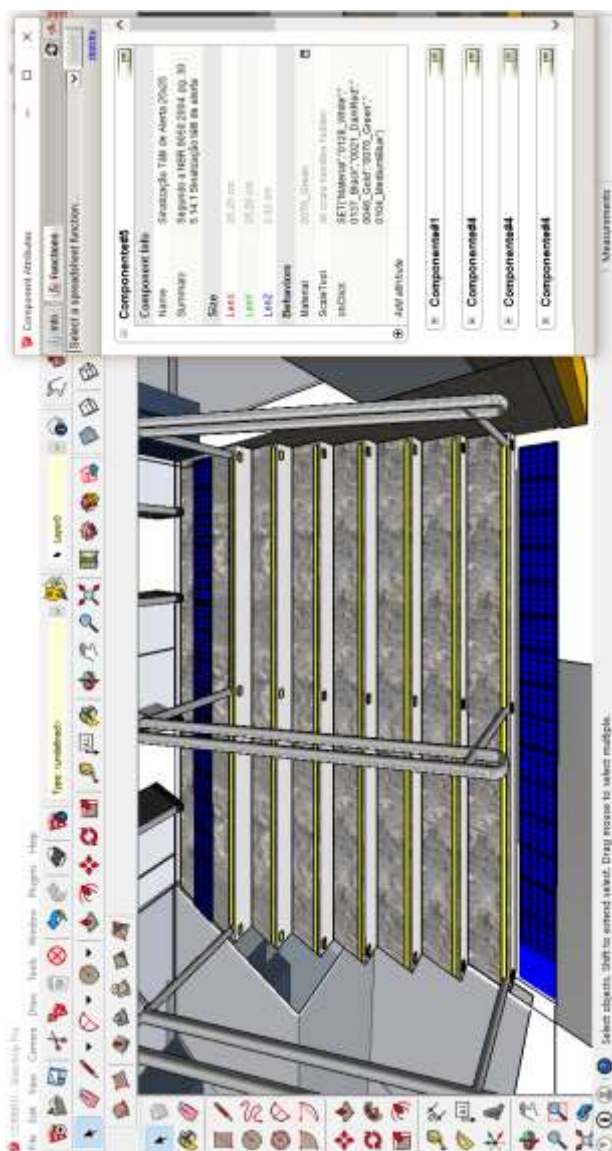
A sinalização do espaço para P.C.R. deve ser conforme a Figura 65. Esta demarcação tem as dimensões de um M.R. e também se aplica às áreas de resgate, conforme 6.4.5. Em locais de atendimento público, deve ser garantido pelo menos um espaço para P.C.R.

Dimensões em metros



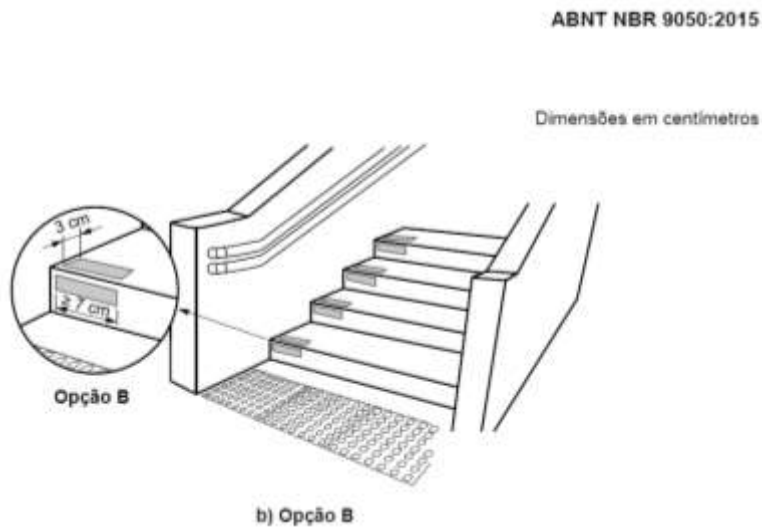
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9050:2015.

FIGURA 63 – Parametrização e detalhamento digital no Sketchup segundo os parâmetros da NBR 9050:2015 – Piso alerta e sinalização estendida no comprimento total dos degraus.



Fonte: Autoria própria.

FIGURA 64 – Degraus de Escadas.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9050:2015.

FIGURA 66 – Sinalização tátil e visual no piso.

5.4.6 Sinalização tátil e visual no piso

5.4.6.1 Geral

A sinalização tátil e visual no piso pode ser de alerta e direcional, conforme critérios definidos em normas específicas.

5.4.6.2 Contraste tátil e visual

A sinalização tátil e visual no piso deve ser detectável pelo contraste tátil e pelo contraste visual. O contraste tátil, por meio de relevos, deve estar conforme as Tabelas 4 e 5. O contraste de luminância com a superfície adjacente, em condições secas e molhadas, deve estar conforme 5.2.9.1.1 e Tabela 2.

5.4.6.3 Sinalização tátil e visual de alerta

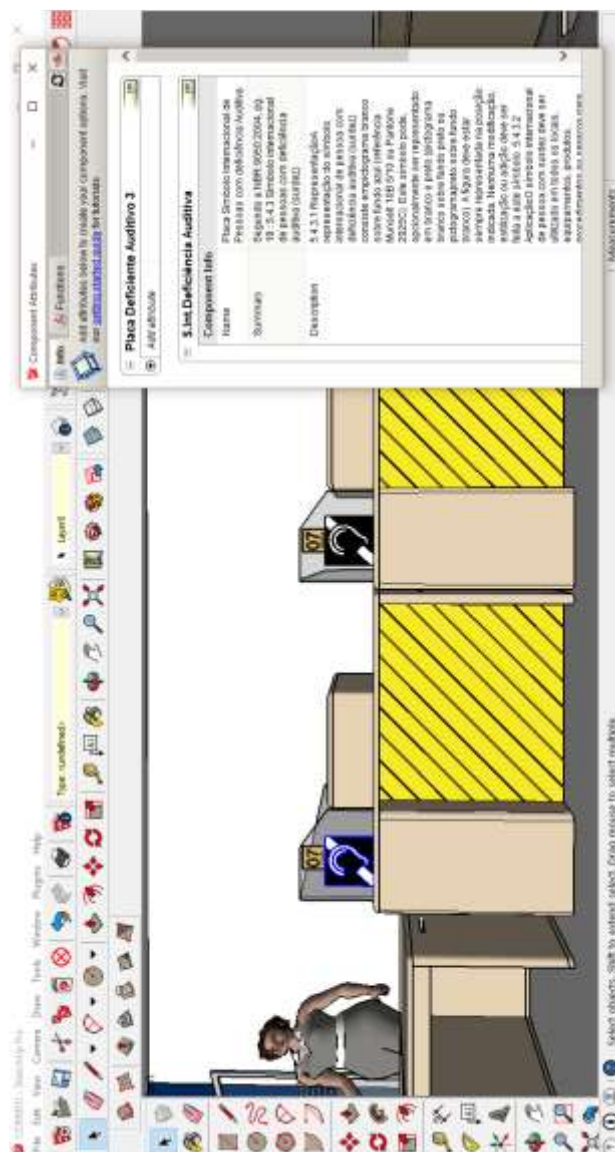
O contraste tátil e o contraste visual da sinalização de alerta consistem em um conjunto de relevos tronco-cônicos conforme Tabela 4 e Figura 62.

ABNT NBR 9050:2015



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9050:2015.

FIGURA 67 – Parametrização e detalhamento digital no Sketchup segundo os parâmetros da NBR 9050:2015 – Exemplo de pictograma - Símbolo Internacional de pessoas com deficiência auditiva.



Fonte: Autoria própria

FIGURA 68 – Símbolo Internacional de pessoas com deficiência auditiva.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9050:2015.

O item 2.46 da planilha de Orientação Espacial do MP questiona a existência de indicação sonora e visual de Saídas de Emergência, porém de acordo com a NBR 9050:2015 as especificações deste tipo de sinalização são especificadas na ABNT NBR 13434, a qual trata da Sinalização de segurança contra incêndio e pânico. Contudo, a NBR 9050:2015 trata do tema no item 5.5 Sinalização de emergência através da Sinalização de área de resgate para pessoas com deficiência (Figura 69).

FIGURA 69 – Sinalização de área de resgate para pessoas com deficiência.

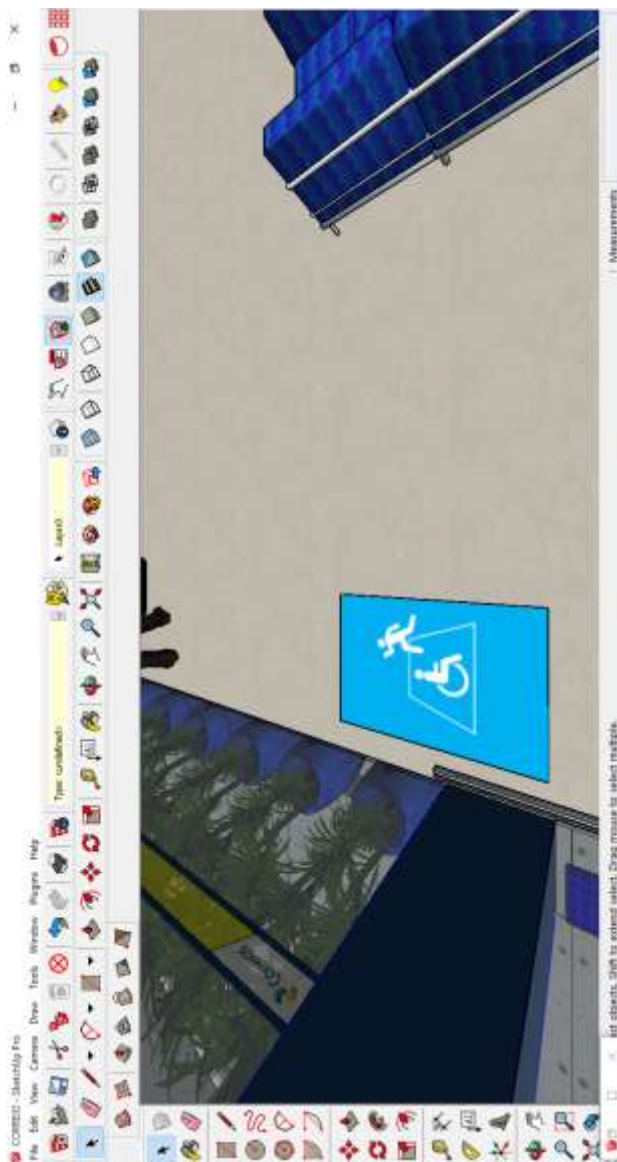
5.5.2.1 Sinalização de área de resgate para pessoas com deficiência

A porta de acesso às áreas de resgate deve ser identificada com sinalização específica em material fotoluminescente ou ser retroiluminada. A área de resgate deve ser sinalizada conforme Figura 64, junto à demarcação da área de espera para cadeira de rodas (6.4.5), em local segregado para atendimento por bombeiros, brigados e pessoal treinado para atendimento emergencial. Devem ser afixadas instruções sobre a utilização da área de resgate, atendendo ao descrito em 6.4.2.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9050:2015.

FIGURA 70 – Parametrização e detalhamento digital no Sketchup segundo os parâmetros da NBR 9050:2015 – Sinalização de área de resgate para pessoas com deficiência.



Fonte: Autoria própria

APÊNDICE D – Tutoriais (Recurso de Aprendizagem)

FIGURAS 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87
– Tutorial do processo de preparo do modelo e arquivo para interoperabilidade.



Fonte: Autoria própria.

PROF. FOL GRADUADO EM ARQUITETURA E URBANISMO
 RESEARCH CENTER DO GRUPO ANCARÉ
 OBTENDO UMA ALTA EXPERIÊNCIA COM PRÁTICA

LINHA DE PESQUISA.....

Métodos e Técnicas Aplicados Ao Projeto De Arquitetura & Urbanismo

ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO.....

**TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE
 SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO
 MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA**

**TUTORIAL 02: INTEROPERABILIDADE ENTRE SOFTWARES VISANDO
 MATERIALIZAÇÃO AUTOMATIZADA**



Fonte: Autoria própria.

PROG. PÓS GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE
UNIVERSIDADE ALCIDES FREIRE/JORNADA CURSOS PERMANENTES

SOFTWARES UTILIZADOS.....

Sketchup PRO 2014
Revit 2015
Vectorworks 2015
Archicad 2015
Laser Draw (Automatisa)
CorelDraw X7



TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

1. Criação do modelo 3D:

O modelo em Sketchup teve início com um desenho em 2D para então partir para a modelagem 3D através da extrusão dos desenhos (Figura 01), só então é que o modelo é transformado em componente para que sejam inseridos parâmetros, o que justifica a utilização do termo modelagem parametrizada.



Fonte: Autoria própria.

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

2. Criação do modelo 3D: O que são componentes?

Os componentes do SketchUp são grupos de geometria (arestas e faces) que qualquer pessoa pode criar no SketchUp. Os componentes são como minimodelos dentro do seu modelo principal e podem representar qualquer coisa: objetos, móveis, plantas, veículos, etc.

Podemos encontrar componentes pré-criados no **Seleção de componentes do SketchUp**. Você também pode encontrá-los (em grande quantidade) no **Armazém 3D (3D Warehouse)**.



OBS: Quando alteramos o desenho de um componente, todos os Componentes iguais são Alterados automaticamente.

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

3. Criação do modelo 3D: Como criar um componente!

1. Selecione um ou mais objetos – se quiser selecionar todo o objeto, clique 03 vezes sobre ele.
2. Vá ao Menu **EDITAR/criar COMPONENTE** ou clique com o botão direito sobre os objetos e escolha **criar COMPONENTE**.
3. Automaticamente abrirá uma janela para configurar as propriedades do componente.



The image shows a software interface with a 3D model of a wheelchair icon. The icon is white on a blue square background, with a white silhouette of a person in a wheelchair. A context menu is open over the icon, and a 'Criar componente' dialog box is visible in the foreground. The dialog box has fields for 'Nome' (Name) and 'Descrição' (Description), and checkboxes for 'Criar alternativa', 'Sempre de frente para a câmera', and 'Sempre visibilidade para si em'. There are also buttons for 'Cancelar' and 'Criar'.

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

4: Atribuição de parâmetros ao componente 3D:

Utilize os campos de informação para atribuir ao modelo informações sobre a norma utilizada, quais seus parâmetros e demais informações necessárias para o detalhamento como dimensões, normas relacionadas, eixos de modificação simultânea, cores, espessuras. A partir daí o componentes passa a ser chamado de **COMPONENTE DINÂMICO!**

1. Selecione o Componente.
2. Com o componente selecionado, vá ao Menu **JANELA/ OPÇÕES DO COMPONENTE**.
3. Na janela que se abre, **configure** ou **altere** as opções apresentadas como largura, altura, espaçamentos, etc. Para finalizar clique em **APLICAR**.



tearAD 04

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

4. Atribuição de parâmetros nos modelos 3D:

Foi atribuído ao componente a opção "Scale Tool" (ferramenta de escala). Esta ferramenta permite, através da inserção de dados e medidas, selecionar em quais eixos, X/Y/Z, o objeto poderá ser modificado simultaneamente, na lista existem todas as possibilidades de modificação e a escolha dos eixos será indicada pelos pontos verdes do desenho, representando o objeto trabalhado.

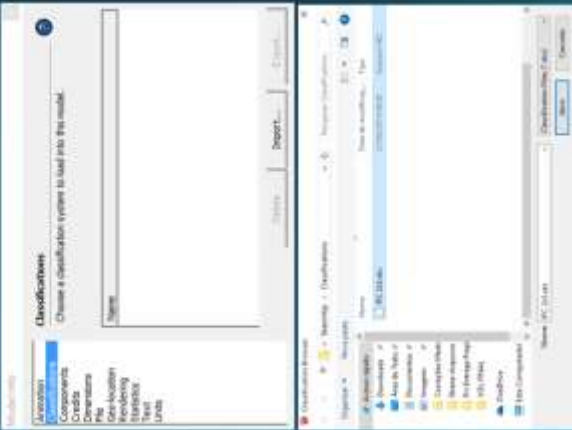


Fonte: Autoria própria.

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

5. Como tornar o modelo interoperável e atribuir mais parâmetros.
Após a atribuição de parâmetros através das opções apresentadas pelos Componentes Dinâmicos, pode-se atribuir mais dados ao modelo através da **CLASSIFICAÇÃO IFC!**

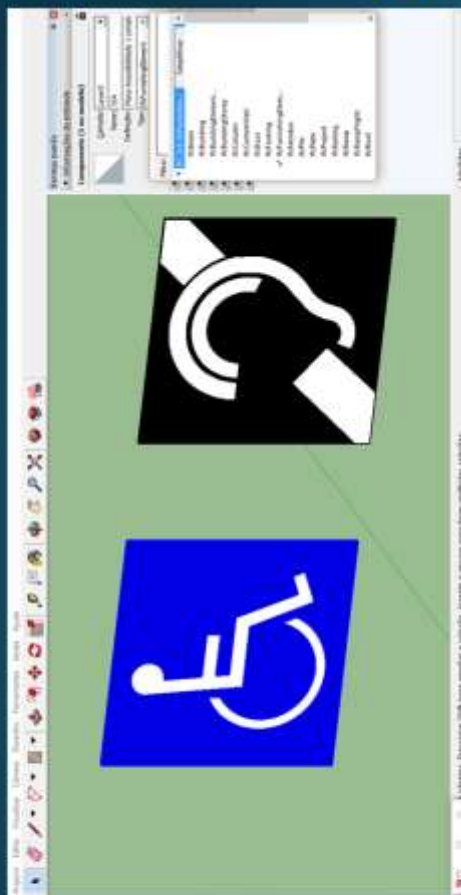
1. Primeiro, você precisa carregar o sistema de classificação IFC em seu projeto. O SketchUp já tem um arquivo com essas informações para carregá-lo. Vá ao menu **Janela/Informações do modelo (Window/Model Info)** e clique na aba **Classificações (Classifications)**. Na janela que se abre, clique em **Importar...(Import...)**, escolha o arquivo **IFC 2x3.skc** e clique em **Abriu (Open)**



tearAD 06

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

5. Como tornar o modelo interoperável e atribuir mais parâmetros:



2. Vá à janela informações da entidade (*Entity Info*) e, no campo *Tipo (Type)*, escolha qual classificação IFC será atribuída ao seu objeto. Neste caso, como a cadeira é um elemento de mobiliário, ela será classificada como *IfcFurnishingElement*

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

5: Como tornar o modelo interoperável e atribuir mais parâmetros:

3- Prossiga com a inserção de informações na "etiqueta" do objeto, selecionando-o com o botão direito a opção Componentes Dinâmicos/Opções do Componente (Dynamic Components/Component Options), nome destinado aos componentes parametrizados.



The screenshot shows a software window with a 3D view of a chair. A context menu is open over the chair, with 'Opções do Componente' (Component Options) selected. The menu includes options like 'Excluir', 'Inserir Componente', 'Inserir novo', 'Repetir', 'Apagar', 'Inverter', 'Inverter e Rolar', 'Inverter e Rolar e Apagar', and 'Inserir Componente'. The software interface also shows a toolbar and a top menu bar with 'Arquitetura' and 'Modelagem'.

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

5: Como tornar o modelo interoperável e atribuir mais parâmetros:

3. A janela que se abre possibilita a inserção de dados utilizando os parâmetros disponíveis. Preenchidos os campos, clica-se em Aplicar (Apply).



TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

5: Como tornar o modelo interoperável e atribuir mais parâmetros:

4- A janela inicial oferece apenas quatro opções de parâmetros, porém é possível colocar mais informações no objeto criando novos campos: com o botão direito sobre o componente seleciona-se Componentes dinâmicos/Atributos de componente (*Dynamic Components/Component Attributes*). A janela que se abre mostra a opção Adicionar atributo (+ Add attribute), bastando digitar o nome do atributo a ser criado.




TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

6: Exportação para formato IFC:

Os dados não-geométricos que estão vinculados ao objeto no SketchUp Pro, podem ser exibidos como uma anotação (tag) vinculada a esse mesmo objeto, quando este aparece na documentação de um projeto, no SketchUp LayOut.

O arquivo deve ser salvo em formato .IFC para possibilitar sua interoperabilidade com outros softwares que também aceitam este tipo de formato. Para isso, clique em: **ARQUIVO > EXPORTAR > Arquivo IFC**



The image shows a screenshot of the SketchUp Pro software interface. The top menu bar is visible, with 'Arquivo' (File) selected. A dropdown menu is open, showing 'Exportar' (Export) as the active option. Below it, 'Arquivo IFC' (IFC File) is highlighted. The background of the interface shows a 3D model of a wheelchair icon, which is the subject of the tutorial. The SketchUp logo is visible in the top right corner.

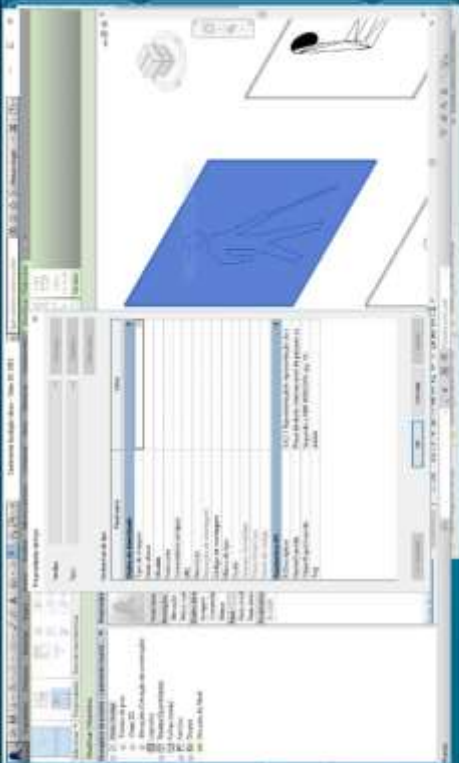
Fonte: Autoria própria.

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

7- Abrindo o arquivo .IFC em outros softwares:

Finalizada a atribuição de dados ao modelo e exportação para .IFC, inicia-se o processo de interoperabilidade. Nesta etapa foram testados os arquivos em formato .IFC com o Revit, Archicad e Vectorworks!

REVIT!

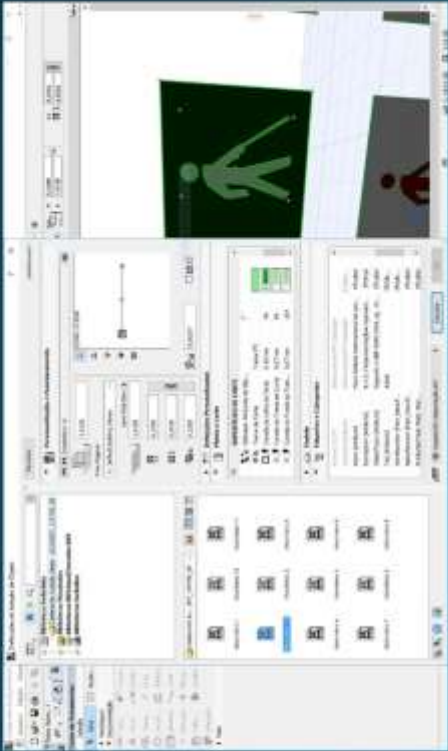


tearAD 1 2

TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

7: Abrindo o arquivo .IFC em outros softwares:
Finalizada a atribuição de dados ao modelo e exportação para .IFC, inicia-se o processo de interoperabilidade. Nesta etapa foram testados os arquivos em formato .IFC com o Revit, Archicad e Vectorworks!

ARCHICAD!



The screenshot displays the Archicad software interface. At the top, there is a teal header with the 'teorAD' logo on the left and the number '13' on the right. The main window shows a 3D perspective view of a green human figure on a dark green background. To the left of the 3D view is a 'Properties' panel with various settings. Below the 3D view is a 'Tools' palette with several icons. The bottom of the interface shows a 'Command Line' and a 'Status Bar'.

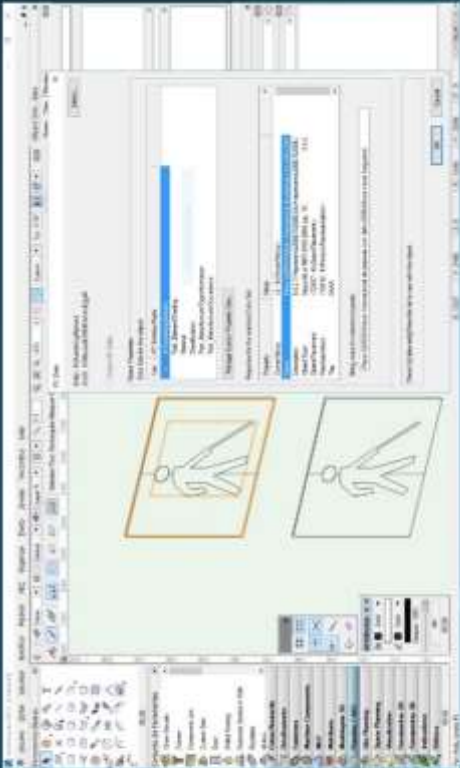
TUTORIAL 01: INTEROPERABILIDADE COM O FORMATO .IFC ENTRE SOFTWARES DE ARQUITETURA (BIM / APLICATIVOS BIM) UTILIZANDO MODELAGEM 3D PARAMETRIZADA

7- Abrindo o arquivo .IFC em outros softwares:

Finalizada a atribuição de dados ao modelo e exportação para .IFC, inicia-se o processo de interoperabilidade.

Nesta etapa foram testados os arquivos em formato .IFC com o Revit, Archicad e Vectorworks!

VECTOR WORKS!



The screenshot shows the Vectorworks software interface. On the left, there is a toolbar with various icons. The main workspace displays a 3D model of a human figure, with one instance highlighted in orange. On the right, a dialog box is open, showing a list of files and folders. The dialog box has a title bar and several buttons at the bottom. The background of the software interface is a light blue color.

tearAD 1 4

FIGURAS 88, 89, 90, 91 e 92 – Tutorial do processo de preparo do modelo e arquivo para materialização.

TUTORIAL 02: INTEROPERABILIDADE X MATERIALIZAÇÃO: EXPORTAÇÃO DO ARQUIVO CRIADO EM SKETCHUP PARA O SOFTWARE DA MÁQUINA DE CORTE A LASER.

1- Modelo em Projeção Paralela:

As cortadoras laser recebem somente modelos 2d, por isso o primeiro passo é a planificação do modelo. A planificação pode ser feita em apenas 2 passos: os modelos devem estar alinhados em um mesmo plano e separados entre si. Para isso clique em: **CÂMERA > PROJEÇÃO PARALELA**

O Sketchup exporta a visualização da geometria no momento da ação, portanto é fundamental que o modelo esteja em projeção paralela para que o arquivo exportado esteja em verdade grandeza.





The screenshot shows the SketchUp software interface. The 'Camera' menu is open, and 'Parallel Projection' is selected. The main view displays a 2D orthographic projection of a mechanical part on a black background. The interface includes a toolbar at the top and a status bar at the bottom.

Fonte: Autoria própria.

TUTORIAL 02: INTEROPERABILIDADE X MATERIALIZAÇÃO: EXPORTAÇÃO DO ARQUIVO CRIADO EM SKETCHUP PARA O SOFTWARE DA MÁQUINA DE CORTE A LASER.

2. Exportação para formato compatível com a máquina - interoperabilidade.

Para facilitar a passagem do modelo do Sketchup para o software usado para a materialização, configura-se previamente as unidades do modelo. Os formatos compatíveis com os critérios adotados pela cortadora a laser utilizada são: .PDF (Portable Document Format) .DWG (Drawing) .DXF (Drawing Exchange Format).

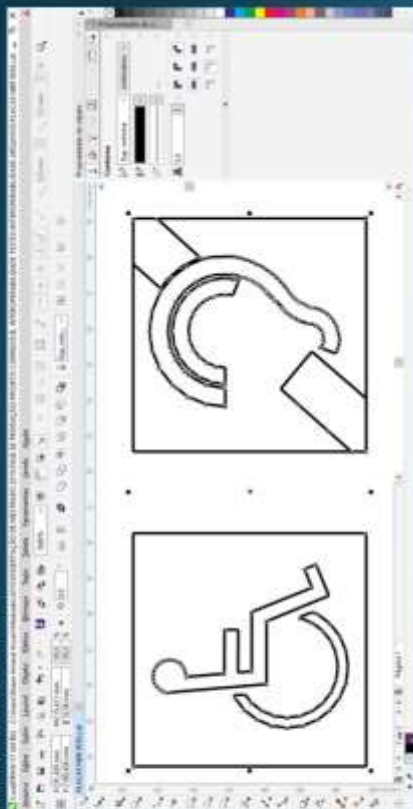
Fonte: Autoria própria.

TUTORIAL 02: INTEROPERABILIDADE X MATERIALIZAÇÃO: EXPORTAÇÃO DO ARQUIVO CRIADO EM SKETCHUP PARA O SOFTWARE DA MÁQUINA DE CORTE A LASER.

3: Conferência das linhas em CorelDraw.

Pode-se apenas exportar o modelo .SKP para .DXF e então abri-lo na máquina de corte, porém uma prática recorrente é a utilização do software CorelDraw a fim de garantir a perfeita materialização, considerando que através dele pode-se conferir as medidas, acabamento das linhas, retas ou pontos do desenho.

O fluxo escolhido foi Sketchup (modelagem 3D parametrizada) > CorelDraw (análise e otimização do arquivo para corte) > Laser Draw (software da máquina) – ambos funcionam junto das máquinas de corte a laser.



TUTORIAL 02: INTEROPERABILIDADE X MATERIALIZAÇÃO: EXPORTAÇÃO DO ARQUIVO CRIADO EM SKETCHUP PARA O SOFTWARE DA MÁQUINA DE CORTE A LASER.

4: Exportação para o software Laser Draw – Teste de Marcação:

A nível experimental pode-se realizar inicialmente um teste de marcação, como mostra as figura a seguir. O arquivo Foi exportado em formato .DXF para a Máquina de Corte. O teste pode apontar imperfeições ou possíveis falhas no desenho.

The image is a composite of three parts. On the left, a person is seated at a desk, viewed from behind, working on a computer. The middle section shows a screenshot of a software interface with a file explorer window open, displaying a list of files and folders. On the right, two sheets of wood are shown with laser-cut patterns: a wheelchair symbol and a stylized human head profile. The top right corner features the 'tearAD' logo and the number '18'.

TUTORIAL 02: INTEROPERABILIDADE X MATERIALIZAÇÃO: EXPORTAÇÃO DO ARQUIVO CRIADO EM SKETCHUP PARA O SOFTWARE DA MÁQUINA DE CORTE A LASER.

4: Exportação para o software Laser Draw – Teste de Marcação:

A nível experimental pode-se realizar inicialmente um teste de marcação, como mostra as figura a seguir. O arquivo Foi exportado em formato .DXF para a Máquina de Corte. O teste pode apontar imperfeições ou possíveis falhas no desenho.

The image is a composite of three parts. On the left, a person in a blue shirt is seen from behind, working at a laser cutting machine. On the right, two rectangular wooden pieces are shown, each with a white line drawing of a wheelchair symbol cut into it. In the center, a screenshot of the LaserDraw software interface is shown. The interface includes a 3D view of a wheelchair symbol, a list of layers on the left, and various settings and toolbars on the right. The top of the software window shows the file name 'LaserDraw - Page1'. The bottom of the window shows the status bar with 'LaserDraw (v1.0.0.0)' and '© 2010 Redwood Engineering Inc.'

Fonte: Autoria própria.