

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Proposta de método para modelagem de requisitos de clientes  
de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social usando  
BIM**

**Juliana Parise Baldauf**

Porto Alegre  
2013

**JULIANA PARISE BALDAUF**

**Proposta de método para modelagem de requisitos de clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social usando BIM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Porto Alegre  
2013

## CIP - Catalogação na Publicação

Baldauf, Juliana Parise

Proposta para método de modelagem de requisitos de clientes de empreendimentos habitacionais de interesse social usando BIM / Juliana Parise Baldauf. -- 2013.  
180 f.

Orientador: Carlos Torres Formoso.

Coorientador: Luciana Inês Gomes Miron.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Gerenciamento de requisitos. 2. Modelagem de requisitos usando BIM. 3. Habitação de interesse social. I. Formoso, Carlos Torres, orient. II. Miron, Luciana Inês Gomes, coorient. III. Título.

**JULIANA PARISE BALDAUF**

**PROPOSTA PARA MÉTODO DE MODELAGEM DE REQUISITOS  
DE CLIENTES DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS DE  
INTERESSE SOCIAL USANDO BIM**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Área de Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 09 de julho de 2013

Prof. Carlos Torres Formoso

Ph.D. pela University of Salford, Grã Bretanha – Orientador

Profa. Luciana Inês Gomes Miron

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Coorientadora

Prof. Armando Miguel Awruch

Coordenador do PPGEC/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Fernanda Lustosa Leite (Universidade do Texas, Austin)**

PhD pela Carnegie Mellon University, USA

**Profa. Regina Coeli Ruschel (UNICAMP)**

Doutora pela Universidade de Campinas, Brasil

**Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)**

Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Dedico esse trabalho aos meus maiores incentivadores:  
Eduardo, Ermindo, Lourdes, Cassiana e Mateus, pelo  
amor e dedicação inesgotáveis.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Ermindo e Lourdes, por todo amor, dedicação e incentivo para que eu buscasse uma excelente formação acadêmica. Aos meus irmãos, Cassiana e Mateus, pelo carinho e parceria.

Ao amor da minha vida, Eduardo Baldauf, que sempre esteve ao meu lado fornecendo todo amor, atenção e apoio, fundamentais para a concretização desta conquista.

À família Baldauf, João, Nelly, cunhados, concunhados, sobrinhos e aos tios Geraldo e Rhéa, por todo carinho e apoio ao longo de sete anos de convivência.

Ao meu orientador, professor Carlos Torres Formoso, pelas oportunidades proporcionadas, dedicação e, principalmente, por acreditar em mim.

À minha coorientadora, professora Luciana Inês Gomes Miron, pela amizade, acompanhamento e auxílio inestimável durante a realização desta pesquisa.

À professora Patrícia Tzortzopoulos, pelo auxílio e atenção prestados.

À minha querida turma de mestrado, pela união e amizade: Raquel Reck, Josana Wesz, Gabriela Giacobbo, Ana Kamura, Renata Fontaneli, Vivian Ecker, Eugênio Bastos, Anderson Augusto e Thiago Henriques.

Aos inúmeros amigos que fiz no NORIE durante os anos em que fui auxiliar de pesquisa e mestranda: Daniela Dietz, Letícia Berr, Cíntia Bartz, Adriana Santos, Eduardo Isatto, Patrícia Tillmann, Fernanda Chaves, Cecília Rocha, Carol Kehl, Marcelle Bridi, Fabiana Fabro, Amanda Gehrke, Cynthia Hentschke, Cibeli Leão e, especialmente, às amigas, Raquel Reck, Juliana Brito e Lisiane Lima, pelas discussões que muito contribuíram para o resultado final desta dissertação.

À amiga Rosa Vidal, por sua amizade e auxílio nesta pesquisa.

Aos auxiliares de pesquisa: Gabriela Rocha, Rafaela Bortolini e Rodrigo Milani.

À CAPES, CNPq e FINEP, pelo suporte financeiro que possibilitou a minha total dedicação para realização desta pesquisa.

Aos integrantes da Caixa Econômica Federal, pela total colaboração e participação essenciais.

Às empresas construtoras que colaboraram para a realização desta pesquisa.

À empresa NosyKo AS que colaborou para o desenvolvimento desta pesquisa através do suporte técnico e disponibilização do *software* dRofus para uso acadêmico.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

Enfim, agradeço a todos aqueles que, embora não citados, contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desta pesquisa.

Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.

*Leonardo Da Vinci*



## RESUMO

BALDAUF, J. P. **Proposta de método para modelagem de requisitos de clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social usando BIM.** 2013. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2013.

O gerenciamento de requisitos do cliente visa melhorar a geração de valor de empreendimentos da construção. Para isto é necessário um processo sistemático de captura de requisitos e processamento destas informações, tornando-as explícitas para a equipe de desenvolvimento do produto, bem como controlar se estas informações são devidamente equilibradas. Isto é particularmente importante quando os recursos são limitados, como em empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS). Este processo envolve uma grande quantidade de informações qualitativas, e é preciso considerar a diversidade de requisitos que normalmente existem entre os diferentes clientes envolvidos no processo. O principal objetivo desta pesquisa é propor um método para modelar os requisitos do cliente de empreendimentos de habitação de interesse social, com o apoio de *Building Information Modeling* (BIM). Este método foi concebido para apoiar os processos de tomada de decisão durante a fase de projeto, e também a avaliação de projetos que já foram concluídos. A pesquisa foi desenvolvida em três etapas. A primeira teve como objetivo a compreensão do programa habitacional Minha Casa Minha Vida (PMCMV), seleção e treinamento do *software* para modelagem de requisitos, bem como identificação de requisitos do PMCMV e elaboração de uma versão inicial da estrutura de requisitos. Na segunda etapa realizou-se o refinamento da estrutura de requisitos para que a mesma se adaptasse aos empreendimentos habitacionais de interesse social. Com os requisitos estruturados, os mesmo foram armazenados em um *software* BIM de gestão de requisitos e conectados com o modelo do produto EHIS B1. As principais contribuições do estudo referem-se à exploração de diferentes formas de modelagem de requisitos do cliente no contexto da construção civil, estruturação de requisitos genéricos que podem servir de base para o desenvolvimento de novos projetos de habitação de interesse social, identificação dos tipos de requisitos que podem ser verificados automaticamente através do uso do *software* BIM selecionado, e, por fim, a identificação das principais mudanças e benefícios para o gerenciamento de requisitos quando se automatiza as etapas de modelagem dessas informações.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de requisitos dos clientes. Habitação de Interesse Social. Modelagem de requisitos dos clientes. BIM. Geração de valor.

## ABSTRACT

BALDAUF, J. P. **Proposta de método para modelagem de requisitos de clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social usando BIM.** 2013. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2013.

Client requirements management aims to improve value generation of construction projects. This requires a systematic process of capturing requirements, processing this information, and making them explicit to the product development team, as well as controlling whether these are properly balanced. This is particularly important when resources are limited, such as in low-income housing projects. This process involves a large amount of qualitative information, and need to consider the diversity of requirements that usually exist among different stakeholders. This paper aims to propose a method to model client requirements in low-income housing with the support of Building Information Modeling (BIM). This method was devised to support both the decision-making processes during design stages, and also the evaluation of designs that have already been finished. The research was conducted in three stages. The first one aimed to understand the *Programa Minha Casa Minha Vida* [My House My Life Program], selection and training of the requirements modeling software, as well as identification of the PMCMV requirements and elaboration of an initial version of the requirements structure. In the second stage the requirements structure was refined so that it could be adapted to low-income housing projects. Once the requirements were structured, they were stored in a requirements management BIM software, and connected with the product model. The main contributions of this study are concerned with the exploration of different ways of modeling client requirements in the construction context, structuring of generic requirements that can be used as a basis for developing new low-income housing projects, identification of types of requirements that can be verified automatically through the use of a BIM software, and finally understanding main changes and benefits for managing requirements when the modeling process is automated.

**Keywords :** Client requirements management. Low-income housing. Modeling client requirements. BIM. Value generation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de geração de valor e princípios relacionados (KOSKELA, 2000).....	24
Figura 2 - Conceitos relacionados ao valor e valor percebido pelo cliente. ....	26
Figura 3 - Tipos de requisitos definidos por diferentes autores. (a) Requisitos do cliente e (b) Requisitos do terreno, ambientais, regulamentares, requisitos de projeto e de execução. ....	30
Figura 4 - Relação entre requisitos do empreendimento (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).....	32
Figura 5 - Classificação de requisitos não funcionais (baseado em: SOMMERVILLE, 2007). ....	34
Figura 6 - (a) Resultado final afastado do objetivo geral e (b) soluções de projeto ajustadas ao objetivo final (KIVINIEMI, 2005). ....	38
Figura 7 - Fases do processo de desenvolvimento do produto (baseado em: TZORTZOPOULOS, 2004). ....	40
Figura 8 - Etapas do processo de gestão de requisitos relacionadas a diferentes autores. .	40
Figura 9 - Relação das etapas da gestão de requisitos e fases do processo de projeto (PEGORARO, 2010).....	42
Figura 10 - Gestão de requisitos no processo de desenvolvimento de empreendimentos da construção (MIRON, 2002). ....	43
Figura 11 - Modelo conceitual para avaliação de EHIS baseada na hierarquia de valor para o cliente final (BONATTO, 2010).....	46
Figura 12 - Fontes de dados, modelos e ferramentas. ....	49
Figura 13 - Hierarquia dos requisitos do consumidor (KWONG; BAI, 2002).....	53
Figura 14 - Estruturação gráfica dos requisitos ambientais (baseado em: PEGORARO, 2010). ....	56
Figura 15 - Modelo de processamento dos requisitos do cliente (baseado em: KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).....	57
Figura 16 - Contexto de implementação do CRPM (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). ....	58
Figura 17 - Modelo conceitual da conexão entre requisitos e modelo do produto (KIVINIEMI, 2005). ....	60
Figura 18 - Relações diretas e indiretas entre modelo de requisitos e modelo do produto (KIVINIEMI, 2005).....	61
Figura 19 - (a) Hierarquia de requisitos organizada por categorias funcionais e (b) hierarquia de requisitos detalhada por partes do produto (baseado em: KIVINIEMI, 2005). .	63
Figura 20 - Especificação dos requisitos diretamente relacionados ao objeto terreno (baseado em: KIVINIEMI, 2005). ....	64
Figura 21 - Relação entre requisitos de localização e modelo do produto (KIVINIEMI, 2005). ....	65
Figura 22 - Hierarquia de requisitos do <i>EcoProP</i> (baseado em: HUOVILA; PORKKA, 2005). ....	69
Figura 23 - Verificação e visualização do modelo do produto no dRofus (NOSYKO AS, 2013b). ....	71

Figura 24 - Estrutura hierárquica dos requisitos no dRofus (NOSYKO AS, 2013b).....	72
Figura 25 - Delineamento da pesquisa .....	77
Figura 26 - Atividades da pesquisa construtiva (baseado em: KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003) relacionadas às propostas deste trabalho.....	79
Figura 27 - Entrevistas realizadas na etapa 1. ....	80
Figura 28 - Ilustração de fachada e planta do pavimento tipo do empreendimento A1. Fonte: Empresa Alfa. ....	84
Figura 29 - Planta do pavimento tipo do empreendimento B1.....	86
Figura 30 - Entrevistas realizadas na etapa 2. ....	87
Figura 31 - Características gerais dos empreendimentos habitacionais de interesse social. ....	88
Figura 32 - EHIS B1 modelado no software Autodesk Revit .....	89
Figura 33 - Participantes do seminário de apresentação de resultados e pesquisas em desenvolvimento.....	90
Figura 34 - Mapeamento simplificado do processo de desenvolvimento de EHIS para o PMCMV. ....	95
Figura 35 - Análise de arquitetura e engenharia realizada pela CAIXA. ....	97
Figura 36 - Extrato das especificações mínimas (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013c). ....	99
Figura 37 - Estrutura de requisitos 1. ....	100
Figura 38 - Relação entre requisitos do PMCMV com nível 3 da estrutura de requisitos. ...	101
Figura 39 - Estruturação das partes do produto EHIS A1 no dRofus. ....	102
Figura 40 - RDS contendo informações de um espaço do EHIS A1.....	103
Figura 41 - Visualização do modelo do produto (EHIS A1) no <i>dRofus</i> . ....	104
Figura 42 - Comparação entre equipamentos planejados e projetados do EHIS A1. ....	104
Figura 43 - Estrutura de requisitos 2: (a) categorias e subcategorias de requisitos (baseado em: KIVINIEMI, 2005) e (b) categorias e subcategorias com itens relevantes para EHIS.....	107
Figura 44 - Estrutura de requisitos 3: categorias e subcategorias adaptadas aos requisitos mínimos identificados. ....	110
Figura 45 - Estrutura de requisitos de localização dos EHIS.....	111
Figura 46 - Relação entre subcategorias de requisitos e as partes do produto EHIS. ....	111
Figura 47 - Banheiros do EHIS B3: (a) banheiro não adaptado à PNE, (b) banheiro adaptado à PNE. ....	113
Figura 48 - Banheiros do EHIS B1 e EHIS B2: (a) banheiro não adaptado a PNE; e (b) banheiro adaptado a PNE.....	113
Figura 49 - Comparação entre especificações mínimas para as tipologias de apartamento e casas. ....	115
Figura 50 - Inserção dos requisitos no software de gestão de requisitos. ....	116
Figura 51 - Situação da RDS. ....	117
Figura 52 - Filtro para o espaço Dormitório Casal.....	118
Figura 53 - Espaços do EHIS B1 no Autodesk Revit conectados com <i>dRofus</i> . ....	119
Figura 54 - Visualização do modelo do produto EHIS B1 no dRofus.....	119

Figura 55 - RDS contendo requisitos das instalações hidrossanitárias para o espaço área de serviço. ....	120
Figura 56 - Comparação de pontos hidrossanitários e equipamentos. ....	121
Figura 57 - Verificação dos requisitos por meio de ferramentas BIM. ....	122
Figura 58 - Processo de modelagem de requisitos de clientes de EHIS com uso de BIM. .	124
Figura 59 - Etapas e atividades do método para modelagem de requisitos. ....	125
Figura 60 - Ciclo da modelagem de requisitos. ....	129

## LISTA DE SIGLAS

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

BIM – *Building Information Modeling* (modelagem de informação para a construção)

CAIXA – Caixa Econômica Federal

CRPM – *Client Requirements Processing Model* (modelo para o processamento dos requisitos dos clientes)

EHIS – Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social

FAR – Fundo de Arrendamento Residencial

GIDUR – Gerência de Desenvolvimento Urbano

GR – Gestão ou Gerenciamento de Requisitos

HIS – Habitação de Interesse Social

IFC – *Industry Foundation Classes*

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

PDP – Processo de Desenvolvimento do Produto

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

QFD – *Quality Function Deployment* (Desdobramento da função qualidade)

REDUR – Representações de Desenvolvimento Urbano

SPI – *Space Program Instance*

SPT – *Space Program Type*

TFV – Transformação, Fluxo e valor

TI – Tecnologia de Informação

TICHIS – Tecnologia de Informação e Comunicação na Habitação de Interesse Social

TQM – *Total Quality Management*

TTS – Trabalho Técnico Social

UML – *Unified Modeling Language*

WBFS – *Whole Building Functionality and Serviceability*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	CONTEXTO.....	12
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	16
1.3	QUESTÕES DE PESQUISA.....	18
1.4	OBJETIVOS .....	19
1.5	DELIMITAÇÕES.....	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	20
<b>2</b>	<b>A GERAÇÃO DE VALOR E O GERENCIAMENTO DE REQUISITOS DO CLIENTE NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....</b>	<b>22</b>
2.1	GERAÇÃO DE VALOR.....	22
2.2	VALOR E VALOR PERCEBIDO .....	25
2.3	CLIENTE .....	28
2.4	REQUISITOS .....	29
2.5	GESTÃO DE REQUISITOS DO CLIENTE.....	35
2.5.1	ETAPAS E ATIVIDADES DA GESTÃO DE REQUISITOS.....	40
2.6	GERAÇÃO DE VALOR E GERENCIAMENTO DOS REQUISITOS DO CLIENTE NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL.....	43
<b>3</b>	<b>MODELAGEM DE REQUISITOS DO CLIENTE E BIM .....</b>	<b>48</b>
3.1	MODELAGEM DE REQUISITOS DO CLIENTE.....	48
3.1.1	FERRAMENTAS DE APOIO À GESTÃO E MODELAGEM DE REQUISITOS.....	49
3.1.2	<i>QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT</i> (QFD): DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE.....	50
3.1.3	DIAGRAMA EM ÁRVORE .....	53
3.1.4	MODELO DE PROCESSAMENTO DE REQUISITOS DO CLIENTE (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).....	56
3.1.5	MODELO DE REQUISITOS (KIVINIEMI, 2005).....	58
3.1.5.1	REQUISITOS DIRETOS E INDIRETOS.....	59
3.1.5.2	REQUISITOS PARA ESPAÇOS .....	59
3.1.5.3	HIERARQUIA DE REQUISITOS.....	60

3.1.5.4	MODELO DE REQUISITOS.....	64
3.2	USO DE BIM PARA A MODELAGEM DE REQUISITOS.....	66
3.2.1	<i>ECOPROP</i> .....	68
3.2.2	<i>DROFUS</i> .....	70
3.2.3	<i>SOLIBRI MODEL CHECKER</i> .....	73
<b>4</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>75</b>
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	75
4.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	77
4.3	ETAPA 1: COMPREENSÃO.....	79
4.3.1	COMPREENSÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE EHS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA.....	80
4.3.2	IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS.....	81
4.3.3	DESENVOLVIMENTO DA VERSÃO INICIAL DA ESTRUTURA DE REQUISITOS....	81
4.3.4	SELEÇÃO DOS <i>SOFTWARE</i> .....	81
4.3.5	TREINAMENTO DA PESQUISADORA E AUXILIAR DE PESQUISA.....	83
4.3.6	DESCRIÇÃO DA EMPRESA ALFA.....	83
4.3.7	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO A1.....	83
4.3.8	MODELAGEM DO EHS A1.....	84
4.3.9	COMPREENSÃO DO <i>SOFTWARE DROFUS</i> .....	84
4.4	ETAPA 2: DESENVOLVIMENTO.....	85
4.4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA BETA.....	85
4.4.2	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO B1.....	85
4.4.3	REVISÃO DA ESTRUTURA DE REQUISITOS.....	86
4.4.4	COMPARAÇÃO ENTRE EMPREENDIMENTOS.....	87
4.4.5	DESCRIÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS B2, B3, B4 E B5.....	87
4.4.6	ATUALIZAÇÃO DOS REQUISITOS NO <i>SOFTWARE DROFUS</i> .....	88
4.4.7	MODELAGEM DO EHS B1.....	88
4.4.8	CONEXÃO ENTRE ESPAÇOS CRIADOS NO <i>DROFUS</i> E ESPAÇOS DO MODELO DO EHS B1.....	89



4.4.9 VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS.....	89
4.5 ETAPA 3: CONSOLIDAÇÃO .....	89
4.5.1 AVALIAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DO ESTUDO.....	91
<b>5 RESULTADOS DA PESQUISA.....</b>	<b>92</b>
5.1 RESULTADOS DA ETAPA 1 .....	92
5.1.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE EHS NO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA.....	92
5.1.2 IDENTIFICAÇÃO DAS DIFICULDADES NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE EMPREENDIMENTOS DO PMCMV .....	96
5.1.3 IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS .....	98
5.1.4 ESTRUTURAÇÃO DOS REQUISITOS.....	99
5.1.5 DESCRIÇÃO DO <i>SOFTWARE DROFUS</i> .....	101
5.2 RESULTADOS DA ETAPA 2.....	105
5.2.1 REVISÃO DA ESTRUTURA DE REQUISITOS .....	105
5.2.1.1 ESTRUTURA ADAPTADA AOS REQUISITOS MÍNIMOS IDENTIFICADOS .....	109
5.2.1.2 COMPARAÇÃO ENTRE EMPREENDIMENTOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL .....	112
5.2.2 UTILIZAÇÃO DO <i>SOFTWARE DROFUS</i> .....	116
5.2.2.1 ARMAZENAMENTO DOS REQUISITOS NO <i>SOFTWARE DROFUS</i> .....	116
5.2.2.2 MODELAGEM DO PRODUTO EHS B1 E CONEXÃO COM OS ESPAÇOS CRIADOS NO <i>DROFUS</i> .....	118
5.2.2.3 VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS .....	120
5.2.2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE <i>SOFTWARE BIM</i> .....	123
5.3 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	124
5.3.1 MÉTODO PARA MODELAGEM DE REQUISITOS DE EHS.....	125
5.3.1.1 IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS.....	126
5.3.1.2 PROCESSAMENTO DE REQUISITOS.....	127
5.3.1.3 DISPONIBILIZAÇÃO E CONTROLE DE ALTERAÇÕES DE REQUISITOS.....	128
5.3.1.4 VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS .....	128
5.3.1.5 RELAÇÃO ENTRE MÉTODO PROPOSTO E O PROCESSO DE PROJETO.....	129

5.3.2 AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO .....	129
5.3.2.1 UTILIDADE DO MÉTODO .....	130
5.3.2.2 APLICABILIDADE DO MÉTODO .....	131
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>133</b>
6.1 CONCLUSÕES .....	133
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	136
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>137</b>
APÊNDICE A.....	147
FONTES DE DADOS, MODELOS E FERRAMENTAS QUE AUXILIAM NAS ETAPAS DA GESTÃO DE REQUISITOS.....	147
APÊNDICE B.....	151
ESTRUTURA DE REQUISITOS RELACIONADA ÀS PARTES DO PRODUTO EHis.....	151
APÊNDICE C.....	164
RELAÇÃO ENTRE REQUISITOS E AS PARTES DO PRODUTO EHis.....	164
APÊNDICE D.....	168
VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS COM A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM.....	168



# 1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo busca apresentar o escopo desta dissertação. São apresentados o contexto no qual a pesquisa está inserida, o problema, as questões e objetivos propostos, bem como a estrutura e as delimitações deste trabalho.

## 1.1 CONTEXTO

Historicamente, a falta de alternativas habitacionais, gerada por fatores como o intenso processo de urbanização, baixa renda das famílias, apropriação especulativa de terra urbanizada e inadequação das políticas de habitação, tem levado um contingente significativo da população a viver em assentamentos precários. O déficit<sup>1</sup> habitacional acumulado ao longo de décadas e a demanda habitacional futura representam um desafio de novos atendimentos habitacionais no Brasil. Os últimos dados sobre o déficit habitacional, estimado em 2008 pela Fundação João Pinheiro, eram de 5,546 milhões de domicílios, dos quais 4,629 milhões, ou 83,5%, localizados nas áreas urbanas (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011a). Conforme estes dados, a concentração do déficit habitacional encontra-se na faixa de renda entre zero e três salários mínimos, representando 89,6% (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011a). Visando à redução do déficit habitacional, o governo brasileiro tem empreendido esforços como o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Criado em 2009, a meta inicial do PMCMV, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2011), foi a construção de um milhão de moradias para famílias com renda de até 10 salários mínimos, em parceria com estados, municípios e iniciativa privada. O programa, que é gerenciado pelo Ministério das Cidades e operado pela Caixa Econômica Federal<sup>2</sup>, encontra-se na segunda fase que estabelece a produção de mais dois milhões de moradias até 2014 e prioriza o atendimento das necessidades habitacionais de famílias com renda familiar mensal de até R\$ 1.600,00 (faixa 1).

O PMCMV consiste em aquisição de terreno e construção ou requalificação de imóveis contratados como empreendimentos habitacionais em regime de condomínio ou loteamento. Esses empreendimentos podem ser constituídos de apartamentos ou casas que depois de concluídos são alienados às famílias pertencentes à faixa 1 (MINISTÉRIO DAS CIDADES,

---

<sup>1</sup> Déficit habitacional é o indicador que analisa o total de famílias em condições de moradia consideradas inadequadas, tais como favelas, coabitação familiar (casos em que mais de uma família mora na mesma casa), adensamento excessivo (quando mais de três pessoas dividem o mesmo quarto ou o ônus excessivo de aluguel), ou quando uma família compromete mais de 30% de sua renda com aluguel (<http://www.fjp.gov.br>).

<sup>2</sup> A Caixa Econômica Federal, definida nesta pesquisa como cliente operador, é a instituição financeira responsável pela definição dos critérios e expedição dos atos necessários à operacionalização do Programa, bem como pela definição dos critérios técnicos.

2011b). Nesse caso, os recursos financeiros provem do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) em parceria com o Poder Público (Estados e Municípios). A execução das obras dos empreendimentos é realizada por construtora contratada pela CAIXA, que se responsabiliza pela entrega dos imóveis concluídos e legalizados. Os imóveis contratados são de propriedade exclusiva do FAR e integram seu patrimônio até que sejam alienados (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013a). O programa também oferece financiamento às empresas da construção civil do mercado imobiliário para a produção de habitação popular visando ao atendimento de famílias com renda de até R\$ 5.000,00, priorizando a faixa de R\$ 1.600,00 a R\$ 3.100,00 (faixa 2) (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013a). As famílias com renda de até R\$ 3.100,00 serão beneficiadas com subsídio nos financiamentos com recursos do FGTS. Aquelas com renda até R\$ 5.000,00 (faixa 3) terão acesso ao Fundo Garantidor da Habitação (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013a). O PMCMV fundamenta-se na ideia de que a ampliação do acesso ao financiamento de moradias e de infraestrutura proporciona mais emprego e oportunidades de negócio, além de garantir e ampliar o acesso à moradia ao conjunto da população brasileira especialmente situada na faixa de baixa renda (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2010).

Além da necessidade de reduzir o déficit habitacional no país através da produção em larga escala, é importante agregar valor ao ambiente construído através da melhoria da qualidade do projeto para que efetivamente sejam proporcionados benefícios aos usuários de empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS). As soluções adotadas na fase de projeto geram amplas repercussões em todo o processo da construção assim como na qualidade do produto final a ser entregue ao cliente (SOUZA; ABIKO, 1997).

Segundo Kamara, Anumba e Evbuomwan (1999), um dos grandes desafios para a melhoria da qualidade das soluções de projeto é a consideração de uma grande quantidade de informações sobre requisitos dos clientes na tomada de decisão, em função de diversos fatores, tais como: (a) complexidade e natureza predominantemente qualitativa das informações envolvidas; (b) grande número de envolvidos na elaboração de projetos, os quais devem trabalhar de forma simultânea; (c) existência de conflitos de interesse entre os diferentes clientes dos empreendimentos, tais como agente financeiro, promotor, usuários, poder público, entre outros; (d) dificuldade de explicitação dos requisitos por parte dos clientes envolvidos (KIVINIEMI; FISCHER, 2004). Além desses, o processo de desenvolvimento de empreendimentos habitacionais de interesse social envolve outros fatores, como: (a) pressão para redução de prazos e custo dos EHIS; (b) grande diversidade de requisitos entre os usuários finais (LEITE, 2005; TILLMANN, 2008); (c) pequena

participação dos usuários finais, uma vez que os mesmos são conhecidos tardiamente (LEITE, 2005; GRANJA *et al.*, 2011).

Além dos fatores mencionados, o não atendimento aos requisitos do cliente pode ser atribuído às inadequações do processo de desenvolvimento de empreendimentos de construção, principalmente nas suas fases iniciais: (a) a falta de um método estruturado e sistemático para identificar, esclarecer, definir e comunicar os requisitos dos clientes à equipe de projeto (YU *et al.*, 2005; KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001); (b) inadequado foco no cliente e tempo insuficiente para o desenvolvimento do programa de necessidades (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001; BARRETT; STANLEY, 1999; SHEN; CHUNG, 2006); (c) pouco uso de tecnologia de informação (KAMARA; ANUMBA, 2001); (d) uso de soluções de projeto para esclarecer as necessidades dos clientes (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002); (e) falta de metodologias estruturadas para analisar e priorizar os requisitos dos clientes (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001); e (f) pouca rastreabilidade dos requisitos do cliente ao longo do ciclo de vida do empreendimento (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001).

Dessa forma, o gerenciamento de requisitos dos clientes adquire importância para lidar com os conflitos de requisitos, as pressões para redução de prazos e o gerenciamento de *trade-offs*<sup>3</sup>. Jiao e Chen (2006) afirmam que o gerenciamento dos requisitos dos clientes tem se tornado um dos principais fatores para desenvolvimento de produtos de sucesso no mercado. Segundo os mesmos autores, a compreensão deficiente dos requisitos do cliente e suposições imprecisas feitas durante o levantamento e análise de informações dos requisitos tem implicações negativas no projeto e fabricação do produto, em termos de qualidade, tempo e custo.

O gerenciamento de requisitos do cliente consiste na identificação, análise, priorização e disponibilização de informações sobre as necessidades e preferências do cliente (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 1999). Os requisitos incluem desejos coletivos, perspectivas e expectativas dos vários clientes, constituindo, assim, em uma importante fonte de informação para o desenvolvimento de empreendimentos de construção (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2000). Assim, tornando esses requisitos explicitamente disponíveis e mantendo o controle da evolução dessas informações é possível apoiar o processo de tomada de decisão bem como verificar se esses requisitos foram devidamente atendidos na solução de projeto (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). A gestão de requisitos dos clientes para esta pesquisa contempla, além da identificação e

---

<sup>3</sup> *Trade-offs* são escolhas realizadas durante a tomada de decisão. A partir desse tipo de escolha, geralmente se perde uma qualidade ou aspecto de algo, mas se ganha em troca outra qualidade ou aspecto.

processamento dos requisitos (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; JIAO; CHEN, 2006; MIRON, 2002; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993; PEGORARO, 2010), a disponibilização (MIRON, 2002), controle (MIRON, 2002; KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993) e verificação dos requisitos dos clientes ao longo do PDP (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993; PEGORARO, 2010), e, nesta pesquisa, é percebida como um dos meios para gerar valor para o cliente de empreendimentos habitacionais de interesse social.

Devido à grande quantidade de informações qualitativas envolvidas nos requisitos do cliente, Kiviniemi (2005) sugere que é necessário desenvolver métodos de gestão<sup>4</sup> de requisitos que se apoiem em ferramentas de tecnologia de informação (TI) para permitir certo grau de automação para este processo. De fato, Kamara e Anumba (2001) sugerem que a TI pode auxiliar a criação, comunicação, documentação e gestão das informações, possibilitando melhores definições das soluções de projeto e, em última instância, uma maior agregação de valor ao produto final edifício (MIRON, 2002). No entanto, o uso de TI para gestão de requisitos aponta desafios importantes, como a dificuldade de capturar os requisitos implícitos e explícitos, manter essas informações atualizadas e armazenar diferentes requisitos das distintas partes interessadas ao longo do processo de desenvolvimento de produto (LEINONEN; HUOVILA, 2001).

O uso de *Building Information Modelling*<sup>5</sup> (BIM) parece ser uma alternativa interessante para apoiar o gerenciamento de requisitos de clientes, uma vez que é capaz de conectar diferentes tipos de informação com os modelos do produto (KOPPINEN *et al.*, 2008). BIM pode ser compreendido como um modelo integrado, em que todo o processo e informações sobre o produto são combinados, armazenados, elaborados e distribuídos de forma interativa para todos os clientes envolvidos no processo de desenvolvimento da construção (SEBASTIAN, 2011). BIM, entre outras coisas, tem como objetivo agilizar os processos, apresentar informações da construção de uma forma acessível e comum (HOOPER; EKHOLM, 2010) sem a necessidade de um ambiente baseado em documentos (KIVINIEMI, 2005). Além disso, permite reduzir a possibilidade de falta ou confronto de informações (HOOPER; EKHOLM, 2010; EASTMAN *et al.*, 2008), assegurar coordenação otimizada do empreendimento (HOOPER; EKHOLM, 2010) e facilitar o trabalho simultâneo e cooperação dos vários profissionais envolvidos na concepção e produção do projeto (EASTMAN *et al.*, 2008; SCHLUETER; THESSELING, 2009).

---

<sup>4</sup> As palavras Gestão e Gerenciamento de requisitos possuem o mesmo significado no presente trabalho.

<sup>5</sup> BIM pode ser traduzido como modelagem de Informações para a Construção.

Assim, dentre as principais vantagens do BIM é a sua capacidade para apoiar a análise e avaliação do projeto de construção (KHEMLANI, 2005), facilitando, inclusive, diversas simulações mesmo em fases iniciais do projeto (EASTMAN *et al.*, 2008). Com o BIM, tais simulações podem ser fornecidas através de interfaces automatizadas, mais rápidas e confiáveis (EASTMAN *et al.*, 2008; DING *et al.*, 2006; HAN; KUNZ; LAW, 1997). É possível, por exemplo, utilizar um modelo desenvolvido na fase de concepção de projeto para estimar a validação espacial, verificar segurança e circulação, simulação do consumo de energia e estimar custo na fase inicial de desenvolvimento de projeto (EASTMAN, 2009).

Cabe considerar que a presente pesquisa faz parte do projeto “Tecnologia de Informação e Comunicação aplicadas à construção de Habitação de Interesse Social (TICHIS)”<sup>6</sup>. O objetivo geral do projeto é o desenvolvimento de soluções inovadoras em tecnologia da informação e comunicação aplicadas à construção e arquitetura, visando à melhoria da qualidade e produtividade do segmento da habitação de interesse social, com destaque para: BIM e outras soluções para suporte à gestão de empreendimentos habitacionais; simulação de desempenho; e operação de edificações. Esta pesquisa está inserida no subprojeto Tecnologia de Informação e Comunicação na etapa de uso, cujo objetivo é a proposição de modelos de retroalimentação das informações nesta etapa para a melhoria da qualidade da HIS. Dentre os resultados esperados está a modelagem de requisitos dos clientes de HIS, visando à sua representação através de BIM e outras tecnologias.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

No início do processo de desenvolvimento do produto, é estabelecida a necessidade de satisfazer os requisitos dos proprietários e usuários finais bem como são determinados os objetivos e os requisitos do empreendimento gerando os dados iniciais para o processo de projeto (KOPPINEN *et al.*, 2008). Na fase de projeto, segundo Koskela (2000), os requisitos do cliente são traduzidos em uma solução e na produção essa solução é realizada ou executada. Durante o processo de projeto os principais atributos de valor percebidos pelo cliente são determinados, especialmente os relacionados à funcionalidade ou adequação do espaço às atividades programadas para os ambientes (KOSKELA, 2000). Contudo, alguns autores apontam os problemas que ocorrem, especialmente na etapa de projeto, relacionados à geração de valor e discutem suas consequências para o projeto e para o produto final (LEINONEN; HUOVILA, 2000a). No contexto de EHIS esses problemas estão

---

<sup>6</sup> O projeto TICHIS, financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), iniciou em 2010 e envolve a participação de sete instituições brasileiras: Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Universidade Federal do Ceará (UFC).



relacionados, em grande parte, ao processo de análise de projetos, realizado pelo agente operador (CAIXA). Esse processo envolve diversas dificuldades como, por exemplo, a incompatibilidade de documentos e a falta de padronização nos critérios de avaliação. Além disso, segundo Kiviniemi e Fischer (2004), as alterações realizadas no projeto nem sempre acompanham a evolução dos requisitos, já que esses também podem sofrer alterações ao longo do processo de projeto, e essas mudanças muitas vezes não são bem documentadas (KIVINIEMI; FISCHER, 2004). Isso acontece porque as ferramentas de projeto não suportam tal documentação, e o processo de projeto inclui muitos *trade-offs* entre diferentes requisitos (KIVINIEMI, 2005). Assim, os projetistas que realizam as alterações nos projetos nem sempre possuem o conhecimento das necessidades e requisitos dos clientes, e com isso, a solução desenvolvida no projeto pode se distanciar do objetivo original (KIVINIEMI; FISCHER, 2004). Portanto, Kiviniemi (2005) sugere que as mudanças realizadas no projeto devem ser baseadas em decisões conscientes para adequar as soluções de projeto ao objetivo original e registrar as atualizações de evolução dos requisitos (KIVINIEMI, 2005; KOPPINEN; KIVINIEMI, 2007) para que, durante todo o processo, os resultados do projeto possam ser comparados com os requisitos, a fim de definir o grau de cumprimento dos mesmos (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; KOPPINEN *et al.*, 2008; KOPPINEN; KIVINIEMI, 2007).

Kiviniemi (2005) identificou a necessidade de gerenciar as informações relativas a requisitos durante o processo de projeto e para isso sugere relacionar modelos do produto edificação, representados em *software* de projeto, com a documentação de requisitos estruturados. Essa representação dos requisitos através da conexão entre requisitos estruturados e o modelo do produto com uso de BIM é considerada, nesta pesquisa, como a modelagem dos requisitos dos clientes. A modelagem de requisitos dos clientes possibilita melhorar a visualização, a disponibilização, controle e verificação dos requisitos com as soluções de projeto adotadas e com isso auxiliar a tomada de decisão dos diferentes clientes envolvidos no processo de desenvolvimento do produto. Algumas abordagens para modelar requisitos são sugeridas na literatura, as quais foram utilizadas como ponto de partida para esta pesquisa: (a) desdobramento da função qualidade (QFD<sup>7</sup>); (b) diagrama em árvore; (c) o modelo de processamento de requisitos do cliente (CRPM<sup>8</sup>), proposto por Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002); (d) e modelo de requisitos, proposto por Kiviniemi (2005). Todas possuem em comum o foco na estruturação dos requisitos, percebida como importante na modelagem de requisitos. A estruturação e decomposição de requisitos em uma hierarquia, que inicia em um nível mais geral e se desdobra em níveis mais detalhados, pode facilitar

---

<sup>7</sup> *Quality Function Deployment*.

<sup>8</sup> CRPM ou *Client requirements processing model* é um modelo para o processamento dos requisitos dos clientes (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).

uma maior compreensão e acompanhamento das informações (KOTT; PEASANT, 1995; ULRICH; EPPINGER, 2008). Assim, parte-se do pressuposto de que com a melhoria na gestão dos requisitos dos clientes por meio da modelagem dessas informações, pode facilitar no desenvolvimento de melhores definições das soluções de projeto, análise e aprovação das propostas de projeto, além de aumentar o valor do produto EHIS através do atendimento das necessidades e expectativas do cliente final.

O presente trabalho também explora o potencial da tecnologia BIM para a modelagem de requisitos de clientes de EHIS, em contraste com outros estudos que tem como foco obras emblemáticas ou de grande complexidade, tais como museus, edifícios de alta tecnologia, ou prédios industriais. A modelagem de informações para a construção pode ser considerada como um dos esforços mais notáveis nos últimos anos em relação à gestão da informação na indústria da construção (EASTMAN *et al.*, 2008). As tecnologias atuais, relacionadas ao BIM, permitem o uso de análises mais complexas e automatizadas para suportar com mais informações a tomada de decisão (KOPPINEN *et al.*, 2008). No entanto, tem havido poucas aplicações de BIM na modelagem de requisitos de cliente, especialmente nos estágios iniciais do projeto (KOPPINEN *et al.*, 2008).

Neste sentido, a modelagem de requisitos com apoio de BIM é importante no contexto de habitação de interesse social por possibilitar, dentre outros: (a) a organização de grande quantidade de informações qualitativas e da diversidade de requisitos que normalmente existem entre os diferentes clientes envolvidos; (b) a visualização e disponibilização dessas informações para os proponentes; (c) o controle dos requisitos ao longo do processo de desenvolvimento de EHIS; (d) padronização de alguns critérios na avaliação de projetos. Assim, o uso de ferramenta BIM pode facilitar o acesso a informações sobre requisitos, por auxiliar na organização ou estruturação da grande quantidade de informações, além de possibilitar a conexão entre requisitos e o modelo do produto, facilitando a visualização, disponibilização e controle se essas informações estão devidamente equilibradas.

### 1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Conforme o problema de pesquisa discutido no item anterior, foi definida a seguinte questão principal:

“Como realizar a modelagem de requisitos com apoio de tecnologias BIM de forma a auxiliar na fase de desenvolvimento de projetos de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social?”

Esta questão foi desdobrada na seguinte questão secundária:

- a) Como os modelos e estruturas de requisitos existentes podem ser adaptados para facilitar a disponibilização das informações sobre os requisitos aos clientes envolvidos no processo de projeto de EHIS?
- b) Quais os benefícios e desafios para o gerenciamento de requisitos ao utilizar ferramentas BIM para a modelagem de requisitos?

## 1.4 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é propor um método para auxiliar a gestão de requisitos durante a fase de desenvolvimento de projeto de EHIS a partir da modelagem de requisitos com apoio de BIM. Pretende-se com a modelagem de requisitos de clientes de EHIS apoiar a tomada de decisão no processo de desenvolvimento de produto para os profissionais envolvidos tanto no processo de projeto quanto na etapa de análise de propostas de projetos, a partir da perspectiva do agente operador.

A partir do objetivo principal, foram propostos objetivos específicos para esta pesquisa:

- a) propor uma estrutura de requisitos dos clientes adaptada ao contexto de EHIS que facilite a disponibilização de requisitos aos clientes envolvidos no processo de projeto desses empreendimentos;
- b) identificar os tipos de requisitos que podem ser verificados automaticamente através do uso de *software* BIM; e
- c) identificar as mudanças e benefícios para o gerenciamento de requisitos que ocorrem ao se usar BIM na modelagem dessas informações no contexto de EHIS.

## 1.5 DELIMITAÇÕES

Existem algumas delimitações que devem ser consideradas nesta pesquisa:

- a) para o desenvolvimento desta pesquisa foi considerado o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), o qual é operado pela CAIXA e gerido pelo Ministério das Cidades. Esse programa habitacional possui grande importância no contexto atual, pois entre os anos de 2009 a 2014 estimulou a produção em grande escala de habitações sociais;

- b) as informações sobre os requisitos dos clientes foram extraídas das especificações mínimas estabelecidas pelo PMCMV, especificações determinadas pelo agente operador e requisitos coletados por meio de entrevistas com agentes executores do empreendimento analisado, bem como memoriais descritivos e códigos de edificações relacionados a esses empreendimentos de habitação de interesse social. Dessa forma, não foram coletados requisitos diretamente dos demais clientes envolvidos, tais como, fabricantes, fornecedores e clientes finais; e
- c) não foi possível implementar a solução proposta em casos reais, devido ao longo tempo que seria despendido para a realização do treinamento e aplicação das ferramentas BIM por parte dos agentes envolvidos.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa dissertação está estruturada em seis capítulos. O presente capítulo analisou o contexto no qual foi originado o problema de pesquisa, identificando as principais lacunas de conhecimento. A partir desta discussão, foram apresentadas as questões de pesquisa decorrentes, bem como os objetivos a serem alcançados e as delimitações deste estudo.

O capítulo dois apresenta uma revisão bibliográfica sobre geração de valor e a gestão de requisitos (GR) do cliente no processo de desenvolvimento do produto (PDP) e, em especial, do produto habitação de interesse social (HIS), utilizando referenciais da área de gerenciamento da construção, engenharia de produção, engenharia de *software* e referências da área de marketing. Nesse capítulo, primeiramente, são abordados conceitos de valor e valor percebido, bem como o ciclo de geração de valor e sua relação com o gerenciamento dos requisitos do cliente. Em seguida, o conceito de clientes, conceito e tipos de requisitos são abordados, além das etapas e atividades da gestão de requisitos, sendo contemplada a gestão de requisitos durante o processo de desenvolvimento do produto. Por fim, o capítulo dois aborda a geração de valor e gestão de requisitos na habitação de interesse social e a composição desse produto.

O capítulo três apresenta uma revisão bibliográfica acerca de estudos relacionados à modelagem de requisitos na área da construção civil destacando a estruturação de requisitos, a qual é identificada como uma etapa fundamental para a modelagem de requisitos. Além disso, é apresentado o potencial de ferramentas para a gestão e modelagem de requisitos.

O capítulo quatro apresenta o método de pesquisa. Este capítulo inicia com a descrição da estratégia de pesquisa escolhida e, em seguida, é apresentado o delineamento do processo de pesquisa, sendo detalhadas e descritas as etapas realizadas com base na pesquisa construtiva.

O capítulo cinco apresenta os resultados obtidos ao longo das etapas desenvolvidas nesta pesquisa. Os resultados da primeira etapa da pesquisa são referentes à compreensão do processo de desenvolvimento do programa Minha Casa Minha Vida com enfoque no processo de análise de arquitetura e engenharia, compreensão da ferramenta de gestão de requisitos selecionada e identificação e estruturação inicial dos requisitos. Os resultados da segunda etapa são relativos ao refinamento e adaptação da estrutura de requisitos ao contexto de EHIS e a utilização da ferramenta BIM. Já na última etapa é proposto o método para modelagem de requisitos de clientes de EHIS com uso de BIM e são avaliadas as contribuições práticas e teóricas do estudo.

Por fim, o último capítulo apresenta conclusões e recomendações para futuras pesquisas. Nesse capítulo são sintetizadas as principais contribuições desta pesquisa.

## 2 A GERAÇÃO DE VALOR E O GERENCIAMENTO DE REQUISITOS DO CLIENTE NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Este capítulo aborda a geração de valor e a gestão de requisitos (GR) do cliente no processo de desenvolvimento do produto (PDP) e, em especial, em empreendimentos de habitação de interesse social (HIS). Os conceitos de valor e valor percebido são abordados, bem como o ciclo de geração de valor e sua relação com o gerenciamento dos requisitos do cliente. A partir disso, são analisados o conceito de clientes, conceito e tipos de requisitos, além das etapas e atividades da gestão de requisitos, sendo contemplada a gestão de requisitos durante o processo de desenvolvimento do produto. Posteriormente foram consideradas a geração de valor e gestão de requisitos na habitação de interesse social e a composição desse produto.

### 2.1 GERAÇÃO DE VALOR

Diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando melhorar a qualidade do ambiente construído com foco na geração de valor. Na investigação realizada por Salvatierra-Garrido, Pasquire e Miron (2012), durante os últimos 20 anos de publicações na conferência anual do IGLC (*International Group for Lean Construction*), os autores identificaram diversos artigos contendo a abordagem de valor no ambiente construído. Dos 52 documentos analisados em profundidade, 17 contribuem para o melhor entendimento do conceito de valor nos estágios iniciais de desenvolvimento do produto (SALVATIERRA-GARRIDO; PASQUIRE; MIRON, 2012). Várias dessas pesquisas (BOLVIKEN, 2006; HOWELL; KOSKELA, 2000; LAWLOR-WRIGHT *et al.*, 2008; MIRON; FORMOSO, 2003; SFANDYARIFARD; TZORTZOPOULOS, 2011; TZORTZOPOULOS; BETTS; COOPER, 2002; TZORTZOPOULOS *et al.*, 2005; WHELTON; BALLARD, 2003) tem fundamentação na teoria TFV (Transformação, Fluxo e Valor) de Koskela (2000).

A geração de valor no projeto, segundo Koskela (2000), é muito complexa e, por natureza, diferente em comparação com a produção. Na fase de projeto os requisitos do cliente são traduzidos em uma solução e na produção essa solução é realizada ou executada. Durante o processo de projeto os principais atributos de valor percebidos pelo cliente são determinados, especialmente os relacionados à funcionalidade ou adequação do espaço às atividades programadas para os ambientes (KOSKELA, 2000). Na produção, a contribuição para a geração de valor, em geral, se restringe a produzir os produtos de acordo com as especificações de projeto (KOSKELA, 2000).

Com base na teoria TFV é importante compreender o processo de projeto a partir dos conceitos transformação, fluxo e valor (KOSKELA, 2000). De forma semelhante à situação na produção, o conceito T não é suficiente para a compreensão ou melhoria dos processos de projeto, pois o processo de transformação dos requisitos em especificações de projeto possui atividades que não contribuem para a transformação, como, inspeção, armazenamento e comunicação da informação (KOSKELA, 2000). De fato, apenas a transformação pode ser parte de um projeto adequado, outras atividades não são basicamente necessárias e por isso devem ser eliminadas em vez de torná-las mais eficientes (KOSKELA, 2000). Dessa forma, na visão do projeto como fluxo, Koskela (2000) enfatiza que a melhoria está focada na redução de perdas, que ocorrem principalmente em função do retrabalho, e na possibilidade de redução de tempo de projeto.

A geração de valor, por sua vez, é considerada um processo em que o valor para o cliente é gerado através do atendimento de seus requisitos (KOSKELA, 2000). Esse processo de geração de valor consiste de três fases, descritas por Leinonen e Huovila (2000a) como: (a) identificar desejos, necessidades e expectativas dos clientes; (b) criar soluções que atendam esses requisitos; e (c) realizar a verificação, ao longo do processo de projeto e de produção, para que as necessidades dos clientes possam ser desdobradas em um produto final adequado a essas necessidades.

Koskela (2000), por sua vez, relaciona a geração de valor com um ciclo de atendimento aos requisitos, no qual os requisitos são capturados e convertidos, por meio de uma ou várias etapas, em um produto ou serviço fornecido ao cliente. Koskela (2000) faz um desdobramento desse ciclo na relação cliente-fornecedor, apresentando cinco princípios relacionados com a geração de valor Figura 1: (1) capturar sistematicamente os requisitos; (2) transformar os requisitos em especificações do produto; (3) assegurar que os requisitos foram considerados em todas as dimensões do produto (incluindo serviços agregados e entrega); (4) assegurar a capacidade do sistema de produção em produzir esses produtos com valor agregado; (5) assegurar por meio de medições que o valor foi gerado para os clientes.

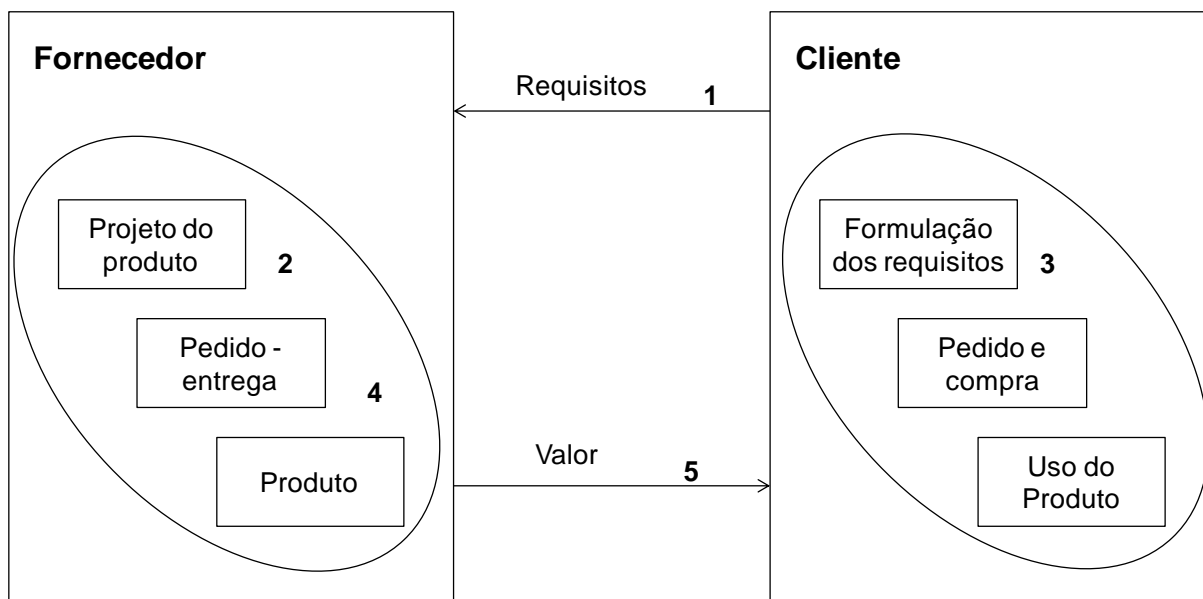


Figura 1 - Ciclo de geração de valor e princípios relacionados (KOSKELA, 2000).

O ciclo de geração de valor e princípios relacionados (KOSKELA, 2000), portanto, expõe a necessidade de gerenciamento de requisitos ao longo do processo de desenvolvimento de um produto ou empreendimento. Dentre os 17 artigos, previamente mencionados, foram identificadas pesquisas que abordam o gerenciamento de requisitos dos clientes como um meio para gerar valor ao cliente. O estudo de Miron e Formoso (2003) introduz o gerenciamento sistemático de requisitos do cliente no desenvolvimento de produtos, bem como a aplicação de instrumentos de captura de dados e de apoio à tomada de decisão. O tratamento adequado dos requisitos dos clientes pode ser realizado por meio da utilização de uma abordagem integrada de projeto (FORGUES; KOSKELA; LEJEUNE, 2008), treinamento para realização de trabalho colaborativo entre os diversos clientes envolvidos e visualização do processo como um todo (LEITE; MIRON; FORMOSO, 2005). Adicionalmente, a participação do cliente no processo de desenvolvimento do produto permite que os requisitos não sejam perdidos quando progressivamente transformados em soluções de projeto (SFANDYARIFARD; TZORTZOPOULOS, 2011), além de facilitar a captura dos requisitos desses clientes (LEITE; MIRON; FORMOSO, 2005).

Diversas pesquisas na área de gestão de requisitos buscam fundamentação teórica na área de marketing, principalmente no que se refere à mensuração de constructos relacionados à geração de valor, tais como: satisfação, valor percebido e benefícios. A seguir, são apresentados alguns conceitos relevantes, com destaque para valor, valor percebido, cliente e requisitos.



## 2.2 VALOR E VALOR PERCEBIDO

A consideração de conceitos de valor e valor percebido pelo cliente é de extrema importância no contexto de empreendimentos habitacionais de interesse social à medida que permite um entendimento maior sobre os benefícios e sacrifícios gerados para o cliente final desses empreendimentos. Compreender o valor do produto a partir da percepção dos clientes possibilita o desenvolvimento de soluções de projeto mais adequadas e com isso torna possível gerar mais valor aos clientes de EHIS.

A partir da análise de pesquisas que abordam a geração de valor para clientes de habitações de interesse social (SANTOS; KISTMANN; FISCHER, 2004; LEITE, 2005; LIMA, 2007; MIRON, 2008; BONATTO, 2010; GRANJA *et al.*, 2009) foram identificados autores que definem os conceitos de valor e valor percebido pelo cliente. Estes conceitos, em sua maioria provenientes da área de marketing, representam a fundamentação teórica que direcionou a abordagem de gerenciamento de requisitos do cliente em EHIS na presente pesquisa. A Figura 2 apresenta diversos conceitos de valor e valor percebido propostos na bibliografia e os mencionados trabalhos sobre EHIS que os utilizaram.

Valor pode ser entendido como uma avaliação global do cliente sobre a utilidade de um produto baseada na percepção do que é recebido e do que é entregue (ZEITHAML, 1988). Segundo De Marle (1992), o valor pode ser definido como uma força que motiva ações humanas, sendo essa uma força invisível que interliga o indivíduo com seus objetos de desejo. Quando a atração é grande, gasta-se energia para adquirir, possuir, usar e trocar objetos gratificantes (DE MARLE, 1992). Dessa forma, o valor não é intrínseco aos produtos ou serviços fornecidos, sendo uma consequência do uso, do atendimento, ou não, dos objetivos do cliente (WOODRUFF; GARDIAL, 1996).

A percepção de valor dos consumidores representa a razão entre benefícios recebidos e sacrifícios percebidos (MONROE, 1990). O valor está diretamente relacionado à habilidade de um produto ou serviço satisfazer nossas necessidades e é inversamente relacionado ao custo (DE MARLE, 1992). Assim, a percepção de valor pelo cliente é vista como um *trade-off* entre os benefícios recebidos pela aquisição do produto ou serviço e os sacrifícios percebidos ao se confrontar o preço destes (MONROE, 1990). O valor para o cliente é uma relação complexa, por ser uma percepção do consumidor de que um atributo do produto fornece o(s) benefício(s) para a realização de propósito(s) desejado(s) em uma situação de uso (WOODRUFF; SCHUMANN; GARDIAL, 1993). Essa percepção de valor pelo cliente envolve iterações entre as escolhas que o cliente tem que fazer diante de uma grande quantidade de atributos positivos e negativos (MIRON, 2008).

CONCEITO	AUTORES	DEFINIÇÃO	CITAÇÕES EM TRABALHOS NACIONAIS
VALOR	De Marle (1992)	O valor está diretamente relacionado à habilidade de um produto ou serviço satisfazer nossas necessidades e inversamente relacionado ao custo. O autor define valor como uma força primária que motiva ações humanas ... O valor é como uma força invisível que interliga o indivíduo com seus objetos de desejo. O valor atrai os indivíduos a itens atraentes encontrados no ambiente. Quando esta atração é grande, gasta-se energia para adquirir, possuir, usar e trocar objetos gratificantes.	Miron (2008)
	Csillag (1995)	O valor real de um produto é definido como o grau de aceitabilidade deste produto pelo cliente e, portanto, expressa o índice final do valor econômico. Dessa forma, quanto maior é o valor real de um item sobre outro que possui a mesma finalidade, maior será a probabilidade de sucesso no ambiente de concorrência. O valor real aumenta com maiores valores de uso e de estima e diminui com o crescimento do valor de custo.	Miron (2008)
	Koskela (2000)	O atendimento dos requisitos e a consequente satisfação do cliente são realizados em um ciclo denominado ciclo de geração de valor, no qual os requisitos são capturados e convertidos, através de vários estágios, em um produto ou serviço a ser entregue ao cliente. Este ciclo de geração de valor está relacionado à cinco princípios: captura dos requisitos, fluxo de requisitos, compreensão dos requisitos, capacidade dos subsistemas de produção, medição do valor.	Miron (2008)
	Woodruff e Gardial (1996)	O valor não é intrínseco aos produtos ou serviços fornecidos, sendo uma consequência do uso, do atendimento, ou não, dos objetivos do cliente.	Bonato (2010)
	Holbrook (2006)	Além do valor extrínseco (onde um produto ou experiência de consumo atua como um meio para alcançar algum fim) ou intrínseco (onde a experiência de consumo é apreciada para seu próprio bem como uma auto-justificação), o valor pode ser orientado ao âmbito próprio (para o consumidor ou em virtude do efeito sobre ele) ou alheio (para os outros ou em virtude do efeito sobre eles). A partir da combinação destes aspectos, são apresentados os seguintes tipos de valor: (a) econômico, quando o produto ou experiência de consumo serve como um meio para atender aos objetivos do consumidor; (b) social, quando o consumo serve como um meio para moldar as respostas dos outros; (c) hedônico, que surge a partir do prazer de consumir; e (d) altruístico, que implica na preocupação de como o consumo afeta os outros.	Bonato (2010); Santos, Kistmann e Fischer (2004)
VALOR PERCEBIDO	Zeithaml (1988)	Valor é uma avaliação global do cliente sobre a utilidade de um produto baseada na percepção do que é recebido e do que é entregue.	Bonato (2010); Miron (2008)
	Monroe (1990)	A percepção de valor dos consumidores representa a razão entre benefícios recebidos e sacrifícios percebidos. Assim, a percepção de valor pelo cliente é vista como um <i>trade-off</i> entre os benefícios recebidos pela aquisição do produto ou serviço e os sacrifícios percebidos ao se confrontar o preço destes.	Granja <i>et al.</i> (2009); Miron (2008); Bonatto (2010);
	Woodruff, Schumann e Gardial (1993)	O valor para o cliente é uma relação complexa, por ser uma percepção do consumidor de que um atributo do produto fornece o(s) benefício(s) para a realização de propósito(s) desejado(s) em uma situação de uso. A percepção de valor do cliente é a combinação dos atributos preferidos e atributos de desempenho. Os autores apontam duas dimensões de valor do cliente: valor em uso, o qual se relaciona aos benefícios utilitários do uso de um produto em uma situação para qual ele foi projetado e valor de posse, que propicia uma sensação de valor próprio ou satisfação que um cliente sente por experimentar ou possuir um produto.	Lima (2007); Miron (2008)
	Anderson, Jain, e Chintagunta (1993)	O valor no mercado dos negócios é o valor percebido em unidades monetárias do conjunto de benefícios econômicos, técnicos, de serviços e sociais recebidos por um cliente em troca do preço pago por um produto, levando em consideração as ofertas e preços de fornecedores alternativos disponíveis.	Bonato (2010)
	Woodruff e Gardial (1996)	Valor percebido é a percepção dos clientes sobre o que eles desejam em uma situação específica de uso de um produto ou serviço oferecido, a fim de atingir alguma meta ou objetivo. Dessa forma, o julgamento de valor envolve relações entre o que é oferecido (produto, serviço), a situação de uso e o usuário (valores, metas).	Bonato (2010)
	Woodruff (1997)	O valor é inerente ou está relacionado ao uso do produto, além disso, o valor é algo percebido pelos clientes ao invés de ser objetivamente determinado pelo vendedor. A percepção de valor envolve um <i>trade-off</i> entre o que o cliente recebe (qualidade, benefícios, valor, utilidades) e o que ele abre mão para adquirir e usar um produto (preço, sacrifícios). O cliente idealiza o seu desejo de valor, isto é, o valor por ele esperado no produto ou serviço tanto anteriormente à aquisição quanto posteriormente, já na etapa de uso ... no momento da escolha, os clientes podem antecipar o valor recebido, mas durante o uso eles realmente podem experimentar valor recebido.	Lima (2007); Leite (2005); Granja <i>et al.</i> (2009); Miron (2008); Bonatto (2010)
	Srivastava, Shervani e Fahey (1998)	O valor para o cliente é entendido como o valor percebido sob a ótica do cliente, o qual é essencial para o marketing relacional.	Miron (2008)
	Kotler (1998)	Os clientes buscam o maior número de benefícios possíveis, dentro dos limites impostos pelos custos envolvidos e pelas limitações de conhecimento, mobilidade e renda. Os clientes formam uma percepção de valor que afeta sua probabilidade de compra e, depois, avaliam se o produto os satisfaz ou não. O valor percebido pelo cliente é a diferença entre a avaliação que o cliente faz de todos os benefícios e custos de um produto e as alternativas percebidas.	Leite (2005); Miron (2008)
	Saliba e Fisher (2000)	Valor percebido pelos clientes é a razão entre os benefícios percebidos em um produto e os sacrifícios decorrentes da aquisição e uso do produto. O cliente tende a comparar o valor percebido entre as alternativas de produtos e após essa comparação procura selecionar o produto que tiver maior valor percebido. A aquisição do produto representa benefícios para o cliente final, na medida em que os objetos são utilizados de forma a simbolizar e comunicar posição social e poder, através do status, imagem, prestígio, exclusividade e respeito. Já os sacrifícios estão relacionados com as questões de intercâmbio ou troca, que incluem preço de aquisição, custos de transporte, taxas, custos de manutenção e operação.	Lima (2007); Leite (2005); Miron (2008)
	Lima <i>et al.</i> (2005)	Valor para o cliente é perceptivo (varia conforme a percepção do cliente), contextual (varia conforme a situação de compra e as alternativas disponíveis) e multidimensional (os clientes avaliam os benefícios em termos econômicos, técnico-funcionais e psicológicos). O cliente escolhe um produto após compará-lo a outros em termos de benefícios esperados: valor econômico (qualidade/preço, se o cliente considera similar a qualidade de produtos concorrentes, escolhe o mais barato por economia), valor Funcional (características tangíveis - atributos, design, durabilidade, aplicações) e valor Psicológico (características intangíveis, tais como, marca, confiança, reputação, relacionamento, experiência, posse, poder, status.).	Miron (2008)
	Holbrook (2006)	Valor percebido é definido como uma experiência interativa, relativa e preferencial ... e esta experiência envolve uma interação entre o produto e seu consumidor. A interação é relativa em pelo menos três aspectos: comparativo, pessoal e situacional. O primeiro por envolver uma comparação entre produtos; segundo por variar de um consumidor para outro e terceiro por depender da situação em que ocorre a avaliação, sendo que, referente aos mesmos aspectos, há preferências subjetivas destes consumidores.	Bonato (2010)
	Sánchez-Fernández e Iniesta-Bonillo (2007)	Na abordagem unidimensional o valor percebido é concebido a partir de uma perspectiva utilitarista, através de uma variável simples (ou conjunto de variáveis), basicamente referentes a benefícios e custos. Nessa abordagem, as referidas autoras enquadram os conceitos de Monroe (1990) e Zeithaml (1988), bem como de outros vários autores, uma vez que esta é a natureza mais explorada. Já na abordagem multidimensional, o valor percebido é gerado a partir de diversos atributos ou dimensões inter-relacionadas, ou seja, a partir de um fenômeno complexo. Nessa abordagem enquadram-se os conceitos de hierarquia de valor de Woodruff e Gardial (1996) e os que refletem o valor utilitário e hedônico, destacando-se a pesquisa de Holbrook (2006) sobre tipologias de valor.	Bonato (2010)
	Miron (2008)	O valor percebido pelo cliente, em relação ao produto, envolve iterações complexas entre as escolhas que o cliente tem que fazer diante de uma grande quantidade de atributos positivos e negativos. No entanto, a satisfação global tem orientação psicológica, com base no resultado entre o processo de compra e o de consumo.	Granja <i>et al.</i> (2009)

Figura 2 - Conceitos relacionados ao valor e valor percebido pelo cliente.

Outra questão pertinente é a delimitação das fronteiras existentes entre os constructos de valor percebido pelo cliente e de satisfação. Ambos os conceitos de valor e satisfação descrevem julgamentos (avaliações) sobre produtos e ambos estabelecem importância especial para o uso (WOODRUFF, 1997). Os clientes formam uma percepção de valor que afeta sua probabilidade de compra (valor desejado) e, depois, avaliam através da comparação entre o valor recebido e as expectativas se o produto os satisfaz ou não (WOODRUFF, 1997). Sob essa ótica, a distinção dos dois constructos parece menos complexa, sendo o valor percebido obtido da comparação entre benefícios e sacrifícios, enquanto que a satisfação global é dada pela resultante psicológica do processo de compra e de consumo. Com esse entendimento, Miron (2008) consolida uma diferenciação entre os conceitos de valor e satisfação: os objetivos, consequências e atributos do produto EHIS são constructos que influenciam o valor percebido obtido da comparação entre benefícios e sacrifícios, à medida que a satisfação global tem orientação psicológica, com base no resultado do processo de aquisição (ou adesão ao EHIS) e o de uso da habitação.

A pesquisa desenvolvida por Granja *et al.* (2009) parte de fundamentação similar para abordar a percepção de valor desejado por moradores de conjuntos habitacionais de interesse social. Para essa situação, o valor desejado antes do recebimento do produto é elevado. Porém, segundo os mesmos autores, a percepção dos moradores sobre atributos preferenciais não é contemplada, uma vez que o usuário não participa do processo de projeto e construção desse tipo de produto. Adicionalmente, no ambiente de habitação de interesse social é praticamente inexistente o espectro de escolhas e não há a influência exercida por marcas ou empresas. Com isso, o valor desejado pelo usuário não é a base principal no processo de concepção do empreendimento. Portanto, para Granja *et al.* (2009) falta um procedimento para que o valor recebido seja próximo ao valor desejado pelo usuário.

Na pesquisa de Santos, Kistmann e Fischer (2004) foi ressaltada a importância de considerar outras dimensões de valor, como as propostas por Holbrook (1999), as quais geralmente são negligenciadas na literatura da construção civil. Essas dimensões de valor (excelência, status, estima, jogo, estética, ética, espiritualidade) implicam em um entendimento mais amplo sobre o que constitui o produto na indústria da construção e podem ser uma fonte de unidade para a melhoria desse produto (SANTOS; KISTMANN; FISCHER, 2004). No caso de empreendimentos habitacionais de interesse social, a consideração dessas dimensões, durante o processo de captura e processamento dos requisitos dos clientes, pode proporcionar um aumento do valor percebido pelos clientes

finais sem necessariamente aumentar o custo do produto habitação (SANTOS; KISTMANN; FISCHER, 2004).

O conjunto de pesquisas analisadas buscou contribuir para o entendimento dos conceitos de valor e valor percebido e sua aplicação no contexto de EHIS. Os principais resultados foram relacionados às práticas de captura e processamento de requisitos. Contudo, a retroalimentação, ou seja, a consideração dos requisitos do cliente ao longo do processo de desenvolvimento dos empreendimentos ainda representava a necessidade de um grande esforço de investigação, segundo essas pesquisas.

## 2.3 CLIENTE

Para realizar a gestão de requisitos, inicialmente é necessário identificar os diversos clientes envolvidos no PDP além de considerar seus requisitos, pois esses podem influenciar os objetivos e as definições do empreendimento.

O modelo de geração de valor desenvolvido por Koskela (2000) apresenta o desdobramento da relação cliente-fornecedor, na qual o cliente é aquele que formula os requisitos, realiza o pedido e compra e após utiliza o produto, enquanto que o fornecedor é responsável por realizar o projeto do produto, entregar o pedido e produzir o produto (Figura 1). Na construção civil, todos os intervenientes e participantes do PDP podem assumir tanto o papel de cliente como o de fornecedor em determinadas etapas do processo, de tal forma que essas relações vão se alterando de acordo com a evolução do processo (MIRON, 2002).

Denomina-se de clientes o conjunto de intervenientes que, de alguma forma, estão envolvidos com o empreendimento, podendo ser fornecedores, usuários, projetistas, pessoal de marketing e vendas (BRUCE; COOPER, 2000). Nesse sentido, o cliente pode incorporar diversos grupos de interesses, tais como, proprietários usuários e organizações que influenciam, e são afetados pela aquisição, uso, operação e demolição de uma edificação proposta (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).

Os clientes podem ser classificados em cliente final, intermediário e interno. Essa classificação de Whiteley (1999) foi adotada neste trabalho com a finalidade de facilitar a compreensão do conceito de cliente:

- a) cliente final: são os consumidores e usuários de um produto, ou seja, os moradores de imóveis residenciais, para os quais será orientado o foco da gestão de requisitos;

- b) cliente intermediário: são os distribuidores ou revendedores que tornam os produtos e serviços disponíveis para o cliente final. Na construção, são representados pelos corretores, incorporadores ou promotores de empreendimentos imobiliários;
- c) cliente interno: são as pessoas da organização para quem o trabalho concluído é repassado para que desempenhem a próxima função. Nesse trabalho são representados pelos profissionais integrantes de empresas construtoras bem como pelos demais prestadores de serviço contratados pelas empresas, tais como os projetistas, consultores e empreiteiros.

## 2.4 REQUISITOS

Para o entendimento do conceito e tipos de requisitos foram utilizadas referências de diferentes áreas de conhecimento, tais como gestão da construção (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2000, 2002; PEGORARO, 2010), marketing (GUTMAN, 1982; PETER; OLSON, 2001), gestão da inovação (SHEN; TAN; XIE, 2000a), gestão de serviços (TAN; PAWITRA, 2001), gestão da qualidade (KANO *et al.*, 1984, HAN *et al.*, 2001; TAN; SHEN, 2000; SAUERWEIN *et al.*, 1996), e engenharia de *software* (YOUNG, 2004; SOMMERVILLE, 2007).

Os requisitos correspondem às funções, atributos e outras características do produto ou serviço, as quais são requeridas por um cliente (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2000). Estes requisitos incluem desejos coletivos, perspectivas e expectativas dos vários clientes, constituindo, assim, em uma importante fonte de informação para o desenvolvimento de empreendimentos de construção (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2000).

As necessidades e expectativas dos clientes devem ser capturadas, desde a concepção do empreendimento, e, então, processadas adequadamente em termos de requisitos desses clientes (HUOVILA; SERÉN, 1998), para que os mesmos, por sua vez, sejam traduzidos em atributos da edificação, que objetivamente definirão o objeto a ser produzido (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2000). Os atributos de um produto são percebidos como o principal estímulo que influencia o consumidor em sua tomada de decisão de compra, avaliando-os em função de seus próprios valores, crenças ou experiências passadas (PETER; OLSON, 2001). Os atributos, todavia, podem ser divididos em dois grupos:

- a) atributos concretos: são a representação cognitiva das características físicas do produto e serviço que podem ser percebidas diretamente, tais como, preço, cor e nome da marca (GUTMAN, 1982; PETER; OLSON, 2001); e

- b) atributos abstratos: são a representação abstrata dos atributos concretos (PETER; OLSON, 2001), ou seja, características do produto ou serviço que não podem ser mensuráveis ou percebidas através dos sentidos, tais como, por exemplo, qualidade ou reputação (GUTMAN, 1982).

Algumas classificações para requisitos dos empreendimentos de construção foram propostas na bibliografia. Além dos requisitos do cliente propriamente ditos, os quais incorporam os requisitos do usuário, de grupos de interesse e do ciclo de vida do empreendimento para operação, manutenção e disposição final, existem outros tipos de requisitos: do terreno, ambientais, regulamentares, da construção e do projeto (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002) (Figura 3).

TIPOS DE REQUISITOS		SIGNIFICADO	AUTORES
Requisitos do cliente	Requisitos básicos	Esses requisitos são básicos nos critérios do produto. Contudo se o produto não atender às necessidades básicas suficientemente, o consumidor pode ficar muito insatisfeito.	(KANO <i>et al.</i> , 1984); (HAN <i>et al.</i> ,2001); (SHEN; TAN; XIE, 2000a); (TAN; SHEN,2000); (TAN; PAWITRA, 2001); (SAUERWEIN <i>et al.</i> ,1996)
	Requisitos lineares	Resultam em satisfação do consumidor quando atendidos e insatisfação quando não atendidos.	(KANO <i>et al.</i> , 1984); (HAN <i>et al.</i> ,2001); (SHEN; TAN; XIE, 2000a); (TAN; SHEN,2000); (TAN; PAWITRA, 2001); (SAUERWEIN <i>et al.</i> ,1996)
	Requisitos atrativos	A falta derequisitos atrativos não causa insatisfação pois não são esperados pelos consumidores. Contudo, o consumidor poderá ficar muito mais satisfeito com o produto se esses requisitos forem oferecidos.	(KANO <i>et al.</i> , 1984); (HAN <i>et al.</i> ,2001); (SHEN; TAN; XIE, 2000a); (TAN; SHEN,2000); (TAN; PAWITRA, 2001); (SAUERWEIN <i>et al.</i> ,1996)
	Requisitos indiferentes	Requisitos que não resultam em satisfação nem insatisfação independente se eles são atendidos	(KANO <i>et al.</i> , 1984); (HAN <i>et al.</i> ,2001)

(a)

TIPOS DE REQUISITOS	SIGNIFICADO	AUTORES
Requisitos do terreno	Descrevem as características do terreno no qual será construído o empreendimento (condições do solo, serviços existente, etc.).	(KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002)
Requisitos ambientais	Descrevem o ambiente do entorno imediato (fatores climáticos, vizinhança, conservação ambiental) do terreno destinado à implantação do empreendimento.	(KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002)
Requisitos regulamentares	Regulamentos, normas e leis relacionadas ao projeto, à obra, ao planejamento, à saúde e à segurança além de outros requisitos legais que influenciam a aquisição, existência, operação e demolição do empreendimento.	(KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002)
Requisitos de projeto	Traduzem as necessidades do cliente, dos requisitos ambientais e dos requisitos do terreno.	(KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002)
Requisitos de execução	Requisitos que derivam da atividade de projeto e são utilizados para a produção do empreendimento	(KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002)

(b)

Figura 3 - Tipos de requisitos definidos por diferentes autores. (a) Requisitos do cliente e (b) Requisitos do terreno, ambientais, regulamentares, requisitos de projeto e de execução.

O modelo de Kano *et al.* (1984), também conhecido como teoria da qualidade atrativa, explica a satisfação dos clientes em relação a requisitos específicos e o seu nível de desempenho (KANO *et al.*, 1984). Esse modelo foi desenvolvido para melhor entender a influência de cada requisito, na qualidade de um produto ou serviço oferecido no mercado (KANO *et al.*, 1984). As necessidades e requisitos dos clientes são classificados em quatro grupos: básicos, lineares, atrativos e indiferentes (Figura 3a). Os requisitos básicos são aqueles que o cliente já espera encontrar no produto (SHEN; TAN; XIE, 2000a ; TAN; SHEN, 2000; SAUERWEIN *et al.*, 1996) e por isso não geram aumento do nível de satisfação do cliente (HAN *et al.*, 2001; TAN; PAWITRA, 2001; SAUERWEIN *et al.*, 1996). Contudo, se esses requisitos, tidos como básicos, não forem atendidos, o cliente tende a ficar insatisfeito (SHEN; TAN; XIE, 2000a ; TAN; SHEN, 2000; SAUERWEIN *et al.*, 1996; TAN; PAWITRA, 2001). Os requisitos lineares são resultado de um relacionamento proporcional entre funcionalidade e satisfação (HAN *et al.*, 2001). Esses requisitos resultam em satisfação quando atendidos e em insatisfação quando não são atendidos no produto (SHEN; TAN; XIE, 2000a; TAN; SHEN, 2000; SAUERWEIN *et al.*, 1996; TAN; PAWITRA, 2001). Quanto maior o atendimento de requisitos lineares, maior a satisfação do cliente e quanto menor o nível de atendimento desses requisitos, menor a satisfação do cliente (SHEN; TAN; XIE, 2000a; TAN; SHEN, 2000; SAUERWEIN *et al.*, 1996). Os requisitos lineares geralmente são demandados explicitamente pelos clientes (SAUERWEIN *et al.*, 1996). Já os requisitos atrativos não causam insatisfação quando não atendidos, pois não são esperados pelos consumidores, o qual pode não notar determinada característica no produto (SHEN; TAN; XIE, 2000a; TAN; SHEN, 2000; SAUERWEIN *et al.*, 1996; TAN; PAWITRA, 2001; HAN *et al.*, 2001). Contudo, o consumidor pode ficar muito mais satisfeito com o produto se esses requisitos forem oferecidos (SHEN; TAN; XIE, 2000a; TAN; SHEN, 2000; SAUERWEIN *et al.*, 1996; TAN; PAWITRA, 2001; HAN *et al.*, 2001). Requisitos que não resultam em satisfação nem insatisfação independente se eles são atendidos são chamados de requisitos indiferentes, os quais devem ser desconsiderados (HAN *et al.*, 2001).

Shen, Tan e Xie (2000a) salientam que os requisitos podem mudar de categorias ao longo do tempo. Requisitos atrativos podem se tornar lineares, e esses podem se transformar em requisitos básicos (SHEN; TAN; XIE, 2000a). Essas mudanças ocorrem, pois as necessidades dos clientes e requisitos do produto são dinâmicas (SHEN; TAN; XIE, 2000a).

A combinação dos requisitos do cliente, segundo Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002), com os do terreno, ambientais e regulamentares produzem requisitos de projeto (Figura 4). Os requisitos do terreno, ambientais e regulamentares podem apresentar restrições para os requisitos do cliente ou eles podem aumentar sua satisfação (KAMARA; ANUMBA;

EVBUOMWAN, 2002). Dessa forma, um adequado entendimento dos requisitos do cliente, através do seu processamento efetivo, pode facilitar as escolhas realizadas durante a tomada de decisão dos requisitos dos clientes em relação aos demais requisitos de projeto, os quais são usualmente mais difíceis de alterar do que os do cliente (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). Esses requisitos de projeto são utilizados para o desenvolvimento do projeto arquitetônico e complementares (elétrico, estrutural, hidrossanitário). O projeto, por sua vez, gera requisitos de execução (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002), ou seja, durante o processo de desenvolvimento do projeto são determinadas diversas informações de requisitos que devem ser consideradas na fase de produção do empreendimento (Figura 4).

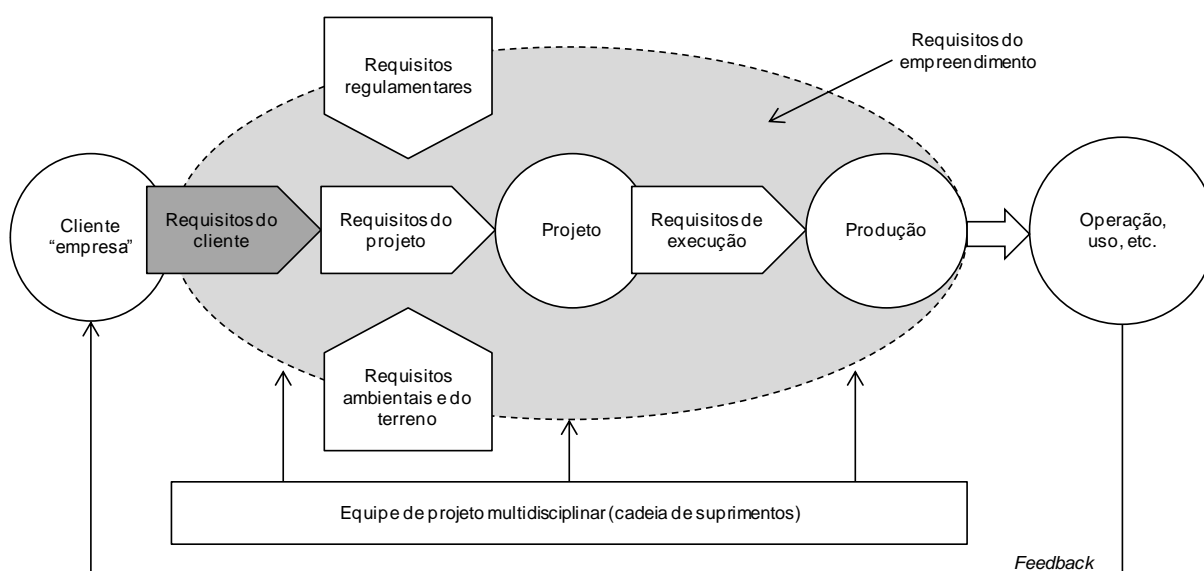


Figura 4 - Relação entre requisitos do empreendimento (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).

Cabe salientar que do ponto de vista do cliente os requisitos ambientais, do terreno, regulamentares bem como os de projeto e execução também podem ser considerados básicos, lineares, atrativos e indiferentes.

Os requisitos também podem ser classificados em funcionais e não funcionais (YOUNG, 2004; SOMMERVILLE, 2007). Segundo Pegoraro (2010), a diferenciação entre requisitos funcionais e não funcionais é importante para a organização e consideração dos requisitos. Os requisitos funcionais são aqueles que expressam claramente as funcionalidades que o produto deve desempenhar (YOUNG, 2004; SOMMERVILLE, 2007). Esses requisitos abordam as declarações de serviços que o sistema<sup>9</sup> deve fornecer, como o sistema deve reagir a entradas específicas e como o sistema deve se comportar em determinadas

<sup>9</sup> Sistema é o agrupamento de componentes (máquinas, humanos, software), os quais cooperam em um meio organizado para alcançar algum resultado desejado, os requisitos (HULL; JACKSON; DICK, 2005).



situações (SOMMERVILLE, 2007). Os requisitos funcionais tendem a estar ligados a questões operacionais e atividades específicas (YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010). O documento utilizado para comunicar os requisitos para os diferentes clientes é denominado como um documento funcional ou especificação (YOUNG, 2004). Esse documento abrange as características e uma análise detalhada de um sistema e os recursos que serão disponibilizados aos usuários (YOUNG, 2004).

Já os requisitos não funcionais tendem a ser estratégicos (PEGORARO, 2010) e especificam propriedades do produto como um todo, por exemplo, segurança e conforto (YOUNG, 2004; SOMMERVILLE, 2007). Esses requisitos podem ser definidos pela diretoria e alta gerência, atuam como orientações de atendimento em longo prazo e destinam-se a todos os colaboradores da empresa, se forem de planejamento estratégico, ou aos projetistas, se forem da fase de plano do projeto (PEGORARO, 2010). Na fase de pré-desenvolvimento, que inclui desde o planejamento estratégico do empreendimento até estudos de viabilidade, os requisitos identificados tendem a ser não funcionais, resultando em orientações gerais sobre o projeto (PEGORARO, 2010). Estes requisitos são de difícil especificação, sendo que esta pode ser postergada para fases posteriores, quando esses requisitos não funcionais forem desdobrados em requisitos funcionais. Contudo, é possível que requisitos funcionais, destinados a fases mais tardias, também sejam identificados em fases iniciais do projeto, pois podem ser resultado de *feedbacks* de outros empreendimentos ou, simplesmente, por terem sido lembrados (PEGORARO, 2010). Quando requisitos surgirem prematuramente, não precisam ser considerados de imediato, na fase em que foram identificados. Já na fase de desenvolvimento do projeto, devido ao maior detalhamento do projeto, espera-se que surjam requisitos funcionais (PEGORARO, 2010). Estes requisitos podem surgir de clientes externos, como órgãos regulamentadores do governo ou clientes finais, ou também de clientes internos, como resultado da interação entre os diversos especialistas que concebem o projeto (PEGORARO, 2010).

Além disso, os requisitos não funcionais podem ser mais críticos do que os requisitos funcionais, pois se os requisitos não funcionais não forem atendidos, o sistema será inútil (SOMMERVILLE, 2007). Sommerville (2007) propõe uma classificação genérica para os requisitos não funcionais, dividindo-os em requisitos relacionados ao produto, ao processo e externos (Figura 5):

- a) requisitos de produto: especificam que o produto entregue deve se comportar de uma maneira particular, por exemplo, requisitos de eficiência e de confiabilidade;

- b) requisitos organizacionais: são consequências de políticas e procedimentos da organização, por exemplo, padrões de processo usados e requisitos de implementação; e
- c) requisitos externos: surgem a partir de fatores externos ao sistema e seu processo de desenvolvimento, como por exemplo, requisitos de interoperabilidade e requisitos legais.

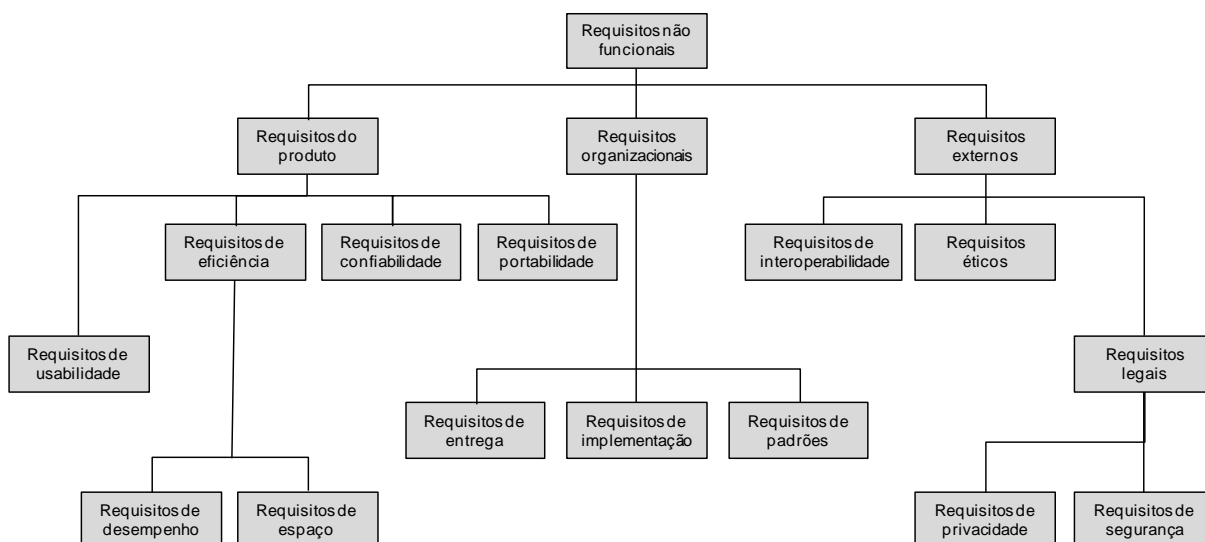


Figura 5 - Classificação de requisitos não funcionais (baseado em: SOMMERVILLE, 2007).

A partir da definição, tipos e classificações de requisitos apontados anteriormente, nesta pesquisa, os requisitos são o que o cliente deseja e espera encontrar no produto final. Esses requisitos podem ser básicos, lineares ou atrativos, os quais podem estar combinados com os do terreno, ambientais e regulamentares para produzir requisitos de projeto e consequentemente requisitos para a execução do empreendimento. Esses diferentes tipos de requisitos podem ser classificados em requisitos funcionais e não funcionais. Para o requisito do cliente, como por exemplo, “a sala dever ser agradável termicamente”, pode-se classificar esse requisito como não funcional. Já o requisito “a esquadria da sala deve ter área mínima de abertura destinada à ventilação de 0,40m<sup>2</sup>” é considerado um requisito funcional, pois expressa claramente as funcionalidades que o produto deve desempenhar. Os requisitos funcionais, portanto, podem ser chamados de atributos do produto, ou seja, são as propriedades e características, sejam elas concretas ou abstratas, que se configuram no produto.

## 2.5 GESTÃO DE REQUISITOS DO CLIENTE

O termo tradicionalmente usado, na indústria da construção civil, para definir a captura de requisitos é o *briefing*, entendido como o processo que gera o programa de necessidades. O programa de necessidades é definido como o primeiro passo para o processo de projeto, no qual são identificados e definidos os requisitos dos clientes de um empreendimento da construção (SHEN *et al.*, 2004; YU *et al.*, 2005). Para Barret e Stanley (1999), programa de necessidades é um processo corrente por todo o empreendimento da construção, no qual significa que os requisitos do cliente são capturados progressivamente e traduzidos de forma eficaz. Além disso, esse é considerado um processo crítico no desenvolvimento do produto (BARRETT; STANLEY, 1999), tanto para a satisfação dos clientes quanto para o sucesso dos empreendimentos da construção (SHEN *et al.*, 2004; YU *et al.*, 2005).

Entretanto, o processo convencional do programa de necessidades é considerado como inadequado e com muitas limitações (BARRETT; STANLEY, 1999; KAMARA; ANUMBA, 2001), incluindo, dentre outras:

- a) a falta de um método estruturado e sistemático para identificar, esclarecer, definir e comunicar os requisitos dos clientes à equipe de projeto (YU *et al.*, 2005; KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001): o processo convencional do programa de necessidades envolve a captura de informações, a qual, muitas vezes não é documentada em um formato adequado para sua utilização pela equipe de projeto (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001);
- b) pouca rastreabilidade dos requisitos do cliente ao longo do ciclo de vida do empreendimento: o uso de esboços e desenhos para registrar as mudanças de requisitos do cliente pode dificultar a rastreabilidade das necessidades originais do cliente (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001). Além disso, o registro das decisões em reuniões de projeto pode ser bastante vago e não fornecer qualquer explicação de por que essas decisões foram tomadas (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001);
- c) inadequado foco no cliente e tempo insuficiente para o desenvolvimento do programa de necessidades: existe uma tendência dos projetistas em desenvolver o projeto detalhado com muita antecedência devido às pressões comerciais dos clientes, reduzindo o tempo de compreensão das necessidades e expectativas dos clientes finais (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001; BARRETT; STANLEY, 1999; SHEN; CHUNG, 2006);

- d) inadequado envolvimento de todos os clientes importantes no processo de desenvolvimento do produto: pesquisas prévias revelaram que a documentação das informações sobre requisitos muitas vezes pode estar incompleta, pois considera apenas parte dos clientes envolvidos (YU *et al.*, 2005). Na pesquisa desenvolvida por (SHEN; CHUNG, 2006) revelam que o envolvimento de outros clientes prolonga a duração do desenvolvimento do programa de necessidades devido às dificuldades associadas com a identificação desses clientes e consenso geral em reuniões. Kamara e Anumba (2001) explicam que um especialista em determinada área pode perder informações importantes que estão relacionadas a outros profissionais. Além disso, diversos profissionais desenvolvem programas de necessidades a partir de suas próprias experiências, fazendo com que os programas de necessidades tenham um viés do profissional que o desenvolveu (BARRETT; STANLEY, 1999; KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001);
- e) uso de soluções de projeto para esclarecer as necessidades dos clientes: existe uma tendência da prática atual do programa de necessidades em ser focada em soluções (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). A abordagem baseada em soluções tende a mudar o foco dos requisitos dos clientes para os projetistas e, assim, existe a tendência dos clientes serem influenciados pelas preferências dos projetistas (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002);
- f) falta de metodologias estruturadas para analisar e priorizar os requisitos dos clientes: no programa de necessidades as decisões devem ser tomadas para atender a uma correta representação dos requisitos do cliente bem como representação desses requisitos em soluções de projeto (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001). Esse processo de tomada de decisão geralmente envolve a discussão e negociação de interesses conflitantes entre os diferentes grupos de clientes envolvidos e entre os profissionais com diferentes perspectivas (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001). Assim, as decisões são resultado, de um modo geral, das discussões e negociações entre os clientes envolvidos no processo do programa de necessidades (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2001). Contudo, segundo esses autores, na maioria dos casos, a resolução de conflitos entre requisitos é feita subjetivamente, com base na experiência dos clientes envolvidos no projeto; e

- g) pouco uso de tecnologia da informação: o uso de TI pode auxiliar a criação, comunicação, documentação e gestão das informações do programa de necessidades (KAMARA; ANUMBA, 2001).

Todos esses problemas relacionados à prática convencional do programa de necessidades podem afetar o desempenho do produto final e reduzir a satisfação do cliente. Nesse sentido, é necessário realizar esforços no processamento das necessidades e expectativas do cliente em um formato que aumente a compreensão da equipe de desenvolvimento do produto.

Além dos problemas anteriormente mencionados, existe a influência de outros fatores que podem dificultar a definição de melhores soluções de projeto, como por exemplo: (a) grande quantidade e complexidade das informações sobre empreendimentos (KIVINIEMI; FISCHER, 2004); (b) a necessidade dos projetistas trabalharem simultaneamente em vários projetos (KIVINIEMI; FISCHER, 2004); (c) dificuldade dos clientes envolvidos no processo de desenvolvimento do produto (PDP) em se lembrar de todos os requisitos relevantes, das relações entre eles e as soluções de projeto (KIVINIEMI; FISCHER, 2004); (d) natureza dos requisitos do cliente: os requisitos dos clientes são normalmente qualitativos e tendem a ser imprecisos e ambíguos devido a suas origens linguísticas (TSENG; JIAO, 1998). A existência de diferenças de semântica e terminologia na definição dos requisitos prejudica a capacidade de transmitir os requisitos dos clientes para os projetistas, devido às diferentes perspectivas (TSENG; JIAO, 1998); (e) falta de definição na estrutura dos requisitos, pois parâmetros utilizados para descrever os requisitos e suas inter-relações frequentemente carecem de compreensão e são normalmente expressos de forma abstrata ou difusa, o que leva a trabalhar com base em suposições vagas, resultando em gargalos na tomada de decisão de projeto (TSENG; JIAO, 1998). Embora Tseng e Jiao (1998) apontem dificuldades associadas ao processo de gerenciamento de requisitos relacionados a produtos da manufatura, as considerações mencionadas anteriormente podem ser aplicadas ao contexto da construção civil.

Segundo Kiviniemi e Fisher (2004), as alterações realizadas no projeto muitas vezes devem ser comparadas com soluções de concepções anteriores de forma que a tomada de decisão tenha por base as soluções desenvolvidas em projetos anteriores, já executados. Os mesmos autores afirmam que as ferramentas de projeto normalmente utilizadas não suportam o registro de requisitos do cliente ou intenção dos projetistas nos documentos (KIVINIEMI; FISCHER, 2004). Assim, os projetistas que realizam as alterações nos projetos nem sempre possuem o conhecimento das necessidades e requisitos dos clientes, e com

isso, a solução desenvolvida no projeto pode se distanciar do objetivo original (KIVINIEMI; FISCHER, 2004) (Figura 6a).

Segundo Kiviniemi (2005), esse desvio dos objetivos ocorre em muitos projetos, mas isso não significa que a maioria dos edifícios são mal concebidos ou que não atendem seu objetivo geral. Muitas vezes há requisitos que emergem ao longo do desenvolvimento do produto, ou seja, na medida em que o projeto vai sendo detalhado, surgem novas percepções dos vários clientes envolvidos dos quais podem surgir novos requisitos (BRUCE; COOPER, 2000). No entanto, Kiviniemi (2005) argumenta que muitas vezes são perdidas algumas características do produto que os usuários finais podem ter preferido e que as mudanças de requisitos não estão bem documentadas. Isto acontece porque as ferramentas de projeto não suportam tal documentação, e o processo de projeto inclui muitos *trade-offs* entre diferentes requisitos. Portanto, Kiviniemi (2005) sugere que as mudanças realizadas no projeto devem ser baseadas em decisões conscientes para adequar as soluções de projeto ao objetivo original (Figura 6b). Além disso, as atualizações dos requisitos devem ser registradas para que elas possam ser verificadas e comparadas posteriormente com a construção final do empreendimento (KIVINIEMI, 2005).

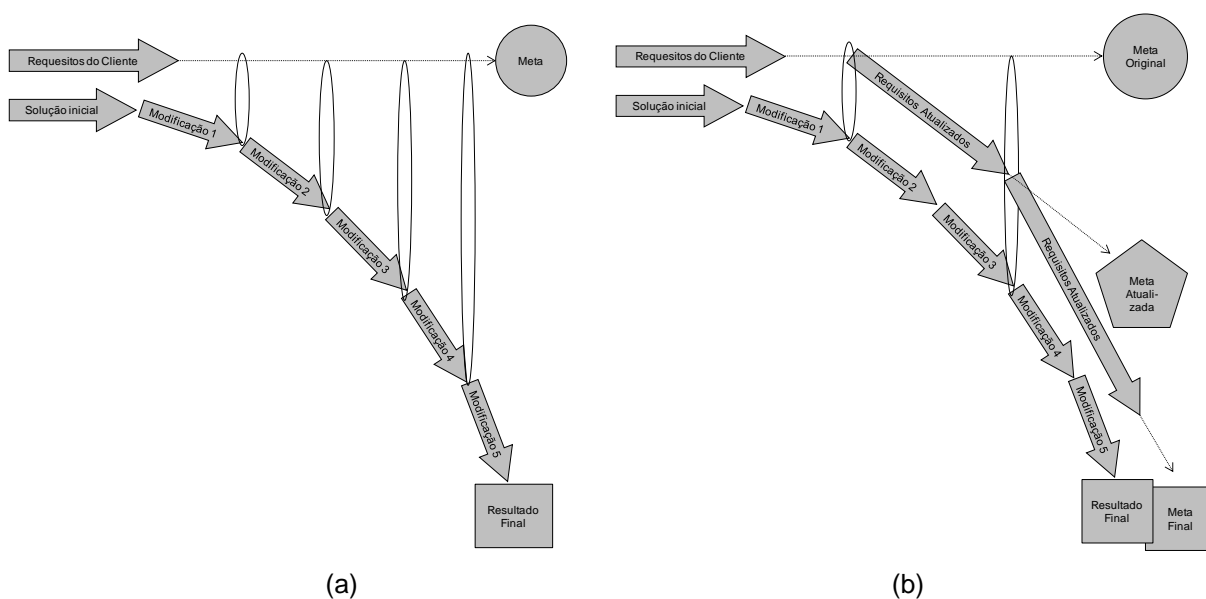


Figura 6 - (a) Resultado final afastado do objetivo geral e (b) soluções de projeto ajustadas ao objetivo final (KIVINIEMI, 2005).

Dessa forma, é necessário considerar os requisitos dos clientes não só nas fases iniciais do PDP, mas também nas subseqüentes, por exemplo, a partir de pedidos de modificações de projetos e avaliação pós-ocupação (KAMARA, *et al.*, 2003; MIRON, 2002), ao invés de apenas realizar um esforço de elaboração do programa de necessidades no início do projeto. Para isso, é importante que os clientes envolvidos no processo de desenvolvimento

do produto realizem o efetivo gerenciamento dos requisitos do cliente (DICK, 2004), o qual consiste na definição, análise, tradução e disponibilização de informações sobre as necessidades e preferências do cliente (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 1999). Assim, tornando esses requisitos explicitamente disponíveis e mantendo o controle da evolução dessas informações é possível apoiar o processo de tomada de decisão bem como verificar se esses requisitos foram devidamente atendidos na solução de projeto (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). O gerenciamento sistemático de requisitos tem sido identificado como um mecanismo capaz de assegurar (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002):

- a) que os requisitos do cliente sejam mantidos ao longo do processo de desenvolvimento do produto;
- b) que os requisitos do cliente sejam definidos de forma clara e compreendidos a partir da perspectiva dos clientes; e
- c) que os requisitos sejam apresentados em um formato relativamente fácil para que a equipe de projeto consiga atuar sobre eles para desenvolver melhores soluções de projeto e com isso atender às necessidades do cliente.

Contudo, a ideia de gestão dos requisitos em empreendimentos de construção surgiu na academia, como, por exemplo, em estudos desenvolvidos por Kamara e Anumba (2001), Huovila e Porkka (2005), Kamara, Anumba e Evbuomwan (2001, 2002), Leinonen e Huovila (2001). Além disso, existem poucos casos de empresas de construção civil que aplicam um processo sistemático e completo de gestão de requisitos. Dessa forma, desenvolver soluções de projeto que sejam capazes de atender os requisitos do cliente final, de forma a satisfazer esse cliente, é uma tarefa bastante complexa. Essa tarefa só é possível se os clientes envolvidos no processo de desenvolvimento do produto tiverem uma boa compreensão do cliente final, de seus requisitos e das particularidades do produto edifício.

Nesse sentido, é importante compreender as diferentes fases<sup>10</sup> ou atividades que uma empresa utiliza para conceber, projetar e comercializar um produto (ULRICH; EPPINGER, 2008). Segundo Krishnan e Ulrich (2001), o processo de desenvolvimento do produto pode ser definido como a transformação de uma oportunidade de mercado e um conjunto de hipóteses sobre tecnologia do produto em um produto disponível para venda. O processo de desenvolvimento de produtos, no contexto da construção civil, pode englobar fases e atividades desde a identificação das oportunidades do mercado até a entrega do

---

<sup>10</sup> Para facilitar a compreensão do texto nesta pesquisa, a palavra “etapa” será relacionada às etapas da GR, enquanto a palavra “fase” será relacionada às fases do projeto.

empreendimento ao cliente, uma vez que algumas atividades de definição do produto ocorrem durante a produção física (TZORTZOPOULOS, 2004) (Figura 7).

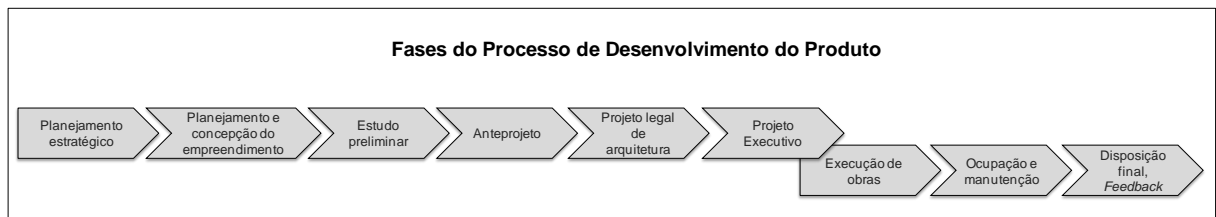


Figura 7 - Fases do processo de desenvolvimento do produto (baseado em: TZORTZOPOULOS, 2004).

O conceito de PDP, neste trabalho, é entendido como o processo no qual o produto é concebido, projetado e entregue ao cliente final, incluindo também a retroalimentação das fases de produção e uso.

### 2.5.1 Etapas e atividades da gestão de requisitos

A gestão de requisitos dos clientes contempla, além da identificação e processamento dos requisitos (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; JIAO; CHEN, 2006; MIRON, 2002; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993; PEGORARO, 2010), a disponibilização (MIRON, 2002), controle (MIRON, 2002; KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993) e verificação dos requisitos dos clientes ao longo do PDP (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993; PEGORARO, 2010). A Figura 8 apresenta uma comparação entre diferentes autores da definição de etapas da GR. Estas etapas, portanto, incluem basicamente a: (a) identificação dos requisitos; (b) análise, estruturação, priorização e tradução dos requisitos; (c) disponibilização e controle dos requisitos e (d) verificação.

AUTORES	ETAPAS DO PROCESSO DE GESTÃO DE REQUISITOS					
(KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002)	DEFINIR	ANALISAR	TRADUZIR	RASTREAR	VERIFICAR	
(JIAO; CHEN, 2006)	EXPLICITAR	ANALISAR	ESPECIFICAR			
(MIRON, 2002)	IDENTIFICAR	ANALISAR	PRIORIZAR	DISPONIBILIZAR	CONTROLAR	AVALIAR O VALOR E ARMAZENAR AS INFORMAÇÕES
(PEGORARO, 2010)	IDENTIFICAR	ANÁLISAR E PRIORIZAR	ESPECIFICAR		VALIDAR	
(FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993)	EXPLICITAR	ANALISAR		RASTREAR	VERIFICAR	

Figura 8 - Etapas do processo de gestão de requisitos relacionadas a diferentes autores.



Na etapa de definição ou identificação dos requisitos ocorre a avaliação cuidadosa das necessidades que uma edificação deve cumprir e envolve a análise e definição do contexto do empreendimento (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; JIAO; CHEN, 2006; MIRON, 2002), especificação funcional da edificação e restrições de projeto (especificação de como o edifício deve ser construído) (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). Esta etapa envolve a identificação dos grupos de interesse de clientes, o levantamento sistemático dos requisitos dos clientes (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; SHEN *et al.*, 2004; JIAO; CHEN, 2006; MIRON, 2002; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993), bem como a documentação das informações (JIAO; CHEN, 2006; PEGORARO, 2010). Contudo, sob a ótica de Ballard e Koskela (1998), nessa etapa os requisitos devem ser produzidos por meio de uma cuidadosa identificação das necessidades dos clientes e tradução meticulosa dessas necessidades em especificações de projeto.

A etapa de análise, estruturação, priorização e tradução dos requisitos refere-se ao processamento e representação adequada dos requisitos ou necessidades a serem inseridos no projeto e construção de uma edificação (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). Envolve a interpretação das necessidades dos clientes derivando-as em requisitos explícitos que podem ser compreendidos e interpretados pelos clientes (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; JIAO; CHEN, 2006; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993). Além disso, inclui a estruturação dos requisitos e priorização dos requisitos e dos grupos de interesse (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; JIAO; CHEN, 2006; PEGORARO, 2010). Posteriormente é necessário traduzir ou especificar os requisitos, atividade que envolve a tradução dos requisitos do cliente em soluções neutras e atributos do projeto (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; JIAO; CHEN, 2006; PEGORARO, 2010), incluindo, atividades como a determinação de valores para os atributos e realização de uma nova priorização das informações, que nesse caso são os atributos (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).

A disponibilização, controle ou rastreabilidade dos requisitos compreendem uma etapa de grande importância no processo de gerenciamento de requisitos, pois envolvem o contínuo intercâmbio e negociação entre a equipe de projeto em relação aos conflitos entre requisitos e mudanças de objetivos (FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993; JIAO; CHEN, 2006; MIRON, 2002). Com isso, é fundamental que ocorra a melhoria em relação à disponibilização de informações, para garantir que os clientes envolvidos tomem conhecimento de todo o tipo de alteração ou decisão tomada em relação ao produto final, evitando retrabalhos e perdas (MIRON, 2002). Segundo Sommerville (2007), a rastreabilidade de um requisito reflete na facilidade de encontrar a sua origem e as relações com os demais requisitos, possibilitando

saber quem o propôs, como este requisito evoluiu durante o desenvolvimento do projeto e o quanto os outros requisitos poderão ser afetados por sua mudança.

A etapa seguinte consiste na verificação dos requisitos, que é o procedimento para determinar se o projeto do produto contempla ou não o conjunto de requisitos designados (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; PEGORARO, 2010; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993). Essa etapa tem a finalidade de evitar que problemas de não atendimento dos requisitos cheguem a fases mais avançadas, possibilitando realizar as correções desses problemas antes da produção do produto e, assim, evitar prejuízos e retrabalhos (SOMMERVILLE, 2007).

Pegoraro (2010) concluiu que a relação entre as etapas da gestão de requisitos com as fases do processo de projeto é uma associação válida, podendo oferecer vantagens como a possibilidade de acompanhamento da evolução dos requisitos. A Figura 9 representa a integração das etapas da GR com as fases do processo de projeto, já que as atividades de gerenciamento de requisitos ocorrem de maneira iterativa (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; SOMMERVILLE, 2007; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993). Esta figura foi elaborada a partir da percepção de Sommerville (2007), o qual afirma que as etapas da gestão de requisitos repetem-se ciclicamente durante as fases do projeto.

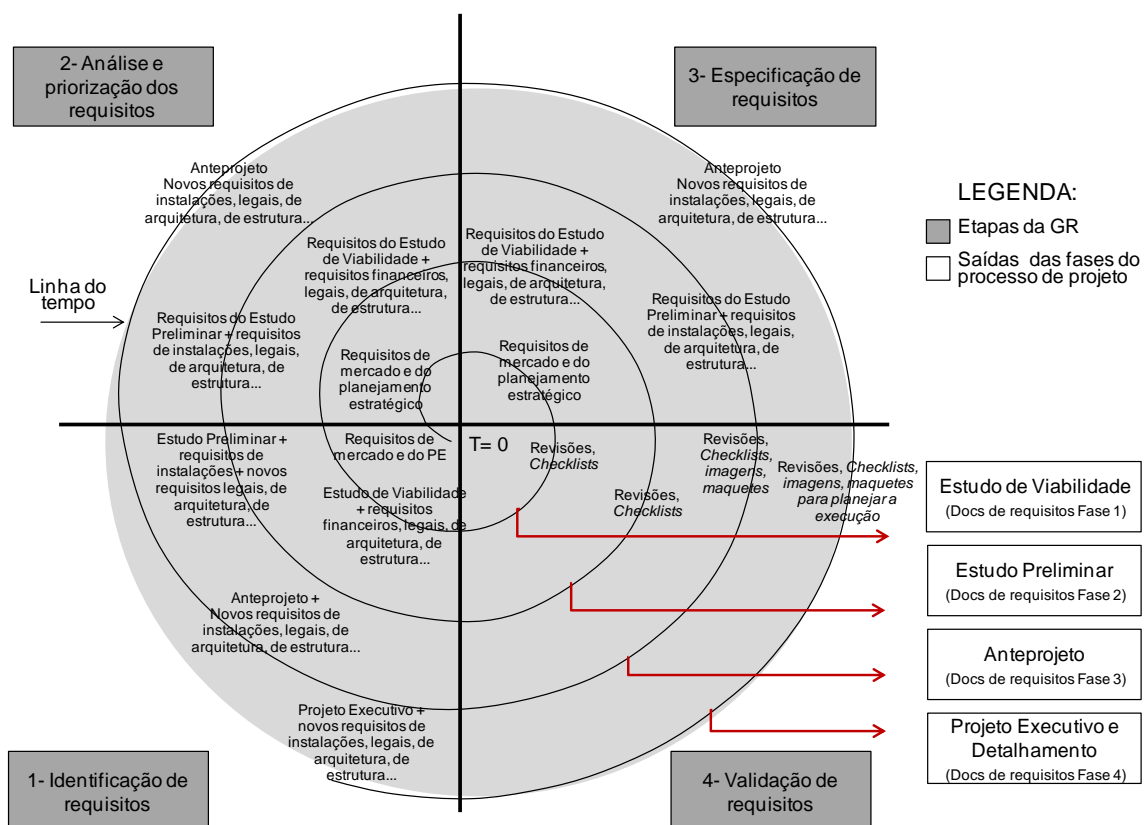


Figura 9 - Relação das etapas da gestão de requisitos e fases do processo de projeto (PEGORARO, 2010).

Da mesma forma, Miron (2002) relaciona os três principais grupos de atividades do gerenciamento de requisitos com as fases do processo de desenvolvimento de empreendimentos da construção (Figura 10).

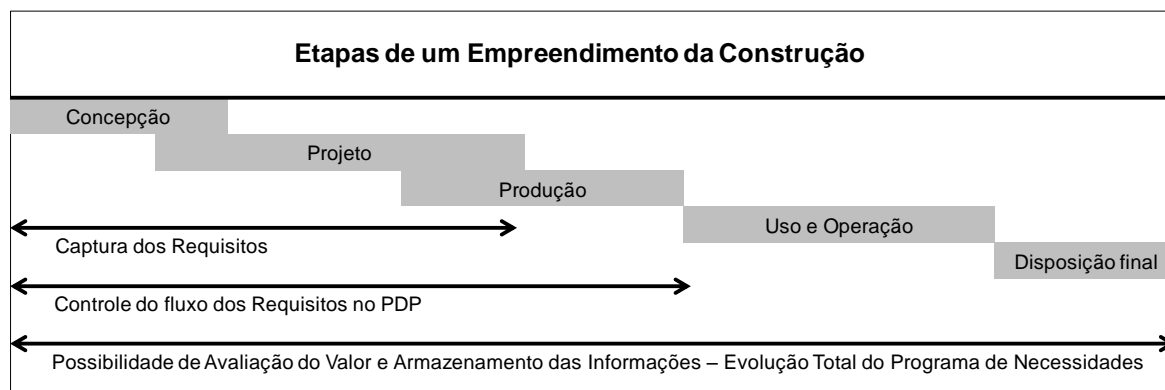


Figura 10 - Gestão de requisitos no processo de desenvolvimento de empreendimentos da construção (MIRON, 2002).

Durante a captura dos requisitos, segundo Miron (2002), ocorre a transformação das necessidades e expectativas dos clientes em requisitos e objetivos para o produto. O controle do fluxo dos requisitos, o qual corresponde ao monitoramento, refinamento e atendimento dos requisitos ao longo do PDP até a entrega do produto ao cliente final. Miron (2002) considera importante armazenar as informações dos requisitos ao longo do processo de desenvolvimento de empreendimentos da construção, além de ressaltar o princípio 5 de Koskela (2000) apresentado no item 2.1, o qual enfatiza a necessidade de assegurar por medições que o valor é gerado para o cliente (KOSKELA, 2000). Este terceiro grupo de atividades envolve avaliações do produto final na percepção dos principais clientes envolvidos no ciclo de vida de um empreendimento, assim como a formação de um banco de dados contendo dados do empreendimento, incluindo as características das edificações, informações do processo de produção e custos destes (MIRON, 2002). Para Miron (2002) é importante considerar que a avaliação final do empreendimento pode retroalimentar empreendimentos futuros.

## 2.6 GERAÇÃO DE VALOR E GERENCIAMENTO DOS REQUISITOS DO CLIENTE NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

O projeto e construção de empreendimento habitacional de interesse social (EHIS) podem ser analisados como um processo de desenvolvimento do produto (PDP), pois este descreve as atividades necessárias para o desenvolvimento do produto EHIS. O principal benefício de analisar projeto e construção como PDP é por que este fornece uma visão mais integrada do processo (MIRON; LEITE; FORMOSO, 2005). Avaliações pós-ocupação

realizadas em empreendimentos de habitação de interesse social apontaram a necessidade de uma visão mais detalhada e integrada do PDP, bem como a colaboração entre as organizações e os profissionais que desenvolvem e inspecionam esse tipo de produto (LEITE; MIRON; FORMOSO, 2005; MIRON; LEITE; FORMOSO, 2005). A utilização de uma abordagem de PDP integrado (FORGUES; KOSKELA; LEJEUNE, 2008) e com participação dos principais clientes envolvidos (SFANDYARIFARD; TZORTZOPOULOS, 2011; GRANJA *et al.*, 2009) é uma alternativa para o tratamento adequado dos requisitos do cliente e com isso apoiar a geração de valor. Além disso, o uso de abordagens para gerenciar os compromissos, estabelecer interfaces de comunicação e o treinamento específico do trabalho colaborativo são necessários para a gestão de requisitos do cliente e, conseqüentemente, geração de valor aos principais clientes envolvidos no processo de desenvolvimento de EHIS (LEITE; MIRON; FORMOSO, 2005; MIRON; LEITE; FORMOSO, 2005). As dificuldades de integração no processo de desenvolvimento dos produtos da construção civil são resultado, muitas vezes, dos conflitos de requisitos e dificuldades de gerenciar muitos *trade-offs* devido à grande quantidade de clientes envolvidos neste processo.

Além da necessidade de integração entre setores das instituições públicas que concebem HIS (MIRON; LEITE; FORMOSO, 2005), para que seja possível agregar valor ao produto final habitação é necessário, segundo Lima (2007), realizar esforços de processamento de requisitos, a partir de dados de caracterização da demanda, avaliação pós-ocupação, reclamações de usuários, entre outras fontes de dados. O processamento de requisitos permite disponibilizar informações num formato adequado para apoiar a tomada de decisão no processo de desenvolvimento do produto de empreendimentos específicos como também na definição de programas habitacionais (LIMA, 2007).

Santos, Kistmann e Fischer (2004) apontaram em sua pesquisa que as barreiras sociais e culturais representam os principais aspectos que afetam o programa de necessidades para empreendimentos habitacionais de interesse social. Essas barreiras, como por exemplo, a dificuldade de comunicação entre projetista e um usuário da habitação de interesse social, afetam o nível de compreensão do processo de projeto tanto do projetista como do usuário (cliente final). Além da comunicação, outro problema identificado no processo de desenvolvimento do programa de necessidades foi a falta de experiência das famílias em viver em uma casa adequada, tornando difícil a esses clientes expressar suas reais necessidades, pois eles não sabiam o que poderiam esperar na habitação (SANTOS; KISTMANN; FISCHER, 2004). Dessa forma, o estudo de Santos, Kistmann e Fischer (2004) mostrou que o uso de entrevistas semiestruturadas por si só não permite a captura completa

dos requisitos, sendo necessário desenvolver técnicas mais adequadas para captura e processamento dos requisitos com envolvimento de outras dimensões de valor, tais como, excelência, status, estima, jogo, estética, ética, espiritualidade. A consideração dessas dimensões de valor propostas por Holbrook (1999) pode proporcionar um aumento do valor percebido pelos clientes finais sem necessariamente aumentar o custo da habitação (SANTOS; KISTMANN; FISCHER, 2004).

Miron (2008) adaptou conceitos e abordagens teóricas sobre valor e satisfação para o cliente com base na literatura proveniente da área de marketing. Esta adaptação representa a possibilidade de contribuições para a análise da percepção de valor e oportunidades de geração de valor através do gerenciamento de requisitos dos principais clientes de habitação de interesse social. Seguindo essa linha de pesquisa, Bonatto (2010) propôs um modelo para avaliação de EHIS a partir da percepção de usuários (Figura 11). Para o desenvolvimento desse modelo a autora utilizou a hierarquia de valor percebido proposta por Gutman (1982) e Woodruff e Gardial (1996) bem como trabalhos anteriores de Miron (2008) e Lima *et al.* (2009), os quais também abordaram a hierarquia de valor percebido proposta pelos autores anteriormente mencionados. A hierarquia de valor visa identificar os valores dos consumidores, bem como o potencial que determinados produtos (meios) têm de atender tais valores (fins) por meio de seus atributos (GUTMAN, 1982). Além disso, Woodruff e Gardial (1996) salientam que existem diversos benefícios na utilização da hierarquia de valor percebido, no que se refere tanto à identificação do valor desejado quanto ao recebido. Os autores apontam como benefícios: a possibilidade de entender o que os clientes querem e de guiar a tomada de decisão sobre alterações e definições de produto pelas consequências e objetivos esperados por esses clientes (WOODRUFF; GARDIAL, 1996).

Dessa forma, o modelo proposto por Bonatto (2010) apresenta os três níveis de abstração aos moldes da hierarquia dos autores mencionados acima, possuindo na base do modelo os atributos do produto EHIS, no meio, suas consequências específicas e no topo, os objetivos (Figura 11). Cabe salientar que os atributos estão relacionados com cada uma das partes do produto EHIS, entendido pela autora como a composição de produtos físicos (tangíveis) e serviços relacionados (intangíveis) (BONATTO, 2010).

A composição do produto EHIS foi determinada com base nas avaliações de pesquisas anteriores (MIRON, 2008; LEITE, 2005) e entrevistas com agentes operadores (BONATTO, 2010). Dessa forma, os produtos são: (a) unidade habitacional, formada por edificação ou parte desta destinada à habitação unifamiliar, e pode possuir diferentes tipologias (casa, apartamento, sobrado); (b) áreas de uso comum, são as áreas do condomínio ou

loteamento destinadas ao uso comum, podem ser espaços abertos ou fechados, ou, ainda, edificações inteiras, tais como, salão de festas, estacionamentos, praças, etc.; e (c) entorno, caracteriza-se pela localização e inserção urbana, refletindo aspectos referentes à infraestrutura ou acesso a equipamentos urbanos, entre outros. Já os serviços são formados por: (a) projeto social, referente ao projeto do Trabalho Técnico Social, que envolve diversas ações que variam conforme o programa ou empreendimento habitacional, tais como as informativas, de mobilização e organização dos beneficiários, de educação ambiental ou patrimonial, dentre outros; e (b) gestão do uso, são os aspectos referentes à operação e manutenção dos empreendimentos, considerando as diferentes possibilidades de gestão do uso (vinculadas ou não aos programas), como a prestada por administradora ou desenvolvida por autogestão.

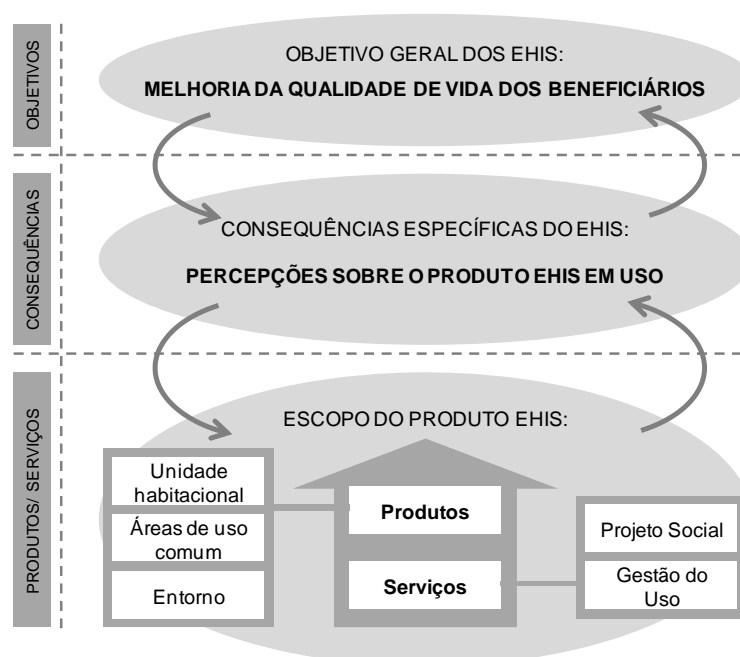


Figura 11 - Modelo conceitual para avaliação de EHS baseada na hierarquia de valor para o cliente final (BONATTO, 2010).

Granja *et al.* (2009) também buscou um entendimento do conceito de valor desejado para a introdução de melhorias em projetos habitacionais. Os referidos autores utilizaram a técnica de preferência declarada como forma de analisar o valor desejado do produto em uso de moradores de EHS, fazendo uso de cartões ilustrados com itens de valor. A partir dos resultados obtidos, Granja *et al.* (2009) constatam que mesmo com nível alto de percepção de valor e com as condições atuais não correspondendo ao ideal, nem sempre é possível promover ações de melhoria pelos próprios moradores. Para isso são necessárias intervenções por agentes externos como promotores do empreendimento, e mesmo por organizações não governamentais. Além disso, o projeto poderia conter elementos que

incentivem a participação ativa dos usuários nessas melhorias, como, por exemplo, locais para que os usuários se envolvessem no plantio, cuidado e usufruto de áreas verdes (GRANJA *et al.*, 2009).

A pesquisa desenvolvida por Granja *et al.* (2009), portanto, colabora para um melhor entendimento da relação do homem com o seu ambiente construído, a partir da própria visão dos moradores desse tipo de empreendimento. Dessa forma, a introdução do conceito de valor desejado para as fases de avaliação de projetos de habitação pode ser visto como uma ferramenta adicional importante para avaliar o desempenho do edifício e melhorar o processo de concepção e produção de habitação social (GRANJA *et al.*, 2009; KOWALTOWSKI; GRANJA, 2011).

Por fim, com base na análise de pesquisas que visam auxiliar na melhoria da qualidade de EHIS com foco na geração de valor para o cliente, é possível perceber a importância de considerar a percepção de valor dos diferentes clientes envolvidos no processo de desenvolvimento de EHIS bem como, a importância de gerenciar os requisitos desses clientes como forma de gerar valor na habitação. Além disso, estas pesquisas evidenciaram algumas atividades importantes para o gerenciamento de requisitos de clientes de EHIS, tais como: (a) mapeamento ou identificação dos grupos de clientes envolvidos no processo de desenvolvimento de EHIS (MIRON, 2008; LEITE, 2005; BONATTO, 2010; LIMA, 2007); (b) estruturação de requisitos ( KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; JIAO; CHEN, 2006; PEGORARO, 2010), a qual foi abordada no trabalho de Lima (2007) devido à necessidade de estruturar requisitos de clientes de EHIS (item 3.1.1); (c) modelos ou mapeamentos do produto (MIRON, 2008; LEITE, 2005; BONATTO, 2010; LIMA, 2007; TZORTZOPOULOS; BETTS; COOPER, 2002); e (d) visão integrada de processo (FORGUES; KOSKELA; LEJEUNE., 2008; MIRON, 2008; LEITE, 2005;. MIRON; LEITE; FORMOSO, 2005), evidenciada pela necessidade de monitoramento e controle dos requisitos ao longo do processo (MIRON, 2008; LEITE, 2005;. MIRON; LEITE; FORMOSO, 2005). Nesta pesquisa, portanto, pretende-se auxiliar a gestão de requisitos de clientes nas etapas iniciais do processo de desenvolvimento de EHIS com uso de ferramenta BIM na tentativa de gerar valor para os clientes envolvidos nesse processo.

### 3 MODELAGEM DE REQUISITOS DO CLIENTE E BIM

Este capítulo discute a modelagem de requisitos de clientes e apresenta exemplos de modelos de requisitos elaborados por pesquisadores da área da construção civil. Será destacada a etapa de estruturação dos requisitos, considerada como importante para a gestão de requisitos ao longo do processo de desenvolvimento de empreendimentos de construção. Também é destacado o potencial de ferramentas para modelar requisitos e auxiliar nas etapas da gestão de requisitos, com enfoque em ferramentas BIM.

#### 3.1 MODELAGEM DE REQUISITOS DO CLIENTE

A modelagem de requisitos do cliente é um tema que surgiu principalmente na engenharia de *software*, na qual os requisitos são a base para todo trabalho que é realizado para a concepção do produto *software* (SOMMERVILLE, 2007; YOUNG, 2004). Algumas técnicas de modelagem surgiram nesta área, pois não é uma tarefa fácil compreender o que os clientes dizem e querem, bem como acompanhar as mudanças de requisitos ao longo do processo, devido a sua natureza dinâmica (SOMMERVILLE, 2007; YOUNG, 2004). Dessa forma, para apoiar a gestão de requisitos muitas vezes são utilizados diferentes diagramas baseados em UML<sup>11</sup> (*Unified Modeling Language*) para realizar a modelagem de requisitos (GRÄSSLE *et al.*, 2005) tanto de requisitos funcionais como dos não funcionais (SOARES; VRANCKEN; VERBRAECK, 2011; FRIEDENTHAL; MOORE; STEINER, 2008). Segundo Grässle, Baumann e Baumann (2005), a modelagem de requisitos pode auxiliar a comunicação e visualização dos requisitos entre os diferentes clientes envolvidos além de facilitar a compreensão e verificação desses requisitos em termos de integridade, correção e consistência. A modelagem também auxilia na organização dos requisitos bem como na explicitação dos vários tipos de relacionamentos entre diferentes requisitos (SOARES; VRANCKEN; VERBRAECK, 2011; FRIEDENTHAL; MOORE; STEINER, 2008). Segundo Soares, Vrancken e Verbraeck (2011), a modelagem pode ter um impacto positivo em atividades posteriores, tais como rastreamento de requisitos e desenvolvimento do projeto. Dessa forma, na área de engenharia de *software*, o termo modelagem de requisitos pode ser compreendido como um meio para facilitar a comunicação entre os diversos envolvidos, permitir a visualização, verificação, especificação, e documentação dos requisitos bem como

---

<sup>11</sup> UML é uma linguagem gráfica utilizada para visualizar, especificar, construir e documentar os artefatos dos sistemas, os quais podem ser: sistemas de software, sistemas gerenciais, ou qualquer outro sistema. A unificação da Linguagem de Modelagem foi padronizada pelo *Object Management Group* (OMG), uma associação internacional que promove padrões abertos para aplicações orientadas a objeto (<http://www.omg.org>) (GRÄSSLE; BAUMANN; BAUMANN, 2005). A unificação ocorreu para adaptar, expandir e simplificar os tipos existentes de diagramas de vários métodos orientados a objeto, tais como diagramas de classes, diagramas de Caso de Uso de Jacobson ou Diagramas de Estados de Harel (GRÄSSLE; BAUMANN; BAUMANN, 2005).



representar através dos diagramas as relações entre os requisitos e entre esses e outros elementos do modelo.

Entretanto, no contexto da construção não foi identificada uma definição para o termo modelagem de requisitos. Nesta pesquisa, portanto, a modelagem de requisitos com uso de BIM é entendida como um processo que envolve uma fase de identificação de requisitos dos clientes, estruturação, bem como a conexão dos requisitos estruturados com o modelo do produto (representado em *software* do projeto). A modelagem de requisitos pode facilitar a organização, visualização, disponibilização, controle e verificação dos requisitos com as soluções de projeto adotadas e, assim, auxiliar na tomada de decisão dos diferentes envolvidos no processo de desenvolvimento de projetos de habitação de interesse social.

### 3.1.1 Ferramentas de apoio à gestão e modelagem de requisitos

A partir da revisão de literatura foi possível elaborar uma matriz contendo algumas das ferramentas, modelos e fontes de dados de requisitos mais citadas, que podem auxiliar nas etapas de gestão e modelagem de requisitos (Figura 12). Uma versão mais ampla desta matriz consta no Apêndice A deste documento.

		FONTES DE DADOS			FERRAMENTAS DE PROCESSAMENTO E MODELOS				FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO				
		Entrevistas	Avaliações pós-ocupação (APO)	Análise de documentos existentes, normas, legislação	Desdobramento da função qualidade (QFD)	Analytic Hierarchy process (AHP)	Diagrama em árvore	Modelo de Processamento de requisitos dos clientes, Kamara, Anumba e Evbuomwa (2002)	Modelo de requisitos Kiviniemi (2005)	ClientPro	EcoProp	dRofus	Solibri Model Checker
ETAPAS DA OR	IDENTIFICAR	x	x	x							x		
	PROCESSAR				x	x	x	x	x	x	x	x	
	DISPONIBILIZAR CONTROLAR				x				x	x	x	x	
	VERIFICAR		x									x	x

Figura 12 - Fontes de dados, modelos e ferramentas.

Algumas das fontes de dados que podem auxiliar na identificação dos requisitos são entrevistas, análise de documentos existentes, normas, legislação (MIRON, 2002; PEGORARO, 2010; JIAO; CHEN, 2006) e dados de avaliações pós-ocupação (PEGORARO, 2010). Além desses, existem ferramentas que possibilitam o processamento dos requisitos, o qual inclui a análise, estruturação, priorização e tradução dos requisitos em atributos da edificação.

Para a priorização pode-se utilizar a técnica AHP (*Analytic Hierarchy process*). Esta é definida por Saaty (1991) como sendo um método de apoio à decisão baseado em três princípios: (a) a construção de uma hierarquia; (b) o estabelecimento de prioridades; e (c) a consistência lógica das prioridades. Para aplicar a AHP na priorização dos requisitos dos

clientes, é necessário que os requisitos tenham sido estruturados em diferentes níveis hierárquicos e, para isso, pode-se utilizar o diagrama em árvore (KWONG; BAI, 2002; ANJARD, 1995). Nesta pesquisa, entretanto, não foi necessário realizar a priorização de requisitos e por isso a técnica AHP não foi utilizada.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, quatro abordagens para modelar requisitos foram analisadas: (a) desdobramento da função qualidade (QFD), o qual utiliza matrizes para modelar requisitos (AKAO, 1990); (b) diagrama em árvore, utilizado para desmembrar os objetivos e necessidades dos clientes em requisitos até se alcançar níveis mais detalhados como os atributos (KWONG; BAI, 2002); (c) modelo de processamento de requisitos do cliente (CRPM), proposto por kamara, Anumba e Evbuomwan (2002); e (d) modelo de requisitos, proposto por Kiviniemi (2005). Esses exemplos de modelagem de requisitos foram selecionados por terem sido aplicados em pesquisas relacionadas à construção. Além disso, possuem em comum a etapa de estruturação dos requisitos, que foi considerada nesta pesquisa como importante na modelagem de requisitos. A estrutura de requisitos proposta por Kiviniemi (2005), utilizada para facilitar a interface entre modelo de requisitos e o modelo do produto edificação do referido autor, teve um importante papel nesta pesquisa, por ter um enfoque voltado ao BIM.

### **3.1.2 *Quality Function Deployment (QFD): desdobramento da função qualidade***

O desdobramento da função qualidade foi concebido no Japão no fim da década de 1960 por Yoji Akao e Shigeru Mizuno. O QFD surgiu como um método ou conceito de apoio ao desenvolvimento de novos produtos e serviços, estabelecendo uma relação deste com a Gestão da Qualidade Total (TQM<sup>12</sup>) (AKAO; MAZUR, 2003). Akao (1990) define o QFD como uma ferramenta capaz de converter as demandas dos consumidores em características de qualidade, desenvolvendo uma qualidade de projeto para um produto acabado pelos relacionamentos desdobrados sistematicamente entre as demandas e as características, começando com a qualidade de cada componente funcional e estendendo o desdobramento para a qualidade de cada parte e processo. Assim, a qualidade do produto como um todo pode ser percebida através de uma rede de relacionamentos (AKAO, 1990). Os objetivos do QFD incluem: identificar, incorporar e implementar a voz do consumidor durante a melhoria do produto (TRAN; SHERIF, 1995). Além disto, visa a documentar

---

<sup>12</sup> A Gestão da Qualidade Total é uma filosofia que enfatiza atingir a satisfação do cliente através de um sistema integrado de ferramentas, técnicas e treinamento, tem sido aplicada com sucesso em diversas indústrias, incluindo setores de manufatura e serviços (POWELL, 1995). TQM é conhecida principalmente nos Estados Unidos como *Total Quality Management* e no Japão como *Total Quality Control* (Controle da Qualidade Total), mas ambas têm o mesmo significado.

algumas decisões que são tomadas em projetos durante sua evolução (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 1999).

A ferramenta QFD é composta por tabelas de desdobramento, matrizes e o modelo conceitual (MIGUEL, 2005). Para o referido autor, a tabela de desdobramento da qualidade é um diagrama que representa os níveis de desdobramento de um dado objeto, onde as informações são agrupadas por afinidade (ou similaridade) e ordenadas. A matriz resulta da combinação de duas tabelas de desdobramento (MIGUEL, 2005), sendo que a matriz mais comumente usada é chamada de “Casa da Qualidade” (SHEN, TAN, XIE, 2000b). Esta matriz é uma etapa de importância fundamental (CHAN; WU, 2002), pois proporciona um guia para o processo de projeto por meio do entendimento dos requisitos do consumidor (qualidade demandada) e do estabelecimento de prioridades dos requisitos de projeto (características da qualidade) (MIGUEL, 2005). As demais matrizes do QFD são realizadas para melhorar o entendimento das etapas subsequentes ao planejamento do produto (MIGUEL, 2005). Este conjunto de matrizes utilizadas no desenvolvimento de determinado produto formam o modelo conceitual do QFD (MIGUEL, 2005). Assim, o processo do QFD é composto por quatro fases (AKAO, 1990; CHAN; WU, 2002; SHEN, TAN, XIE, 2000a; KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 1999): (a) planejamento do produto, por meio da “casa da Qualidade”; (b) o desdobramento das partes; (c) o planejamento do processo; (d) e o planejamento da produção.

Em termos de aplicação do QFD, Chan e Wu (2002) realizaram uma ampla revisão de literatura apontando o QFD como uma ferramenta que apresenta várias aplicações em distintos contextos. Como benefícios da aplicação do QFD pode-se citar o fornecimento de uma metodologia estruturada para capturar e trazer a voz do cliente para a organização da produção (TRAN; SHERIF, 1995); comunicação e integração horizontal por meio do uso de procedimentos e processos que incidem sobre a linguagem do cliente (HAUSER, 1993); fornecimento de um caminho rastreável do cliente até os processos mais detalhados, ao longo de cada estágio do ciclo de desenvolvimento do produto (RANKY, 1994<sup>13</sup> *apud* KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 1999); recuperação e reutilização de requisitos (TRAN; SHERIF, 1995); compreensão mais profunda dos requisitos do produto e o fornecimento de um método simples estratégico para avaliar o impacto das mudanças de requisitos (JOHNSTON; BURROWS, 1995<sup>14</sup> *apud* KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 1999).

---

<sup>13</sup> RANKY, P. G. **Concurrent/Simultaneous Engineering**: (methods, tools & case studies): a practical and consistent approach centered around powerful creative & innovative manufacturing and product design methods, tools and technologies. west yorkshire, england: CIM ware Limited, 1994. p. 256.

<sup>14</sup> JOHNSON, G. O.; BURROWS, D. J. Keeping The Customer Really Satisfied. **GEC Review**, v. 10, n. 1, p. 31-39, 1995.

Os benefícios do QFD citados anteriormente estão relacionados diretamente ao processamento de requisitos dos clientes (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 1999). Isto inclui a captura e processamento da voz do cliente na concepção e construção, compreensão aprofundada e rastreabilidade de requisitos, melhoria da comunicação e integração horizontal entre os membros da equipe de processamento dos requisitos (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 1999). O uso do QFD para o processamento dos requisitos faz com que a voz do cliente seja mais facilmente compreendida e eventualmente esta poderá ser transformada em prioridades do projeto e produto, levando a um produto mais competitivo e melhorado (SOMMERVILLE; CRAIG, 2002). Assim, o QFD poderia ser aplicado na indústria da construção civil como uma ferramenta de apoio ao gerenciamento de requisitos (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 1999).

Entretanto, quando o produto é complexo, como no caso de empreendimentos da construção, o uso do QFD como ferramenta gerencial torna-se demasiadamente extenso (SOMMERVILLE; CRAIG, 2002). Esta ferramenta é limitada na sua aplicação principalmente por ser predominantemente um sistema manual destinado a produtos simples (SOMMERVILLE; CRAIG, 2002). Devido às dificuldades, a aplicação do QFD na gestão de empreendimentos da construção está restrita a um pequeno número de exemplos relatados na literatura (DIKMEN; BIRGONUL; KIZILTAS, 2005).

No contexto da habitação de interesse social no Brasil, por exemplo, a aplicação parcial do QFD possibilitou um meio sistemático de processar os requisitos do cliente (LIMA, 2007). A referida autora realizou o processamento das informações de clientes finais, obtidas de fonte secundária, e posteriormente as estruturou em uma árvore lógica de requisitos dos usuários de EHIS. Essa árvore lógica foi utilizada para fundamentar a construção do instrumento de coleta de dados dos agentes e da voz dos usuários para a matriz da qualidade do QFD. A árvore lógica de requisitos de Lima (2007) foi formada por dez categorias principais: (1) localização; (2) vida em condomínio; (3) segurança; (4) atendimento da administradora; (5) funcionalidade da unidade habitacional; (6) qualidade do condomínio; (7) requisitos específicos do Programa de Arrendamento Residencial (PAR); (8) qualidade dos acabamentos; (9) problemas construtivos; e (10) condições de conforto. A organização das informações, utilizando uma estrutura em árvore, favoreceu a visualização dos requisitos demandados pelos clientes em uma estrutura hierárquica, a qual pode contemplar níveis primário, secundário e terciário (RIBEIRO; ECHEVESTE; DANILEVICZ, 2001). Após a estruturação e ponderação, os requisitos foram inseridos na matriz da qualidade, a primeira matriz do QFD.

Com a aplicação do QFD no contexto de HIS, Lima (2007) identificou que os principais benefícios do QFD estão relacionados em fundamentar a tomada de decisão no desenvolvimento do produto através processamento das informações na matriz da qualidade. Essas informações abrangem os principais requisitos dos clientes finais, a priorização desses requisitos, além da tradução dos requisitos dos clientes finais em atributos do produto, a relação dos atributos entre si e a importância dos atributos do produto. Ainda, Lima (2007) aponta que a aplicação da matriz da qualidade propiciou a oportunidade de um processamento integrado, à medida que os dados dos clientes finais e dos demais clientes envolvidos puderam ser analisados conjuntamente, e com isso foi possível fazer o fechamento de etapas anteriores.

Entretanto, Lima (2007) apontou algumas dificuldades e limitações na aplicação do QFD: (a) o processamento dessas informações é complexo e demanda muito tempo, principalmente se a matriz atingir tamanhos muito grandes; e (b) é difícil envolver membros do desenvolvimento do produto que desconhecem a ferramenta, no processamento das informações, necessárias para produzir a matriz, particularmente se este processo é fragmentado.

### 3.1.3 Diagrama em árvore

O diagrama em árvore é uma ferramenta que permite o mapeamento sistemático em detalhes ampliados de toda a gama de caminhos e tarefas que precisam ser realizadas a fim de alcançar um objetivo principal e cada subobjetivo relacionado (ANJARD, 1995). Este diagrama é usado de uma forma descendente para desmembrar os objetivos e necessidades dos clientes em requisitos até se alcançar níveis mais detalhados como os atributos que podem ser utilizados para a aplicação (KWONG; BAI, 2002). Kwong e Bai (2002) apresentam o diagrama em árvore através de uma hierarquia em três níveis para os requisitos do consumidor (Figura 13).

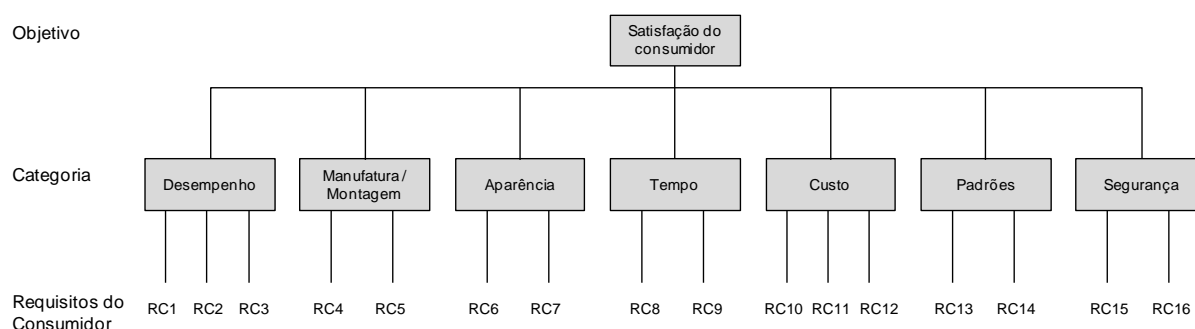


Figura 13 - Hierarquia dos requisitos do consumidor (KWONG; BAI, 2002).

No diagrama da Figura 13 o objetivo é a satisfação do consumidor, o qual é desmembrado em sete categorias de requisitos no nível categoria, que por sua vez são desmembradas no terceiro nível da hierarquia em requisitos do consumidor (KWONG; BAI, 2002). Os requisitos do consumidor (terceiro nível da Figura 13) podem gerar outros níveis de requisitos em uma hierarquia, e que por sua vez geram atributos para o produto.

Essa estruturação e decomposição de requisitos em uma hierarquia que inicia em um nível mais geral (primário) para o aumento dos níveis de detalhe (requisitos secundários e terciários) pode facilitar uma maior compreensão e rastreabilidade de requisitos (KOTT; PEASANT, 1995; ULRICH; EPPINGER, 2008). Além de auxiliar na gestão de requisitos através da visualização, organização, disponibilização e rastreabilidade de requisitos, a estrutura facilita o armazenamento dessas informações em ferramentas BIM, aumentando, com isso, o potencial da modelagem de requisitos.

Adicionalmente, o diagrama em árvore foi utilizado para estruturar os requisitos durante a construção da primeira matriz do QFD, a “Casa da Qualidade” (KWONG; BAI, 2002; LAI *et al.*, 2008). Na pesquisa desenvolvida por Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002) os requisitos foram estruturados no formato de diagrama em árvore para facilitar a priorização dos requisitos terciários durante a etapa de análise dos requisitos. Pegoraro (2010) também usou esse diagrama para estruturar requisitos de sustentabilidade no contexto da construção civil, conforme apresentado a seguir.

Na pesquisa de Pegoraro (2010) a estruturação gráfica é percebida como uma atividade importante por oferecer aos clientes envolvidos visibilidade sobre a evolução e sobre as relações entre os requisitos. Segundo a mesma autora, ao surgirem os primeiros requisitos funcionais, surgem também as soluções de projeto, as quais tendem a gerar requisitos mais específicos do que os que lhe deram origem. Dessa forma, à medida que os requisitos tiverem suas soluções definidas, as mesmas devem ser inseridas na estruturação gráfica para que os próximos requisitos, mais específicos, possam ser ancorados na estrutura (PEGORARO, 2010).

Novos requisitos e soluções surgem, são eliminados ou alterados a cada fase do projeto, e a atualização da estrutura gráfica permite a visualização desta dinâmica. Com isso, as principais contribuições práticas desta visibilidade, conforme Pegoraro (2010) são: (a) a percepção sobre como os requisitos estratégicos estão sendo atendidos; (b) a possibilidade de sinalização de situações de conflito e dependência entre requisitos; e, conseqüentemente, (c) a melhor visualização dos impactos que a mudança em um requisito tem sobre os demais. Pegoraro (2010) salienta, portanto, a importância da manutenção de

versões da estrutura ao longo da evolução do projeto, pois serve como *backup* e é uma fonte de evidência para avaliação do projeto.

Pegoraro (2010), portanto, realizou a estruturação gráfica dos requisitos ambientais, mas para isso, foi necessário investigar como esses requisitos evoluíram desde as primeiras fases do processo de projeto através de uma modelagem retrospectiva Figura 14. Essa modelagem, segundo Pegoraro (2010), divide a gestão de requisitos por fases de projeto: (1) planejamento estratégico da empresa e do negócio, (2) prospecção e negociação do terreno, (3) estudos de viabilidade, (4) estudos preliminares, (5) anteprojeto e (6) projeto executivo. Apenas as três primeiras fases do processo estão representadas na modelagem da Figura 14.

Para Pegoraro (2010) esta estrutura evolui gradativamente a cada fase do processo de projeto, e seu formato será modificado ao longo das próximas fases quando novos requisitos serão adicionados, excluídos ou alterados. Os requisitos mais gerais, demandantes de funcionalidades que têm impacto em vários subsistemas estão posicionados nas fases iniciais. Já os mais específicos foram posicionados em fases posteriores. Ainda, Pegoraro (2010) incluiu soluções de projeto na estruturação, pois elas são importantes por gerar novos requisitos. A rastreabilidade torna-se mais explícita e compreensível, se forem mantidas as soluções na estrutura gráfica (PEGORARO, 2010).

A modelagem possibilitou a interpretação, os desdobramentos e, principalmente, compreensão de como os requisitos estratégicos estavam sendo satisfeitos (PEGORARO, 2010). Com isso, a visualização dos requisitos nesse formato permitiu a compreensão das relações entre os requisitos e o desdobramento dos requisitos estratégicos. Outra contribuição prática, na percepção de Pegoraro (2010) é a visibilidade do impacto que a mudança de um requisito pode causar nos demais. Uma vez que a solução de um requisito com muitos desdobramentos é alterada, pode-se prever uma substancial parte dos impactos desta mudança em outros requisitos (PEGORARO, 2010).

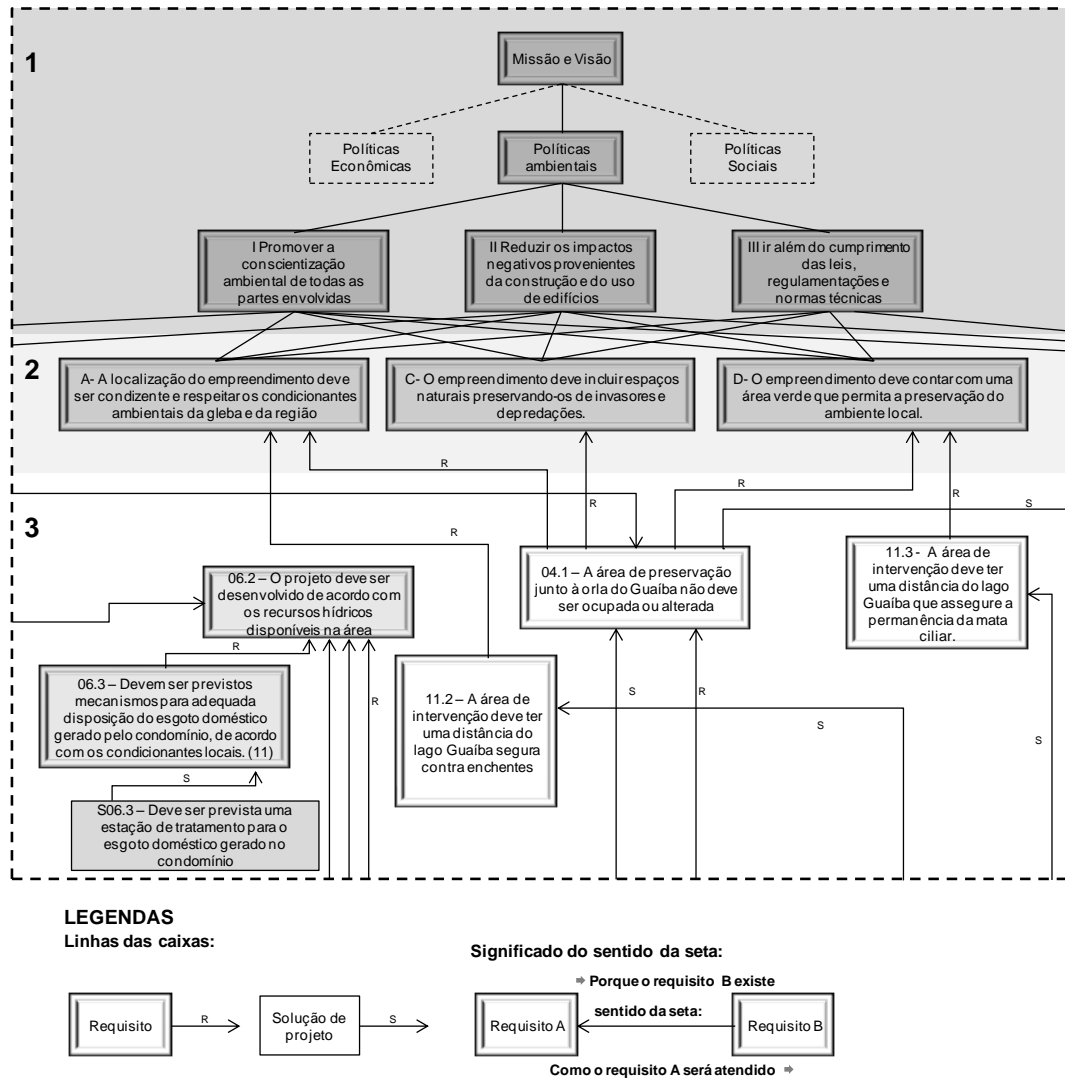


Figura 14 - Estruturação gráfica dos requisitos ambientais (baseado em: PEGORARO, 2010).

### 3.1.4 Modelo de processamento de requisitos do cliente (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002)

Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002) desenvolveram o *Client requirements processing model* (CRPM) para melhorar o processo de captura dos requisitos do cliente. Esse modelo de processamento de requisitos do cliente (CRPM) é a representação de uma estrutura proposta para estabelecer os requisitos do cliente em projetos da construção. Esse modelo descreve as funções ou atividades que necessitam ser realizadas, assim como, ferramentas e técnicas requeridas para efetivamente definir, analisar e traduzir os requisitos do cliente dentro de uma solução neutra de especificações do projeto.

O CRPM utiliza ferramentas como o QFD, através matriz da qualidade para implementar a “voz do consumidor”, além de outras técnicas como a modelagem IDEF-0. No modelo de



processamento de requisitos são descritos os principais estágios que correspondem à definição, análise e tradução dos requisitos dos clientes (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002) (Figura 15).

- a) definição dos requisitos do cliente envolve três atividades: definir o contexto do projeto, identificar os grupos de interesse de clientes e obter os requisitos dos clientes;
- b) análise dos requisitos dos clientes compreende estruturar os requisitos (funções e atributos são transformados em requisitos primários, secundários e terciários e representados por meio de um diagrama em árvore), priorizar os grupos de interesse com base nas informações fornecidas por eles, além de priorizar os requisitos terciários; e
- c) tradução dos requisitos dos clientes consiste em quatro atividades: gerar atributos de projeto, determinar valores alvo para atributos do projeto, traduzir requisitos terciários em atributos do projeto e priorizar os atributos do projeto.

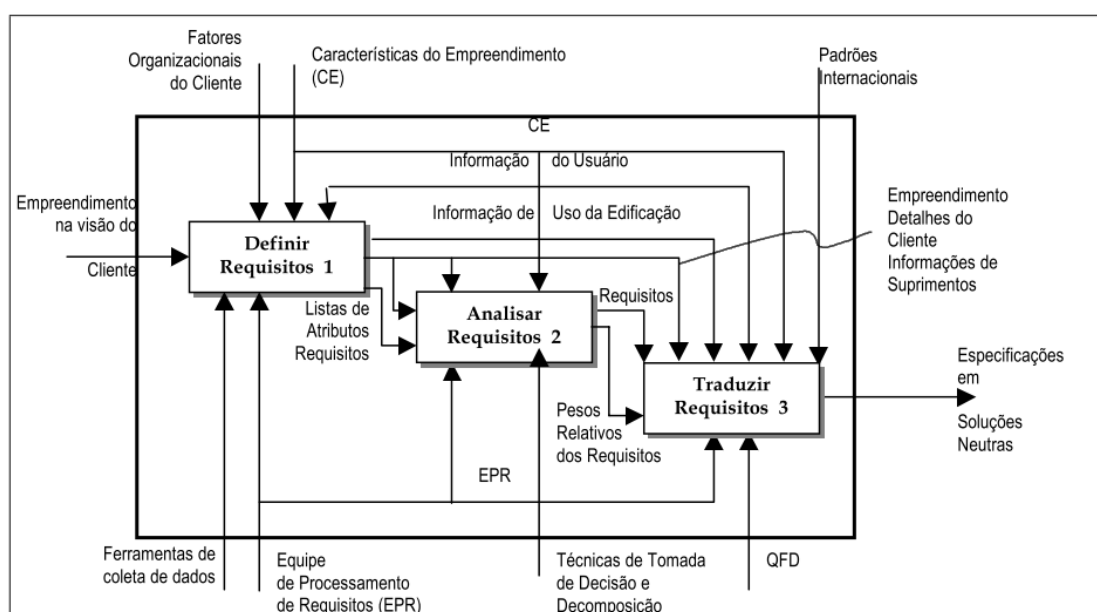


Figura 15 - Modelo de processamento dos requisitos do cliente (baseado em: KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).

O CRPM apresenta-se como uma interface entre os interesses e necessidades dos clientes e requisitos do projeto. O contexto de aplicação do CRPM dentro do processo da construção é ilustrado na Figura 16 (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). Os resultados das atividades de processamento dos requisitos dos clientes podem facilitar o trabalho colaborativo da equipe de projeto multidisciplinar. Além dos resultados do processamento de

requisitos dos clientes, outras informações, tais como, condições do terreno, requisitos normativos e ambientais, são requeridas para fornecer contexto ao projeto (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). Segundo os mesmos autores, embora não indique no diagrama, esta informação pode ser coletada em paralelo com a atividade de processamento de requisitos.

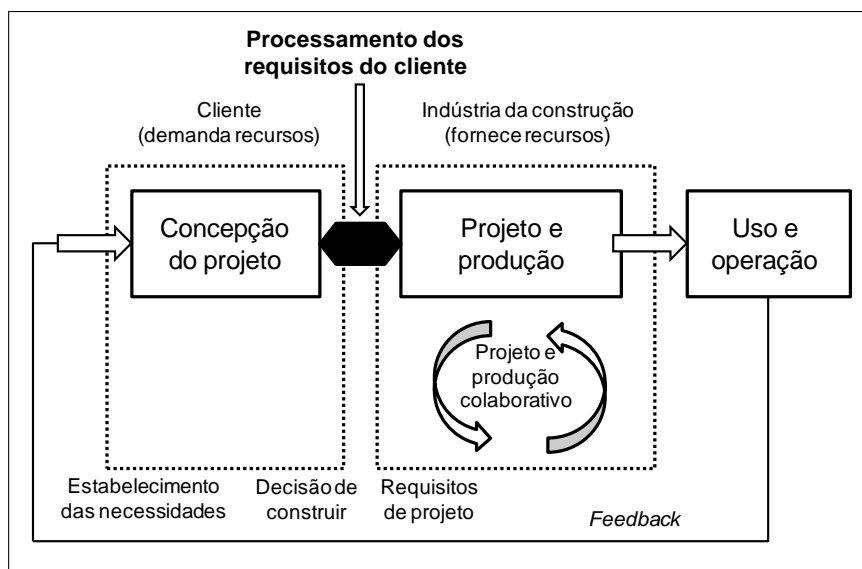


Figura 16 - Contexto de implementação do CRPM (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).

Para Kamara, Anumba e Evbuomwan (2002), o CRPM foi desenvolvido para assegurar o foco adequado no cliente, e a partir desse modelo foi gerada uma versão de *software*, o *ClientPro*, criado para automatizar o processamento de requisitos. Contudo, existem dificuldades de utilização dessa ferramenta por empresas da construção, sendo necessária a implementação por equipes treinadas para realizar o processamento dos requisitos. Outra observação apontada é de que os requisitos dos clientes não são suficientes para o projeto, eles precisam estar combinados com outros requisitos de projeto, como por exemplo, informações sobre o terreno. Dessa forma, deve-se enfatizar que o estabelecimento dos requisitos dos clientes, não garante um resultado de plena satisfação dos clientes e que o gerenciamento efetivo desses requisitos, durante o processo de projeto e através do seu ciclo de vida, contribui para alcançar os objetivos dos clientes (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).

### 3.1.5 Modelo de requisitos (KIVINIEMI, 2005)

Kiviniemi (2005) desenvolveu um modelo para estabelecer conexões entre os requisitos e o modelo do produto da construção, que visa apoiar a gestão de requisitos do cliente no processo de projeto. Esse modelo é baseado na ideia de que é necessário estruturar (ou

modelar) requisitos a fim de conectá-los ao modelo do produto já que as informações sobre requisitos são muito fragmentadas e repetidas em diversos documentos. Nesse sentido, Kiviniemi (2005) salienta que o uso de *software* de projeto baseado no modelo do produto edificação, ou seja, *software* BIM associado à documentação estruturada de requisitos oferece a oportunidade de gerenciar e conectar a informação de modo que não é necessário dispor de um ambiente com base em documentos.

O autor limitou o escopo do trabalho para projeto arquitetônico de edifícios de escritórios e laboratórios. Os sistemas prediais e estruturais não estão no escopo da pesquisa de Kiviniemi (2005), apenas são considerados os requisitos indiretos para estes sistemas. Contudo, muitos dos princípios podem ser aplicados a outros domínios de projeto e outros tipos de edificações. A seguir são listadas contribuições da pesquisa desenvolvida por Kiviniemi (2005), com enfoque no principal artefato, o modelo de requisitos.

#### 3.1.5.1 Requisitos diretos e indiretos

Os requisitos podem ser diretamente vinculados a um objeto, mas também ter um impacto indireto, ou seja, podem afetar outros objetos na edificação. Por exemplo, os requisitos de temperatura para um quarto afetam os sistemas de ar condicionado e elementos de objetos adjacentes (paredes, janelas, por exemplo) (KIVINIEMI, 2005). As implicações dos requisitos indiretos são conhecidas na prática de projeto, mas não são normalmente documentadas ao se gerenciar requisitos na indústria da construção (KIVINIEMI, 2005).

Os requisitos também podem estar relacionados com os diferentes níveis de detalhes do modelo do produto da construção (KIVINIEMI, 2005). Esses níveis estão dispostos na seguinte ordem hierárquica: empreendimento, terreno, edificação, pavimento do edifício, espaço e sistemas. Kiviniemi (2005) parte do princípio de que os requisitos indiretos não podem estar conectados aos níveis superiores da hierarquia. Isso significa, por exemplo, que o terreno pode criar requisitos indiretos para a edificação, e esta para os espaços, mas não o contrário (KIVINIEMI, 2005).

#### 3.1.5.2 Requisitos para espaços

Os requisitos para espaços são os requisitos mais comuns definidos em programas de necessidades de empreendimentos da construção (KIVINIEMI, 2005). Para o mesmo autor existe um número de requisitos que são compartilhados por diversos espaços. No entanto, esses espaços também têm requisitos individuais, que não são compartilhados. Dessa forma, repetir requisitos compartilhados em todos os espaços pode gerar um grave

problema de gerenciamento de requisitos, pois se algum requisito compartilhado mudar, as alterações deverão ser feitas em muitos locais (KIVINIEMI, 2005). Para isso, Kiviniemi (2005) definiu o *Space Program Type* (SPT), formado por requisitos específicos de determinado tipo de espaço, e *Space Program Instance* (SPI), formado por requisitos genéricos, em seu modelo de requisitos. A Figura 17 representa o modelo conceitual usado para conectar requisitos com modelo do produto, através das relações entre *Space Program Type*, instâncias físicas dos espaços e requisitos indiretos.

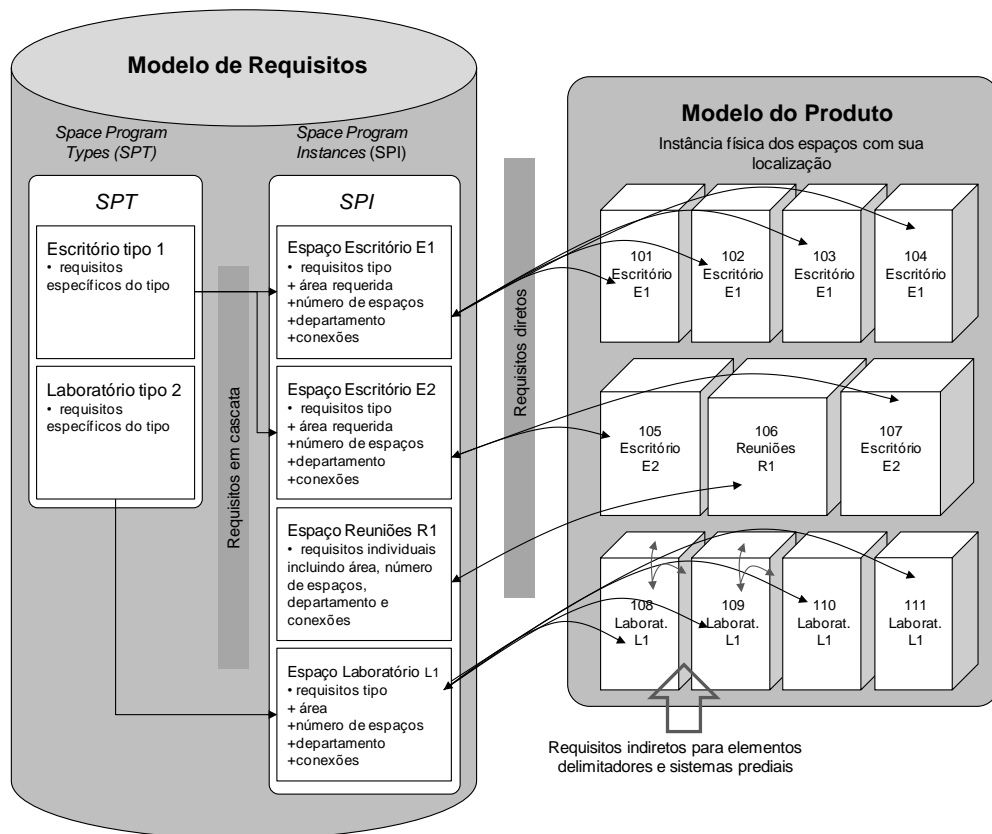


Figura 17 - Modelo conceitual da conexão entre requisitos e modelo do produto (KIVINIEMI, 2005).

*Space Program Type* (SPT) não tem conexão direta para os objetos no modelo do produto, eles definem requisitos para cada *Space Program Instance* (SPI), bem como, podem estar vinculados a vários SPI. O SPI define requisitos para as instâncias dos espaços. Um SPI pode estar conectado a vários espaços no modelo do produto, e possuem requisitos adicionais, tais como, número de espaços, área requisitada (KIVINIEMI, 2005).

### 3.1.5.3 Hierarquia de requisitos

Os requisitos do projeto podem ser organizados em categorias de requisitos os quais são relacionados com um objeto específico do projeto (espaço, terreno, edificação, por exemplo)

em um mesmo nível. Estes conjuntos de requisitos podem conter subconjuntos de requisitos, os quais afetam indiretamente os sistemas que por sua vez atendem objetos específicos do projeto. Nos requisitos para os espaços, podem existir também subconjuntos de requisitos que afetam elementos adjacentes aos espaços, tais como paredes, forros, janelas (Figura 18). Com isso, Kiviniemi (2005) sugere que os requisitos não sejam anexados diretamente no objeto do projeto, pois levaria a uma extensa multiplicação dos mesmos requisitos no modelo do produto. Além disso, os objetos de projeto não existem quando inicia o processo de captura de requisitos.

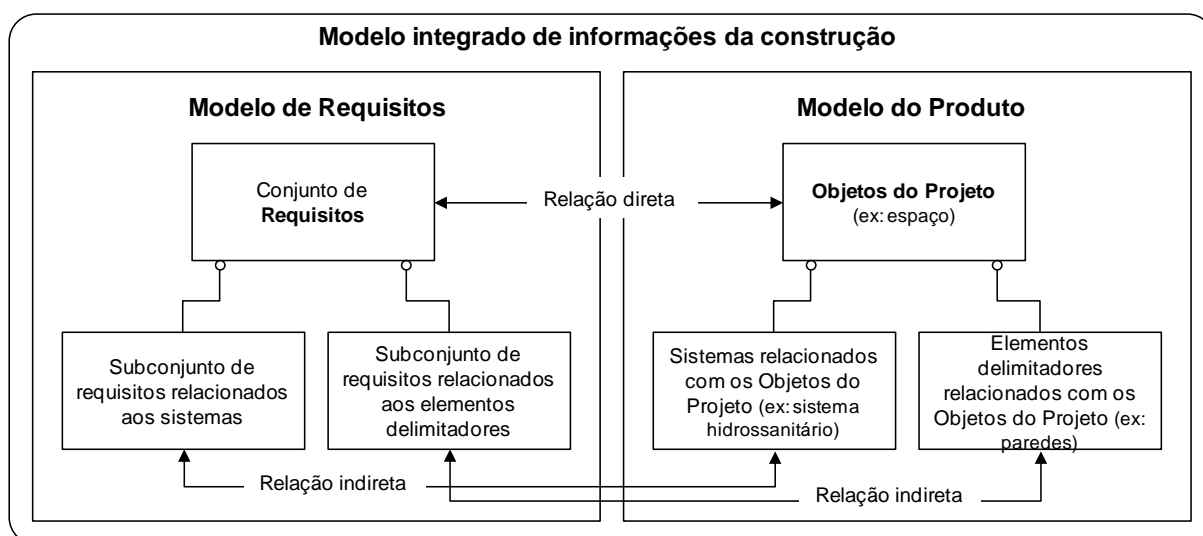


Figura 18 - Relações diretas e indiretas entre modelo de requisitos e modelo do produto (KIVINIEMI, 2005).

Assim, para que seja possível permitir a conexão entre requisitos e objetos do projeto, Kiviniemi (2005) recomenda: (a) estruturar um grande conjunto de requisitos pré-definidos, que possibilite a adição de requisitos específicos para se adequar a diferentes empreendimentos da construção; e (b) considerar as especificações IFC, pois representam a linguagem padrão para os modelos do produto edificação. Essas especificações foram utilizadas para formar a hierarquia de requisitos proposta por Kiviniemi (2005), pois fornecem conteúdo suficiente de informações para conectar aos objetos pertencentes ao modelo do produto. A utilização das especificações IFC por Kiviniemi (2005) evidenciam a importância e a necessidade de realizar a conexão efetiva dos requisitos e objetos do modelo do produto. Essa conexão só pode ser feita por meio de uma linguagem padrão entre os diferentes modelos, como, por exemplo, o padrão IFC.

A hierarquia de requisitos proposta por Kiviniemi (2005) teve por base requisitos identificados nos programas de necessidades de cinco empreendimentos da construção<sup>15</sup>, duas hierarquias de requisitos identificadas nas ferramentas WBFS e *EcoProP*, além das especificações IFC mencionadas anteriormente (Figura 19). As ferramentas WBFS e *EcoProP* possuem um grande número de requisitos diferentes dos que o autor identificou nos empreendimentos analisados. A ferramenta WBFS *Whole Building Functionality and Serviceability* (INTERNATIONAL CENTRE FOR FACILITIES, 2000<sup>16</sup> apud KIVINIEMI, 2005), auxilia as empresas a definir requisitos funcionais para as edificações. A hierarquia de requisitos da WBFS é muito detalhada e inclui um conjunto de escalas que podem ser usadas na definição do nível mínimo requerido e a importância de cada escala (KIVINIEMI, 2005). Entretanto, a hierarquia de requisitos da ferramenta WBFS é baseada em funções de alto nível, a qual envolve uma visão estratégica para avaliar as edificações, e em muitos casos baseada em descrições que não fornecem a informação em formato que facilite a conexão com o modelo do produto (KIVINIEMI, 2005).

A hierarquia de requisitos do *EcoProP* (*software* desenvolvido pelo Centro de Pesquisas Técnicas da Finlândia, VTT) está baseada nos princípios da ferramenta WBFS, embora com algumas diferenças. Kiviniemi (2005) utilizou e realizou algumas alterações na hierarquia do *EcoProP* para formar sua hierarquia de requisitos (KIVINIEMI, 2005). Assim, o autor complementa que as ferramentas WBFS e *EcoProP* são úteis para a captura de requisitos e cada um contém uma bem estruturada hierarquia de requisitos.

Segundo Kiviniemi (2005), uma hierarquia de requisitos pode ser organizada de duas formas: (a) categorias funcionais, tais como, requisitos de segurança, iluminação e requisitos acústicos (Figura 19a); e (b) níveis de detalhe do produto da construção, tais como, projeto, terreno, requisitos dos espaços (Figura 19b). Essas duas formas permitem diferentes modos de visualizar a organização dos requisitos e isso fornece uma base para interfaces com os usuários para gerenciamento de requisitos.

---

<sup>15</sup> Os empreendimentos são: (a) ICL Headquarters, edifício de escritórios de negócios localizado em Helsink; (b) Aurora II, edifício com salas de pesquisa da Universidade de Joensuu; (c) CSLI-Media X/ EPGY edificação anexa na Universidade de Stanford; (d) Instituto Kavli de Astrofísica e Cosmologia na Universidade de Stanford; e (e) Lucas Center Expansion, edifício com laboratórios na Universidade de Stanford.

<sup>16</sup> INTERNATIONAL CENTRE FOR FACILITIES: ASTM Standards on Whole Building Functionality and Serviceability. 2<sup>nd</sup>. ed. [S.I.]: American Society for Testing and Materials, 2000.

CATEGORIA	SUBCATEGORIA
<b>A REQUISITOS DE CONFORMIDADE</b>	
A.1 Objetivos Gerais	
	A.1.1 Objetivos do empreendimento
A.2 Requisitos de Localização	
	A.2.1 Requisitos de seleção do Terreno
	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura
	A.2.3 Requisitos de Transporte
	A.2.4 Requisitos de projeto para o terreno
	A.2.5 Limitações existentes no terreno
	A.2.6 Requisitos do terreno para construção
	A.2.7 Requisitos do terreno para sistemas
A.3 Requisitos de Serviço	
	A.3.1 Requisitos de Serviço
A.4 Requisitos do espaço	
	A.4.1 Requisitos genéricos dos espaços
	A.4.2 Requisitos específicos dos espaços
	A.4.3 Acabamentos dos espaços
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
B.1 Requisitos de condições internas	
	B.1.1 Clima/ ambiente interno
	B.1.2 Acústica
	B.1.3 Iluminação
B.2 Requisitos de vida útil	
	B.2.1 Vida útil da edificação
	B.2.2 Vida útil de sistemas técnicos
B.3 Requisitos de adaptabilidade	
	B.3.1 Flexibilidade da edificação
	B.3.2 Flexibilidade dos sistemas técnicos
	B.3.3 Flexibilidade do espaço
B.4 Requisitos de segurança	
	B.4.1 Segurança do terreno
	B.4.2 Segurança da edificação
	B.4.3 Segurança dos sistemas técnicos
	B.4.4 Segurança do pavimento
	B.4.5 Segurança do espaço
	B.4.6 Risco de catástrofes e acidentes
B.5 Requisitos estéticos	
	B.5.1 Requisitos visuais
B.6 Requisitos de acessibilidade	
	B.6.1 Acessibilidade do edifício
	B.6.2 Acessibilidade do pavimento
B.7 Requisitos de circulação	
	B.7.1 Área de circulação
	B.7.2 Sistemas de circulação
<b>C REQUISITOS DE CUSTO</b>	
C.1 Requisitos de custo	
	C.1.1 Requisitos de custo
<b>D REQUISITOS AMBIENTAIS</b>	
D.1 Requisitos de sustentabilidade	
	D.1.1 Isolamento de energia
	D.1.2 Requisitos de energia
	D.1.3 Pressão ambiental

(a)

CATEGORIA	SUBCATEGORIA
<b>A REQUISITOS DE CONFORMIDADE</b>	
A.1 Objetivos Gerais	
	A.1.1 Objetivos do empreendimento
A.2 Requisitos de Localização	
	A.2.1 Requisitos de seleção do Terreno
	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura
	A.2.3 Requisitos de Transporte
A.3 Requisitos de Serviço	
	A.3.1 Requisitos de Serviço
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
B.4 Requisitos de segurança	
	B.4.6 Risco de catástrofes e acidentes
<b>C REQUISITOS DE CUSTO</b>	
C.1 Ciclo de vida dos Requisitos de custo	
	C.1.1 Requisitos de custo
<b>D REQUISITOS AMBIENTAIS</b>	
D.1 Requisitos de sustentabilidade	
	D.1.2 Requisitos de energia
	D.1.3 Pressão ambiental
<b>A REQUISITOS DE CONFORMIDADE</b>	
A.2 Requisitos de localização	
	A.2.4 Requisitos de projeto para o terreno
	A.2.5 Limitações existentes no terreno
	A.2.6 Requisitos do terreno para construção
	A.2.7 Requisitos do terreno para sistemas
B.4 Requisitos de segurança	
	B.4.1 Segurança do terreno
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
B.1 Requisitos de condições internas	
	B.1.1 Clima/ ambiente interno
	B.1.2 Acústica
B.2 Requisitos de vida útil	
	B.2.1 Vida útil da edificação
	B.2.2 Vida útil de sistemas técnicos
B.3 Requisitos de adaptabilidade	
	B.3.1 Flexibilidade da edificação
	B.3.2 Flexibilidade dos sistemas técnicos
B.4 Requisitos de segurança	
	B.4.2 Segurança da edificação
	B.4.3 Segurança dos sistemas técnicos
B.5 Requisitos estéticos	
	B.5.1 Requisitos visuais
B.6 Requisitos de acessibilidade	
	B.6.1 Acessibilidade do edifício
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
B.4 Requisitos de segurança	
	B.4.4 Segurança do pavimento
B.6 Requisitos de acessibilidade	
	B.6.2 Acessibilidade do pavimento
<b>A REQUISITOS DE CONFORMIDADE</b>	
A.4 Requisitos do espaço	
	A.4.1 Requisitos genéricos dos espaços
	A.4.2 Requisitos específicos dos espaços
	A.4.3 Acabamentos dos espaços
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
B.1 Requisitos de condições internas	
	B.1.1 Clima/ ambiente interno
	B.1.2 Acústica
	B.1.3 Iluminação
B.3 Requisitos de adaptabilidade	
	B.3.3 Flexibilidade do espaço
B.4 Requisitos de segurança	
	B.4.5 Segurança do espaço
B.5 Requisitos estéticos	
	B.5.1 Requisitos visuais
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
B.1 Requisitos de condições internas	
	B.1.1 Clima/ ambiente interno
	B.1.2 Acústica
B.5 Requisitos estéticos	
	B.5.1 Requisitos visuais
<b>D REQUISITOS AMBIENTAIS</b>	
D.1 Requisitos de sustentabilidade	
	D.1.1 Isolamento de energia
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
B.7 Requisitos de circulação	
	B.7.1 Área de circulação
	B.7.2 Sistemas de circulação

(b)

Figura 19 - (a) Hierarquia de requisitos organizada por categorias funcionais e (b) hierarquia de requisitos detalhada por partes do produto (baseado em: KIVINIEMI, 2005).

As hierarquias apresentadas na Figura 19 possuem as mesmas categorias e subcategorias diferindo apenas em relação à sua organização, conforme mencionado anteriormente. Portanto, a hierarquia de Kiviniemi (2005) é formada por 300 requisitos, divididos em 13 principais categorias, tais como localização e serviço, e 35 subcategorias, tais requisitos de projeto para o terreno e limitações existentes no terreno, ambas pertencentes à categoria de requisitos de localização. A Figura 20 representa uma parcela das especificações referentes à categoria requisitos de localização, que está diretamente relacionada ao objeto terreno. A coluna Tipo da Figura 20 é a classificação de cada requisito:

A= Atributo;

C= Classe do requisito;

LC= lista de classes de requisitos.

Também são apontadas as conexões indiretas entre os requisitos e as partes do produto (terreno, construção, dentre outros). No exemplo da Figura 20 alguns requisitos pertencentes à subcategoria “limitações existentes no terreno” possuem conexão indireta com o objeto “edificação”.

Terreno		Conexão indireta																	
A REQUISITOS DE CONFORMIDADE		Tipo	Terreno	Edificação	Pavimento	Espaço	Envelope	Circulação	Estrutura	Climatização	Encanamentos	Gás	Elétrico	Telecom.	TI	Áudio	Segurança	Fogo	
A.2 Requisitos de localização																			
A.2.4 Requisitos de projeto para o terreno																			
	A.2.4.1 Acesso a veículos de emergência	C																	
	A.2.4.2 Min espaços de estacionamento de bicicletas	A																	
	A.2.4.3 Min espaços de estacionamento de carros	A																	
	A.2.4.4 Min área verde no terreno	A																	
	A.2.4.5 Facilidades/ comodidades do terreno	LC																	
	A.2.4.6 Acesso de veículos	C																	
	A.2.4.7 Requisitos de tráfego no terreno	C																	
A.2.5 Limitações existentes no terreno																			
	A.2.5.1 Requisitos comunitários	LC		x															
	A.2.5.2 valor cultural	C																	
	A.2.5.3 Existência de edifícios	LC		x															
	A.2.5.4 Edifícios para demolição	LC		x															
	A.2.5.5 Edifícios para preservação	LC		x															
	A.2.5.6 Edifícios relacionados	LC		x															
	A.2.5.7 Importância ecológica	C																	
	A.2.5.8 Vegetação existente	LC																	
	A.2.5.9 Vegetação preservada	LC																	
	A.2.5.10 Efeitos da fauna	LC																	
	A.2.5.11 Contaminação do terreno	C																	
	A.2.5.12 Nível de barulho no terreno	A																	
	A.2.5.13 Águas Pluviais	C																	

Figura 20 - Especificação dos requisitos diretamente relacionados ao objeto terreno (baseado em: KIVINIEMI, 2005).

### 3.1.5.4 Modelo de requisitos

O modelo de requisitos representa as diversas relações dos requisitos com os distintos objetos do produto, os quais compõem o modelo do produto da construção (KIVINIEMI,



2005). No entanto, o conteúdo desse modelo é muito variável e de difícil padronização, pois as necessidades nos distintos empreendimentos da construção são inevitavelmente diferentes. O modelo de requisitos é representado em diferentes diagramas, conforme exemplo ilustrado na Figura 21 (KIVINIEMI, 2005). Nesse diagrama foi representada a conexão direta entre requisitos de concepção do empreendimento no terreno com o objeto terreno no modelo do produto, assim como as conexões indiretas entre os demais requisitos e os correspondentes objetos do produto (edificação, sistemas de climatização, hidrossanitário, elétrico e de segurança).

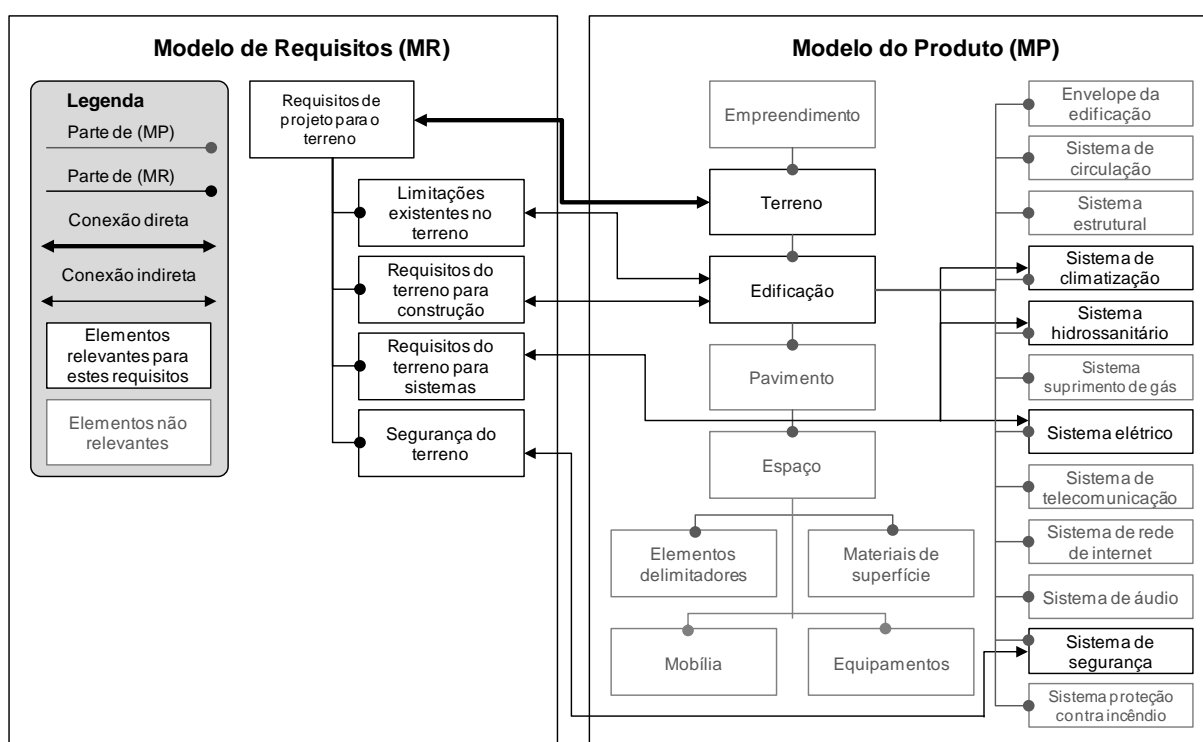


Figura 21 - Relação entre requisitos de localização e modelo do produto (KIVINIEMI, 2005).

Kiviniemi (2005), portanto, enfatiza a necessidade de registrar os requisitos e compará-los com as soluções de projeto de modo que os clientes possam compreendê-los. Quando surgem conflitos entre requisitos e soluções de projeto, as decisões das alterações tomadas pelos clientes envolvidos deveriam ser realizadas de forma colaborativa, bem como a implementação de ferramentas práticas para auxiliar esses clientes na visualização e gerenciamento dos requisitos (KIVINIEMI, 2005). Nesse sentido, Kiviniemi (2005) sugere que o desenvolvimento de novas ferramentas é uma questão relevante para possibilitar melhorias no gerenciamento de requisitos na indústria da construção civil. O mesmo autor sugere alguns potenciais benefícios de implementar o modelo de requisitos em ferramentas

de gestão de requisitos, o que permitiria, por exemplo: (a) o desenvolvimento de *templates*<sup>17</sup> de requisitos para diferentes tipos de edificação; e (b) armazenamento de informações que poderiam ser comparadas, não somente com as soluções de projeto, mas também com informações de manutenção através do ciclo de vida da edificação (KIVINIEMI, 2005). Os *templates* de requisitos podem permitir o gerenciamento de um grande conjunto de requisitos, onde os usuários definiriam um significativo subconjunto de requisitos para diferentes tipos de projetos (KIVINIEMI, 2005). Para esta pesquisa, os *templates* são entendidos como arquivos pré-definidos no *software* BIM e representam as diversas relações entre requisitos e partes do produto da construção identificadas no modelo de requisitos proposto por Kiviniemi (2005). Da mesma forma, o desenvolvimento de um método sistemático para acompanhar a evolução dos requisitos, relacionados com elementos específicos da edificação, bem como para comparar esses requisitos com a manutenção da edificação poderia fornecer informações para definir requisitos aos novos empreendimentos (KIVINIEMI, 2005).

Contudo, segundo Kiviniemi (2005), a utilização de ferramentas não é suficiente para resolver os problemas de gerenciamento de requisitos. Existe a necessidade de mudanças no processo de desenvolvimento do projeto, especialmente relacionadas ao trabalho colaborativo dos profissionais envolvidos, pois os requisitos devem ser continuamente documentados e atualizados quando evoluem ao longo do processo e as soluções de projeto adotadas necessitam ser verificadas com os requisitos designados (KIVINIEMI, 2005).

### 3.2 USO DE BIM PARA A MODELAGEM DE REQUISITOS

O BIM tornou-se uma nova abordagem capaz de descrever e apresentar as informações necessárias para a concepção, construção e operação de empreendimentos da construção (BUILDINGSMART, 2013a). BIM pode ser entendido como um modelo central para todos os clientes envolvidos durante o ciclo de vida do projeto (SEBASTIAN, 2011), permitindo que todos os clientes tenham acesso às mesmas informações e ao mesmo tempo por meio da interoperabilidade (AUTODESK, 2012). A interoperabilidade torna um modelo acessível para diferentes ferramentas de computador através do padrão internacional para troca de dados, o IFC (*Industry Foundation Classes*) (BUILDINGSMART, 2013b). O IFC tem como objetivo tornar o projeto e processo de construção mais integrado possibilitando uma considerável melhoria na qualidade e eficiência do processo de construção (GALLAHER *et al.*, 2004).

---

<sup>17</sup> Na área de Ciências da Computação a palavra *template* refere-se a um documento ou arquivo com um formato pré-definido, utilizado como ponto de partida para uma determinada aplicação, de modo que não há a necessidade de criar um novo formato cada vez que é utilizado (<http://www.thefreedictionary.com>).

Assim, um modelo criado em um *software* de modelagem do produto, como por exemplo, *ArchiCAD*<sup>18</sup> e *Autodesk Revit*<sup>19</sup>, pode ser exportado como um modelo genérico de informações por ser compatível com IFC (SCHLUETER; THESELING, 2009).

Um dos objetivos do BIM é tornar mais eficiente a cooperação entre as partes interessadas no processo de desenvolvimento do produto. Isto é conseguido através do armazenamento de relevantes informações em cada etapa do processo de projeto (SCHLUETER; THESELING, 2009). Muitas das informações necessárias durante o processo relacionam-se com os requisitos de projeto, que incluem requisitos dos clientes, ambientais, do terreno e regulamentares (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). No início do processo de desenvolvimento de um empreendimento, é estabelecida a necessidade de satisfazer os requisitos dos clientes bem como são determinados os objetivos e os requisitos do empreendimento gerando os dados iniciais para o processo de projeto: orçamento do empreendimento, cronograma e objetivos gerais do escopo; área bruta, o volume e as áreas totais de diferentes atividades, dentre outros (KOPPINEN *et al.*, 2008). Requisitos estabelecem a base para o projeto e, durante todo o processo, os resultados do projeto devem ser comparados com os requisitos, a fim de definir o grau de cumprimento desses requisitos (KOPPINEN *et al.*, 2008). Isso enfatiza a importância de capturar e documentar requisitos iniciais e atualizar a evolução dos requisitos durante o processo (KOPPINEN; KIVINIEMI, 2007). As tecnologias atuais permitem o uso de análises mais complexas e automatizadas para suportar com mais informações a tomada de decisão (KOPPINEN *et al.*, 2008).

A modelagem de requisitos com apoio de BIM é importante no contexto de EHIS por possibilitar: (a) a organização de grande quantidade de informações qualitativas e da diversidade de requisitos que normalmente existem entre os diferentes clientes envolvidos; (b) a visualização e disponibilização dessas informações para as partes interessadas; (c) o controle dos requisitos ao longo do processo de desenvolvimento de EHIS. Assim, o uso de ferramenta BIM pode facilitar o acesso a informações sobre requisitos, por auxiliar na organização ou estruturação da grande quantidade de informações, além de possibilitar a conexão entre requisitos e o modelo do produto, facilitando a visualização, disponibilização e controle dessas informações.

No entanto, tem havido poucas aplicações de BIM na modelagem de requisitos de cliente, especialmente nos estágios iniciais do projeto (KOPPINEN *et al.*, 2008). Além disso, existem dificuldades para implementação de BIM por fatores humanos e organizacionais, além da

---

<sup>18</sup> *ArchiCAD*, *Software* desenvolvido pela Graphisoft, disponível em <http://www.graphisoft.com/archicad/>.

<sup>19</sup> *Autodesk Revit*, *software* desenvolvido pela Autodesk, disponível em <http://www.autodesk.com.br>.

falta de interesse de muitas empresas, como escritórios de arquitetura, empresas construtoras, administradoras, em investir em novas tecnologias (EASTMAN *et al.*, 2008). Durante o intercâmbio de dados entre diferentes ferramentas BIM pode ocorrer perda de informações relevantes, pois a interoperabilidade ainda é um dos maiores desafios para a implementação do BIM (EASTMAN *et al.*, 2008).

No presente trabalho, foram identificadas ferramentas computacionais utilizadas para gerenciar requisitos: *ClientPro*, *DOORS*<sup>20</sup>, *RequisitePro*<sup>21</sup>, *EcoProP*<sup>22</sup> e dois software BIM, o *dRofus*<sup>23</sup> e *Solibri Model Checker*<sup>24</sup>. O software *ClientPro*, que possui como base o modelo de processamento de requisitos do cliente (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002), foi excluído da análise por não ser um software comercial. As ferramentas *DOORS* e *RequisitePro* não foram analisadas pois são ferramentas de gestão de requisitos na área de engenharia de software. As demais ferramentas possuem potencial de serem utilizadas no presente trabalho, a partir da opinião de especialistas e de citações na literatura (EASTMAN, *et al.*, 2009; EASTMAN *et al.*, 2008; HUOVILA; PORKKA, 2005; HÄKKINEN *et al.*, 2007; KIVINIEMI, 2005). O software *EcoProP* é uma ferramenta para gestão sistemática de requisitos de empreendimentos da construção (HUOVILA; PORKKA, 2005), enquanto que o *dRofus* e *Solibri Model Checker* estão focadas na gestão e visualização de informações, normalmente com base na modelagem de informações do produto (PAUWELS *et al.*, 2011).

### 3.2.1 *EcoProP*

O *EcoProP* é uma ferramenta de gestão sistemática de requisitos de empreendimentos da construção com foco em requisitos ambientais, desenvolvida pelo VTT (*Technical Reserch Center*) da Finlândia (LEINONEN; HUOVILA, 2000b). Segundo Huovila e Porkka (2005). o *EcoProP* foi concebido para clientes que desejam definir e gerenciar o nível de desempenho da edificação, pois o software possui um banco de dados com requisitos que facilitam a interface com o usuário (HUOVILA; PORKKA, 2005). A ferramenta é adaptada para a construção civil, mas devido ao seu caráter genérico poderia ser aplicada a outros setores através da elaboração de conjuntos de definição de novos requisitos (HUOVILA; PORKKA, 2005). Além disso, o *EcoProP* utiliza como base a ferramenta QFD para documentar requisitos durante todo o ciclo de vida do produto edifício (LEINONEN; HUOVILA, 2000b).

---

<sup>20</sup> *DOORS*, ferramenta disponível em [http://www-03.ibm.com/software/products/us/en/ratidoor?S\\_CMP=wspace](http://www-03.ibm.com/software/products/us/en/ratidoor?S_CMP=wspace).

<sup>21</sup> *RequisitePro*, ferramenta disponível em <http://www-03.ibm.com/software/products/us/en/reqpro/>.

<sup>22</sup> *EcoProp*, Software desenvolvido pelo Centro de pesquisas técnicas da Finlândia, VTT. Disponível em [http://cic.vtt.fi/ecoprop/ecoprop\\_web\\_site/Mainpage.html](http://cic.vtt.fi/ecoprop/ecoprop_web_site/Mainpage.html).

<sup>23</sup> *dRofus*, Software desenvolvido pela empresa Nesyko As, disponível em <http://www.drofus.no/en/index.html>.

<sup>24</sup> *Solibri Model Checker*, Software desenvolvido pela Solibri, Inc., disponível em <http://www.solibri.com>.

O *software EcoProP* auxilia no atendimento dos requisitos e expectativas dos clientes, descrevendo as características do produto final por meio de uma hierarquia de requisitos (LEINONEN; HUOVILA, 2000b) (Figura 22), entretanto, seu conteúdo é limitado principalmente para questões de sustentabilidade (KIVINIEMI, 2005). O principal benefício deste *software* é o de produzir relatórios para disponibilizar as informações sobre os requisitos à equipe projeto (HUOVILA; PORKKA, 2005; HÄKKINEN *et al.*, 2007). Esses relatórios devem incluir quantidade de informações suficientes sobre o desempenho desejado pelo cliente no produto final (HUOVILA; PORKKA, 2005). As soluções técnicas podem ser projetadas com base nos requisitos especificados. Adicionalmente, o *software* possibilita estimar custos do ciclo de vida da edificação associados a diferentes cenários: construção, uso e manutenção. Indicadores ambientais também são calculados com base no consumo de energia durante o tempo de operação (HUOVILA; PORKKA, 2005).

*EcoProP* tem como público alvo proprietários, gerentes de projetos e consultores que atuam em colaboração com a equipe de projeto antes que sejam definidas soluções técnicas para o produto final (HÄKKINEN *et al.*, 2007). Busca também capturar e manter informações sobre os requisitos do cliente no processo, a fim de alcançar soluções que atendam as necessidades dos clientes e agregar valor aos proprietários e usuários finais (HÄKKINEN *et al.*, 2007).

A CONFORMIDADE
A1 LOCALIZAÇÃO
A2 SISTEMAS ESPACIAIS
A3 SERVIÇOS
B DESEMPENHO
B1 CONDIÇÕES INTERNAS
B2 VIDA ÚTIL
B3 ADAPTABILIDADE
B4 SEGURANÇA
B5 CONFORTO
B6 ACESSIBILIDADE
B7 UTILIDADE
C CUSTO E PROPRIEDADES DO MEIO
C1 CICLO DE VIDA DOS CUSTOS
C2 PROPRIEDADES DO MEIO AMBIENTE

Figura 22 - Hierarquia de requisitos do *EcoProP* (baseado em: HUOVILA; PORKKA, 2005).

Experiências de implementações revelam que o uso do *EcoProP* aumenta o compromisso, discussão e trabalho em equipe, além de manter as necessidades originais dos clientes documentadas e assegurar que os requisitos essenciais não sejam eliminados (HUOVILA; PORKKA, 2005).

O *software EcoProP* permite exportar requisitos no formato IFC (KIVINIEMI, 2005), contudo, os requisitos são exportados para um único nível no modelo do produto, o da edificação, ou seja, determinados requisitos, que deveriam estar vinculados a espaços específicos da edificação, estão vinculados apenas a uma parte ampla do produto, confundindo-se com os demais requisitos mais genéricos do que esses. A conexão dos requisitos com os objetos ou partes do produto (terreno, edificação, espaços) em um nível errado no modelo do produto faz com que a implementação do IFC e a utilização das informações para o processo de projeto sejam desnecessárias. Nessa situação, os projetistas não conseguem identificar para quais espaços os requisitos estão relacionados, caso não seja especificado (KIVINIEMI, 2005). Além desse problema, o *EcoProP* não identifica formalmente requisitos indiretos resultantes dos requisitos diretos (KIVINIEMI, 2005).

Segundo Kiviniemi (2005) há também alguns pequenos erros lógicos no sistema do *software EcoProP*. Em algumas partes o sistema inclui conteúdo muito detalhado sobre o nível que deveria ser uma categorização. Um exemplo disso é a categoria A3 (Serviços), que inclui uma lista extensa de serviços não categorizados, no total, 30 itens. Sob a ótica de Kiviniemi (2005) o sistema deve definir diferentes categorias de serviços para os quais o usuário poderia, então, definir o conteúdo. Por exemplo, ao invés de tentar incluir todos os tipos possíveis de restaurantes e espaços de alimentação no sistema, deve haver uma categoria "Serviços de Alimentação" para o qual o usuário final poder definir os serviços necessários. O mesmo autor afirma que muitas questões irrelevantes na hierarquia de requisitos podem causar dificuldades na utilização do *software* e os itens relevantes ficam escondidos ou misturados com os de menor importância (KIVINIEMI, 2005).

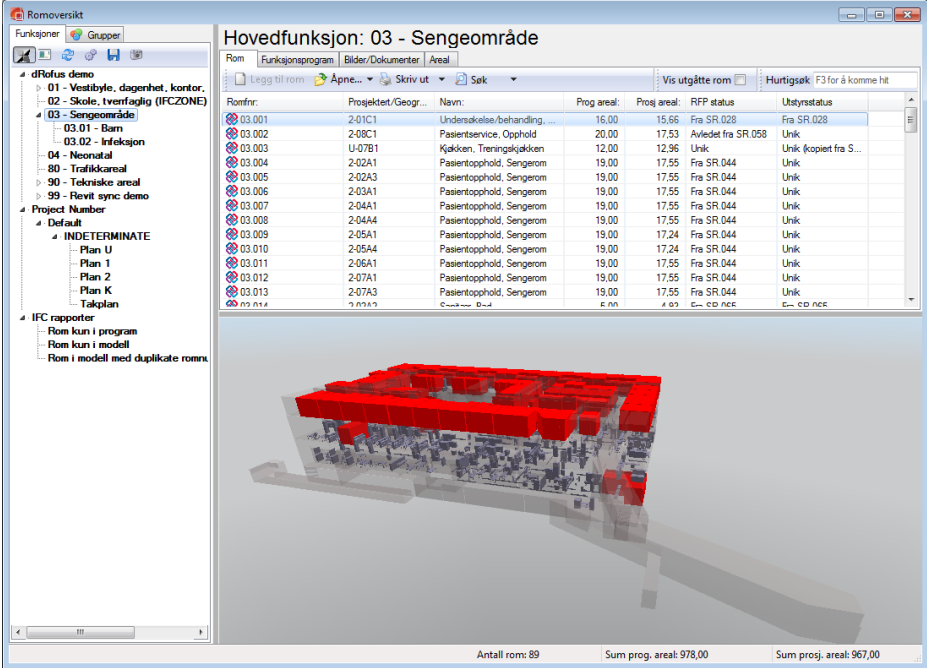
O *EcoProP*, portanto, facilita a captura dos requisitos (KIVINIEMI, 2005) já que utiliza como base a ferramenta QFD para documentar requisitos de desempenho para todo o ciclo de vida do produto edifício (LEINONEN; HUOVILA, 2000b). O *EcoProP* também permite a visualização de um grande conjunto de requisitos, os quais estão estruturados em uma hierarquia de requisitos (HUOVILA; PORKKA, 2005). Adicionalmente o *software* também facilita a disponibilização dos requisitos aos clientes através da interface com o usuário. Entretanto, a partir das dificuldades apontadas por Kiviniemi (2005), percebe-se a necessidade de ferramentas que permitam auxiliar na organização dos requisitos em função da sua importância para o efetivo gerenciamento dos requisitos.

### **3.2.2 dRofus**

O *dRofus* é um *software* desenvolvido para o gerenciamento de informações com enfoque na fase de desenvolvimento do produto. (NOSYKO AS, 2013a). Tem como objetivo

armazenar, em um único banco de dados, as informações conectadas a um espaço, como por exemplo, requisitos funcionais e técnicos, informações de revestimentos, informações de mobiliário e equipamentos (NOSYKO AS, 2013a). Isto facilita a utilização das informações por parte dos projetistas que podem encontrar os requisitos no projeto ao longo do processo. Além disso, várias pessoas podem trabalhar com os mesmos dados independentemente da localização geográfica (NOSYKO AS, 2013a). Os usuários podem ver as mudanças feitas em qualquer um dos dados, em todo o programa, por quem, em que data e por que razão as mudanças foram feitas. Podem ser feitos extratos de dados e relatórios em uma variedade de formatos, como Excel, Word, PDF, XML e IFC. Vale ressaltar que o *software* foi desenvolvido para se adaptar a empreendimentos de diferentes complexidades, independente do setor (NOSYKO AS, 2013a).

As principais funcionalidades do *software* são o planejamento e mapeamento de áreas, o registro e monitoramento de requisitos para cada ambiente projetado (*Room Data Sheet*), o controle de custo e aquisição de mobiliário e equipamentos, além da verificação e visualização de modelos desenvolvidos em formato IFC (Figura 23). Isto é feito através da importação de dados do modelo do produto via formato IFC, de outros programas de modelagem, tais como: *ArchiCAD* e *Autodesk Revit* (NOSYKO AS, 2013a). Dessa forma, o *software* é capaz de comparar e verificar os requisitos dos clientes planejados durante o processo do programa de necessidades com a solução de projeto adotada (Figura 23) (NOSYKO AS, 2013b).



The screenshot displays the dRofus software interface. On the left, there is a tree view of the project structure, including 'Funkjoner' and 'Grupper'. The main window shows a 3D model of a building with red rooms. Below the model, a table titled 'Hovedfunksjon: 03 - Sengeområde' lists room data. The table has columns for 'Romnr.', 'Prosjektet/Geogr.', 'Navn', 'Prog areal', 'Prosj areal', 'RFP status', and 'Ustyrstatus'. The data is as follows:

Romnr.	Prosjektet/Geogr.	Navn	Prog areal	Prosj areal	RFP status	Ustyrstatus
03.001	2-01C1	Undersøkelse/behandling	16,00	15,65	Fra SR.028	Fra SR.028
03.002	2-08C1	Pasientservice, Opphold	20,00	17,53	Avledet fra SR.058	Unik
03.003	U-07B1	Kjøkken, Treningssjekk	12,00	12,96	Unik	Unik (kopiert fra S...
03.004	2-02A1	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,55	Fra SR.044	Unik
03.005	2-02A3	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,55	Fra SR.044	Unik
03.006	2-03A1	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,55	Fra SR.044	Unik
03.007	2-04A1	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,55	Fra SR.044	Unik
03.008	2-04A4	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,55	Fra SR.044	Unik
03.009	2-05A1	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,24	Fra SR.044	Unik
03.010	2-05A4	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,24	Fra SR.044	Unik
03.011	2-06A1	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,55	Fra SR.044	Unik
03.012	2-07A1	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,55	Fra SR.044	Unik
03.013	2-07A3	Pasientopphold, Sengerom	19,00	17,55	Fra SR.044	Unik

At the bottom of the interface, summary statistics are shown: 'Antall rom: 89', 'Sum prog. areal: 978,00', and 'Sum prosj. areal: 967,00'.

Figura 23 - Verificação e visualização do modelo do produto no dRofus (NOSYKO AS, 2013b).

Através da importação de dados de arquivos em IFC, portanto, é possível atualizar as informações armazenadas no *dRofus* ao longo do processo de desenvolvimento do produto. Com os requisitos atualizados, os clientes envolvidos no processo (cliente final, projetistas, construtora, agente financiador, prefeituras) podem acompanhar a evolução desses requisitos, identificar quais os requisitos que foram alterados a fim de utilizar essas novas informações nos projetos futuros (NOSYKO AS, 2013b).

Segundo Eastman *et. al.* (2009), o *dRofus* foi utilizado no projeto HITOS (LIE, 2008<sup>25</sup> *apud* EASTMAN *et al.*, 2009) para verificação dos requisitos espaciais de diversos edifícios universitários. Os autores acrescentam que atributos detalhados, propriedades e valores associados podem ser manipulados e exportados através da interface *dRofus*. Esse, por sua vez, possui uma interface para o gerenciamento de informações ou requisitos espaciais em uma estrutura em árvore hierárquica (Figura 24), e compara os dados planejados com a área real de um modelo de edifício no padrão IFC na mesma interface (EASTMAN *et al.*, 2009). A estrutura hierárquica da Figura 24 apresenta no primeiro nível a categoria *Design/Building* (projeto/edificação); o segundo nível, requisitos relacionados à categoria *Walls* (paredes); terceiro nível *Wall mounted equipment* (equipamentos fixados nas paredes).

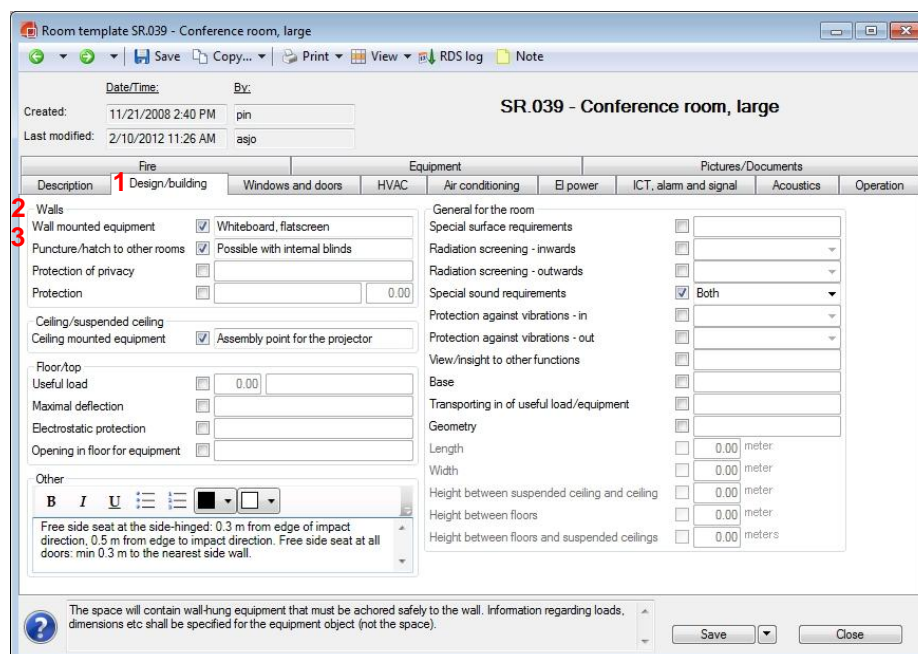


Figura 24 - Estrutura hierárquica dos requisitos no *dRofus* (NOSYKO AS, 2013b).

O *dRofus*, portanto, é um *software* que permite que os requisitos sejam armazenados em uma estrutura hierárquica, a qual facilita a visualização e organização dos requisitos dentro

<sup>25</sup> LIE, A. K. **Use of dRofus in the HITOS Project**. Relatório de Projeto, 2008.



do *software*. Além disso, auxilia na disponibilização e controle dos requisitos bem como na realização de verificações dos requisitos armazenados no *dRofus* com os requisitos projetados no modelo do produto, com a finalidade de garantir que os requisitos planejados estão sendo atendidos na solução de projeto adotada.

### 3.2.3 *Solibri Model Checker*

A verificação de requisitos é um procedimento realizado para determinar se o projeto do produto contempla ou não o conjunto de requisitos designados (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; PEGORARO, 2010; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993). Essa etapa tem a finalidade de evitar que problemas de não atendimento dos requisitos cheguem a fases mais avançadas, possibilitando realizar as correções desses problemas antes da produção do produto e, assim, evitar prejuízos e retrabalhos (SOMMERVILLE, 2007). Convencionalmente, o processo de verificação de requisitos regulamentares (códigos, normas, leis) é realizado manualmente por vários especialistas de modo trabalhoso, demorado e muitas vezes com custo elevado (EASTMAN *et al.*, 2008; KHEMLANI, 2005). Esse processo de verificação manual é propenso a erros porque os códigos podem ser interpretados de forma diferente por diversas pessoas, e geralmente a verificação não é completa por causa de limitações de tempo (KHEMLANI, 2005). Dessa forma, a verificação de projetos e o processo de aprovação podem ser considerados como atividades críticas que retardam a construção (HAN; KUNZ; LAW., 2003).

Eastman *et al.* (2009) apontam quatro diferentes *software* que possuem sistemas de verificação de regras, que utilizam dados no padrão IFC provenientes do modelo de um produto (EASTMAN *et al.*, 2009). Dentre os *software* mencionados por Eastman *et al.* (2009) está o *Solibri Model Checker* (SMC).

O *Solibri Model Checker* foi desenvolvido pela empresa Solibri para assegurar que a informação requerida esteja disponível, confiável e consistente com o conjunto de critérios e diretrizes, tais como código de edificações (KULUSJÄRVI; WIDNEY, 2011). Para isso, o *software* utiliza regras para analisar as informações associadas aos espaços e elementos nos modelos (KULUSJÄRVI; WIDNEY, 2011). Em síntese o SMC é um leitor e visualizador de arquivos IFC, capaz de verificar modelos pré-definidos nesta linguagem padrão (EASTMAN *et al.*, 2008).

A verificação por meio do *Solibri Model Checker* pode ser realizada em dois momentos. Primeiramente são realizadas verificações para analisar a consistência do modelo no que tange a objetos incompletos, redundantes e conflitantes, incluindo neste estágio a detecção

de conflitos (SOLIBRIMODELCHECKER, 2013). Nessa primeira análise é possível verificar a existência de componentes faltantes através da regra de detecção de deficiência, com a qual se pode identificar, por exemplo, a falta do elemento laje (KULUSJÄRVI; WIDNEY, 2010). Entende-se por deficiência, a falta de componentes (geométricos ou espaços) no modelo, os objetos do modelo que não atendem às especificações, ou falta de coerência com o comportamento dos objetos (KULUSJÄRVI; WIDNEY, 2010). Quando faltam espaços, componentes estruturais ou outras informações no projeto, várias operações são afetadas, como cálculo de eficiência energética, cálculos espaciais, dentre outros (KULUSJÄRVI; WIDNEY, 2010). Além disso, com o *Solibri Modelo Checker* também é possível verificar se os espaços estão equipados com seus componentes necessários. (KULUSJÄRVI; WIDNEY, 2010). O próximo passo é a verificação de códigos, a qual é facilitada e efetiva sem a interferência de colisões e objetos incompletos.

Além disso, o software pode realizar a quantificação de materiais e obtenção de estimativas e atualização de custos (SOLIBRIMODELCHECKER, 2013). O *software* de verificação também pode ser aplicado durante o desenvolvimento do projeto (EASTMAN *et al.*, 2008). Verificações realizadas na fase de projeto possibilitam ao projetista identificar falhas e inconsistências que podem ser corrigidas imediatamente (EASTMAN *et al.*, 2008).

No caso de modificações de objetos, o *Solibri Model Checker* possibilita identificar quais objetos foram modificados, ou seja, suas diferenças, mas não como eles foram alterados (KOCH; FIRMENICH, 2011). Dessa forma, com esse *software* é possível comparar as versões do modelo e detectar as diferenças, mas não podem ser identificados os reais motivos dessas alterações, bem como, quem as realizou (KOCH; FIRMENICH, 2011). Com isso, o *Solibri Model Checker* foi desenvolvido para facilitar a etapa de verificação de requisitos, mas não permite funções como a de controle das alterações realizadas ao longo do PDP e a rastreabilidade dos requisitos, ou seja, o software não possibilita identificar a origem de determinado requisito e com quais espaços ou objetos do produto essas informações estão relacionadas. Dessa forma, para que a gestão de requisitos seja realizada de forma sistemática são necessários outros *software*, técnicas ou ferramentas para apoiar nas demais etapas de gestão. Adicionalmente, o Solibri apenas permite a verificação de requisitos que podem ser transformados em regras, como por exemplo, requisitos de acessibilidade, que definem dimensões mínimas de circulação. O *software* não permite a verificação de requisitos qualitativos, uma vez que esses necessitam de análises subjetivas.

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta o método adotado para o desenvolvimento desta pesquisa. O capítulo inicia com a descrição da estratégia de pesquisa escolhida. Em seguida, apresenta o delineamento do processo de pesquisa, e detalha-se cada uma das etapas da pesquisa, com relação aos métodos, técnicas e fontes de evidências utilizados.

### 4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A pesquisa desenvolvida nesta dissertação visa propor uma solução para um problema prático com embasamento teórico, enquadrando-se no campo das ciências aplicadas. Para o desenvolvimento deste estudo adotou-se a estratégia de pesquisa construtiva (*Constructive Research* ou *Design Science Research*).

A pesquisa construtiva se caracteriza por ser um procedimento de pesquisa para produção do conhecimento através de construções inovadoras, cujo objetivo é solucionar os problemas enfrentados no mundo real e contribuir para a teoria das disciplinas nas quais é aplicada (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003). As construções inovadoras são denominadas de artefatos, tais como modelos, diagramas, planos, estruturas organizacionais, produtos comerciais e projetos de sistemas de informação (LUKKA, 2003). A criação de um artefato inovador permite que o pesquisador compreenda melhor o problema e, com isso, é possível viabilizar a solução encontrada (HEVNER *et al.*, 2004). Cabe ressaltar que a pesquisa construtiva está associada ao conhecimento teórico prévio, além de promover o envolvimento e cooperação entre pesquisador e praticantes (equipe) (LUKKA, 2003).

Segundo March e Smith (1995), a pesquisa construtiva envolve dois tipos de atividades da pesquisa, construir e avaliar artefatos, sendo que essas etapas são complementadas pelas atividades das Ciências Naturais, teorizar e justificar. As Ciências Naturais visam a compreender e explicar fenômenos, enquanto que a *Design Science Research* (ou Ciências do Design) visa ao desenvolvimento de meios para alcançar os objetivos humanos. Na *Design Science Research*, a construção é o processo de desenvolver um artefato para uma proposta específica, enquanto a avaliação é o processo de determinar o desempenho do artefato (MARCH; SMITH, 1995). A atividade de avaliação é dificultada pelo fato de que o desempenho do artefato está relacionado com o ambiente no qual este opera. Seu desempenho está relacionado com a intenção de uso, que pode incluir uma ampla gama de tarefas (MARCH; SMITH, 1995). Nas Ciências Naturais o conhecimento é produzido através da compreensão da realidade, em que se busca realizar descobertas por meio da geração e

proposição de afirmações científicas (por exemplo, teorias e leis) bem como justificar essas leis ou teorias para que sejam testadas quanto a sua validade. As mencionadas atividades são descritas a seguir (MARCH; SMITH, 1995):

- a) construir: é a construção de um artefato para desempenhar uma atividade específica;
- b) avaliar: a avaliação do artefato possibilita verificar o progresso alcançado e sua funcionalidade;
- c) teorizar: é necessário explicitar as características de operação do artefato em seu ambiente que o torna único, exigindo explicações únicas; e
- d) justificar: a contribuição teórica gerada deve justificar essas explicações. Há a necessidade de reunir provas para testar a teoria.

March e Smith (1995) propõe um conjunto de produtos para as pesquisas que se enquadram como pesquisa construtiva:

- a) constructos ou conceitos: constituem a base conceitual usada para descrever problemas em um domínio e para especificar suas soluções. Formam uma linguagem especializada e compartilham conhecimento de disciplinas ou subdisciplinas;
- b) modelos: proposições ou expressões de relações entre constructos. Um modelo pode ser percebido como uma representação de elementos ou objetos reais;
- c) métodos: conjunto de passos para desempenhar uma tarefa ou atividade. As representações das tarefas e resultados são intrínsecas aos métodos. Os métodos podem estar vinculados a modelos específicos em que as etapas assumem partes do modelo como entrada. Além disso, métodos são frequentemente usados para converter um modelo ou representação em outro no decorrer da solução do problema; e
- d) implementações ou instanciações: é a implementação do artefato no ambiente. As implementações operacionalizam constructos, modelos ou métodos, podendo preceder ou completar a articulação entre os mesmos; demonstram a viabilidade e eficácia contidas nos métodos e modelos.

A abordagem da pesquisa construtiva, portanto, é adequada aos objetivos deste trabalho, que pretende propor uma solução para um problema real, com embasamento teórico, através do desenvolvimento de um artefato. O artefato proposto nesse estudo é o método

de modelagem de requisitos de clientes de empreendimentos habitacionais de interesse social, para o qual foram identificados dois possíveis usuários: (a) empresas da construção de EHIS, responsáveis pelo desenvolvimento do produto e construção de empreendimentos imobiliários; e (b) e agências de financiamento e as autoridades locais, que são responsáveis pela avaliação e aprovação da proposta de empreendimento de habitação de interesse social, e às vezes também realizam inspeções durante a execução da obra.

## 4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em três etapas, como mostra a Figura 25: (a) compreensão; (b) desenvolvimento; e (c) consolidação. A revisão de literatura ocorreu ao longo de todo o trabalho.

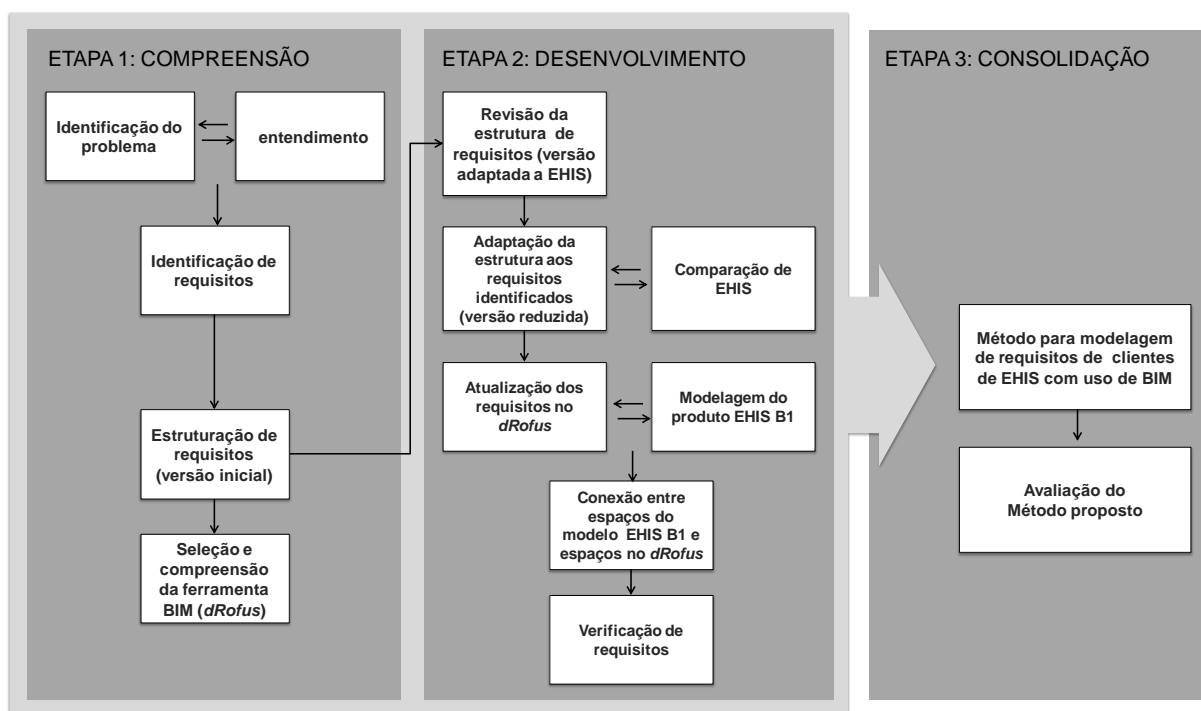


Figura 25 - Delineamento da pesquisa

O problema real foi identificado à medida que se obteve o entendimento sobre a gestão e a modelagem de requisitos, bem como a compreensão do processo de análise de projetos de empreendimentos habitacionais de interesse social. Nessa primeira etapa foi realizada uma análise do Programa Habitacional Minha Casa Minha Vida, particularmente na atividade de análise técnica das propostas que são encaminhadas ao cliente operador (CAIXA). Assim, foi possível identificar as principais dificuldades e oportunidades de melhoria desse processo, além de analisar como cada um dos requisitos é verificado e em que documentos são disponibilizados. Com base nas entrevistas, foi realizada a identificação dos principais

requisitos do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e de requisitos adicionais definidos pelo cliente operador (CAIXA). Esses dados foram estruturados conforme categorias de requisitos identificadas na revisão de literatura, resultando em uma versão preliminar da estrutura de requisitos. Cabe salientar que esta pesquisa tem como foco requisitos utilizados durante o processo de análise das propostas. Dessa forma, não foram analisados os requisitos de todos os intervenientes do processo de desenvolvimento de EHIS, apenas aqueles considerados pela CAIXA e pela empresa Beta.

A revisão bibliográfica inicial, focada nas diferentes formas de modelagem de requisitos, contribuiu para estabelecer um referencial teórico, ao mesmo tempo em que, juntamente com a recomendação de especialista em gestão de requisitos, permitiu selecionar uma ferramenta BIM (*dRofus*) para apoiar a gestão de requisitos. Ainda na primeira etapa do trabalho, foi realizada uma avaliação preliminar da ferramenta escolhida, assim como o treinamento da pesquisadora e auxiliar de pesquisa na utilização da mesma. Na sequência, informações sobre alguns dos requisitos de um empreendimento foram inseridos na ferramenta *dRofus*, com o objetivo de melhorar a compreensão da mesma. Utilizou-se um empreendimento de habitação de interesse social (EHIS A1) modelado no *software Autodesk Revit* para conectar com o conjunto de requisitos armazenados no *dRofus*.

Na segunda etapa da pesquisa, a estrutura de requisitos preliminar foi refinada, sendo identificadas as categorias necessárias para a modelagem de requisitos de EHIS. Para isso, foram realizadas entrevistas com técnicos da CAIXA e posteriormente com profissionais da empresa Beta com a finalidade de avaliar o conjunto de requisitos identificados. A partir da estrutura contendo requisitos genéricos para EHIS, foi gerada uma versão reduzida. Essa versão possui apenas as categorias e subcategorias para as quais foram identificados requisitos mínimos para empreendimentos com tipologia de apartamento. Nessa etapa também foi realizada a comparação de empreendimentos habitacionais desenvolvidos pela empresa Beta e comparação entre requisitos mínimos de diferentes tipologias de EHIS com a finalidade de identificar requisitos específicos desse cliente, bem como para avaliar a aplicabilidade da estrutura de requisitos em diferentes contextos.

Na sequência, as informações sobre os requisitos foram atualizadas na ferramenta *dRofus* e, em paralelo, foi realizada a modelagem do EHIS B1 no *software Autodesk Revit*. Posteriormente os espaços ou objetos do modelo EHIS B1 foram conectados com os espaços definidos no *dRofus*. A conexão entre espaços nos diferentes *software* e a identificação de como cada um dos requisitos é verificado e em que documentos são disponibilizados possibilitou sugerir como as ferramentas BIM podem auxiliar na verificação de requisitos.

Na última etapa, de consolidação, o método para modelagem de requisitos de clientes de EHIS com uso de BIM foi proposto, baseado nas atividades desenvolvidas nas etapas anteriores. Cabe ressaltar que não foi possível implementar a solução em outros estudos devido ao longo tempo que seria despendido para a realização do treinamento e aplicação das ferramentas BIM por parte da CAIXA ou da empresa Beta. Por fim, foram avaliadas as contribuições práticas do método proposto com base em um conjunto de constructos e, na sequência, a contribuição teórica alcançada por esse trabalho.

A partir das principais etapas da pesquisa construtiva identificadas nos estudos de Kasanen, Lukka e Siitonen (1993) e Lukka (2003), foi possível estabelecer uma relação dessas etapas com a proposta deste trabalho conforme Figura 26.

<b>ETAPAS DA PESQUISA CONSTRUTIVA</b>	<b>RELAÇÃO COM OS PROPÓSITOS DESTES TRABALHOS</b>
Foco em problemas do mundo real com relevância de serem resolvidos na prática	Falta de método estruturado para o processo de avaliação e verificação das propostas de EHIS; Necessidade de padronização de documentos enviados pelos proponentes de EHIS para aprovação; Dificuldades na disponibilização dos requisitos aos envolvidos no processo de projeto bem como controle desses requisitos; Falta de organização dos diferentes tipos de requisitos.
Construção de um artefato inovador de forma a resolver os problemas	Proposição de um método para modelar requisitos de clientes de EHIS
Tentativa de implementação do artefato desenvolvido para testar a sua aplicabilidade e funcionalidade	O método a ser desenvolvido deve ser testado junto a empresas construtoras e agente operador, que realiza as análises das propostas de EHIS
Estreito envolvimento e cooperação entre pesquisador e profissionais, possibilitando a aprendizagem baseada na experiência	É necessária a cooperação da pesquisadora com os envolvidos no processo de análise das propostas e no processo de projeto de EHIS
Associação explícita ao conhecimento teórico prévio	O método de modelagem de requisitos tem como base teórica os estudos anteriores relacionados ao gerenciamento de requisitos e às diferentes formas de modelagem de requisitos
Especial atenção à reflexão dos resultados, retornando para a teoria	Ao final deste trabalho, deve ser feita uma reflexão sobre as contribuições geradas

Figura 26 - Atividades da pesquisa construtiva (baseado em: KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003) relacionadas às propostas deste trabalho.

### 4.3 ETAPA 1: COMPREENSÃO

A primeira etapa da pesquisa foi desenvolvida entre setembro de 2011 e outubro de 2012.

### 4.3.1 Compreensão do processo de desenvolvimento de EHIS do Programa Minha Casa Minha Vida

Para a identificação do problema real foi necessário compreender e mapear o processo de desenvolvimento de EHIS para o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Para tal, analisou-se o processo de desenvolvimento de EHIS estudado por Leite (2005) e Bonatto (2010). No trabalho desenvolvido por Leite (2005), a referida autora abordou o Programa de Arrendamento Residencial (PAR), enquanto Bonatto (2010) considerou os diferentes programas habitacionais que se enquadravam nas categorias repasse e financiamento. Além da análise desses estudos foi necessário complementar com informações obtidas de entrevistas abertas realizadas com técnicos da Gerência de Desenvolvimento Urbano (GIDUR) da CAIXA (Figura 27). Os principais tópicos abordados nestas entrevistas foram: (a) compreensão sobre o contexto de atuação da CAIXA na provisão habitacional com ênfase no Programa Minha Casa Minha Vida; (b) compreensão e identificação de dificuldades no processo do Programa Minha Casa Minha Vida com enfoque no processo de análise das propostas de projeto de EHIS; (d) identificação dos requisitos do PMCMV e da CAIXA; e (e) identificação de como os requisitos são verificados e em que documentos são disponibilizados (Figura 27).

Data	Atividade do(s) entrevistado(s)	Objetivo	Instituição / empresa	Tipo
13.09.2011	Gerente de Desenvolvimento Urbano (CAIXA/POA); Supervisor da Gerência de Desenvolvimento Urbano (CAIXA/POA)	Aprofundar conhecimento sobre o contexto de atuação da CAIXA na provisão habitacional com ênfase no Programa Minha Casa Minha Vida	CAIXA/ POA	Grupo
14.03.2012	Supervisor da Gerência de Desenvolvimento Urbano (CAIXA/POA); Arquiteto - Supervisor do crédito imobiliário (CAIXA/ POA); e Engenheiros - Profissionais da análise de projetos (CAIXA/ POA)	Aprofundar conhecimento sobre o contexto de atuação da CAIXA na provisão habitacional com ênfase no Programa Minha Casa Minha Vida; Identificar dificuldades no processo do PMCMV	CAIXA/ POA	Grupo
05.04.2012	Engenheira - Profissional da análise de projetos (CAIXA/ POA)	Identificar dificuldades e Compreender o processo do PMCMV; Acompanhar o processo de análise de um projeto de EHIS; Identificar os requisitos do PMCMV e da CAIXA; Identificar como os requisitos são verificados e em que documentos são disponibilizados	CAIXA/ POA	Individual
12.04.2012	Arquiteto - Supervisor do crédito imobiliário (CAIXA/ POA)	Compreender o processo do PMCMV para realizar mapeamento geral; Compreender a etapa de análise de arquitetura e engenharia para realizar o mapeamento do processo de análise	CAIXA/ POA	Individual
13.08.2012	Arquiteto - Supervisor do crédito imobiliário (CAIXA/ POA)	Compreender a etapa de análise de arquitetura e engenharia para realizar o mapeamento do processo de análise	CAIXA/ POA	Individual
19.10.2012	Supervisor da Gerência de Desenvolvimento Urbano (CAIXA/POA); Arquiteto - Supervisor do crédito imobiliário (CAIXA/ POA); e Engenheira - Profissionais da análise de projetos (CAIXA/ POA); Técnico do Projeto Social (CAIXA/ POA)	Apresentação de resultados preliminares do estudo	CAIXA/ POA	Grupo

Figura 27 - Entrevistas realizadas na etapa 1.



### 4.3.2 Identificação de requisitos

Os principais requisitos do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) foram identificados na cartilha do PMCMV (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013a) e em duas listas contendo especificações mínimas dispostas nos seguintes documentos: (a) Especificação para Empreendimento Casa; e (b) Especificação para Empreendimento Apartamento, o qual inclui sobrados e casas sobrepostas<sup>26</sup> (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013b). A essas listas foram adicionados requisitos específicos definidos pela CAIXA, formando um novo documento. Esse documento, utilizado no processo de análise das propostas, auxiliou a pesquisadora na compreensão e acompanhamento da análise de um empreendimento, realizada por uma técnica da CAIXA.

### 4.3.3 Desenvolvimento da versão inicial da estrutura de requisitos

Os requisitos foram estruturados conforme categorias definidas no trabalho de Kiviniemi (2005) e algumas categorias identificadas na pesquisa de Lima (2007). A hierarquia de requisitos proposta por Kiviniemi (2005) foi selecionada por três fatores: (a) possui um grande conjunto de requisitos pré-definidos, totalizando 300 requisitos organizados em 13 categorias principais; (b) possui conteúdo sem repetições; e (c) considera as especificações IFC, pois representam a linguagem padrão com conteúdo de informações para conectar de modo efetivo os requisitos aos objetos pertencentes ao modelo do produto. Isso faz com que a hierarquia tenha um enfoque voltado ao BIM.

### 4.3.4 Seleção dos *software*

A seleção do *software* utilizado para apoiar a modelagem de requisitos foi realizada durante os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012, finalizando com a solicitação da licença do programa à empresa fabricante.

O processo de seleção do *software* consistiu em identificar ferramentas citadas na literatura que são utilizadas para gerenciar requisitos e avaliar aquela que está mais adequada a auxiliar na modelagem de requisitos. Dentre os *software* identificados estão: *ClientPro*, *DOORS*, *RequisitePro*, *EcoProP* e dois *software* BIM, o *dRofus* e *Solibri Model Checker*. O *software ClientPro*, que possui como base o modelo de processamento de requisitos do cliente (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002), foi excluído da análise por não ser um *software* comercial. As ferramentas *DOORS* e *RequisitePro* não foram analisadas pois são ferramentas de gestão de requisitos na área de engenharia de *software*. As demais

---

<sup>26</sup> A tipologia casas sobrepostas, representam edificações residenciais multifamiliar.

ferramentas, *EcoProP*, *dRofus* e *Solibri Model Checker*, foram analisadas pois possuem potencial de serem utilizadas no presente trabalho já que fornecem apoio a determinadas etapas da gestão de requisitos na área da construção.

Com base na revisão de literatura foi identificado que o *EcoProP* facilita a captura e documentação de um grande conjunto de requisitos, os quais estão estruturados em uma hierarquia, bem como facilita a disponibilização dos requisitos aos clientes através da interface com o usuário. Embora o *EcoProP* permita exportar requisitos no formato IFC, esses são exportados para um único nível no modelo do produto, o que torna desnecessária a exportação de informações nesse formato (KIVINIEMI, 2005). Além disso, o *software* possui categorias com conteúdo muito detalhado, com informações relevantes escondidas ou misturadas às de menor importância, podendo causar dificuldades na utilização dessa ferramenta.

O *dRofus* é um *software* BIM que foi recomendado por um especialista em gestão de requisitos, pois permite a conexão efetiva entre requisitos e as diferentes partes do modelo do produto por meio da importação e exportação de informações no formato IFC. Essa conexão facilita a visualização das informações pela equipe de projeto. Esse *software* permite a organização dos requisitos por meio do armazenamento dessas informações em uma estrutura hierárquica. Além disso, auxilia na disponibilização, controle e verificação dos requisitos planejados com os requisitos projetados no modelo do produto.

Entretanto, o *software* que mais se destaca pela função de verificação é o *Solibri Model Checker*. Esse *software* permite a verificação de requisitos quantitativos, que podem ser transformados em regras, como, por exemplo, requisitos de acessibilidade, que definem dimensões mínimas de circulação. Contudo, o *Solibri Model Checker* não auxilia nas demais etapas da gestão de requisitos, como, por exemplo, a etapa de controle das alterações realizadas ao longo do PDP e a rastreabilidade dos requisitos, limitando-se a etapa de verificação das informações de projeto.

No presente trabalho optou-se por se utilizar o *dRofus* na modelagem de requisitos. Este *software* foi o único entre os analisados que permite ser utilizado nas distintas etapas da gestão de requisitos. Além do *dRofus* foi necessário selecionar para esta pesquisa um *software* para realizar a modelagem dos empreendimentos habitacionais. Para isso, foi selecionado o *software* BIM *Autodesk Revit*, o qual possui uma prática interoperabilidade

com o *software dRofus*. Isso ocorre devido a um *plugin*<sup>27</sup> do dRofus que pode ser instalado no *Autodesk Revit* facilitando a troca e atualização das informações.

#### 4.3.5 Treinamento da pesquisadora e auxiliar<sup>28</sup> de pesquisa

O *software dRofus* foi disponibilizado para uso acadêmico pela empresa Nosyko AS. O treinamento da pesquisadora e auxiliar de pesquisa no *software* selecionado consistiu em leitura de manuais e guias de utilização do *software*, além de assistir às demonstrações realizadas pelo representante da empresa e aos vídeos<sup>29</sup> disponibilizados no *website* do fabricante do programa. Após a seleção da ferramenta ocorreu a etapa de familiarização da pesquisadora com o *software* através da utilização dessa ferramenta em um estudo de caráter exploratório.

#### 4.3.6 Descrição da Empresa Alfa

A empresa Alfa é uma construtora e incorporadora de pequeno porte, fundada em Canoas, em 1980. Essa empresa tem se dedicado principalmente a obras residenciais compatíveis com o programa Minha Casa Minha Vida, no segmento destinado às famílias com renda entre três e dez salários mínimos, representando as faixas 2 e 3 do PMCMV.

#### 4.3.7 Descrição do Empreendimento A1

O empreendimento A1, desenvolvido pela empresa Alfa, tem como público alvo a população com renda familiar acima de seis salários mínimos (faixa 3). Foi financiado pelo programa MCMV, sendo o sistema construtivo em alvenaria estrutural. O empreendimento localizado na cidade de Canoas é constituído por 432 unidades habitacionais divididas em nove torres, dois salões para festas, estacionamento e guarita (Figura 28). Cada torre possui oito pavimentos, com seis apartamentos por andar. Os apartamentos possuem sala de estar e jantar, dois dormitórios, banheiro, cozinha, área de serviço e sacada.

---

<sup>27</sup> Na informática, um *plugin* ou módulo de extensão (também conhecido por *plug-in*, *add-in*, *add-on*) é um programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores, provendo alguma funcionalidade especial ou muito específica. Geralmente pequeno e leve, é usado somente sob demanda.

<sup>28</sup> A auxiliar de pesquisa foi Gabriela Sitja Rocha.

<sup>29</sup> Disponível em <http://drofus.no/en/product/videos.html>.



Figura 28 - Ilustração de fachada e planta do pavimento tipo do empreendimento A1. Fonte: Empresa Alfa.

#### 4.3.8 Modelagem do EHIS A1

Os documentos do projeto arquitetônico do EHIS A1 foram fornecidos pela empresa Alfa. Esses documentos, desenhos em CAD 2D dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário, foram utilizados para modelar o pavimento tipo do EHIS A1 no software *Autodesk Revit*. Essa modelagem foi realizada por uma auxiliar de pesquisa.

#### 4.3.9 Compreensão do software *dRofus*

As atividades relacionadas à compreensão e teste do *software dRofus* foram realizadas pela pesquisadora com apoio da auxiliar de pesquisa. Essas atividades compreendem: (a) armazenar alguns requisitos no *software dRofus*; (b) criar espaços e mobiliários no *dRofus*; (c) conectar esses espaços aos do modelo do produto EHIS A1; e (d) verificar requisitos planejados (armazenados no *dRofus*) e projetados (representados através de soluções de projeto no modelo do EHIS A1), como, por exemplo, comparação de equipamentos planejados e projetados no EHIS A1.

A partir dos testes com o *software dRofus* foi realizada a apresentação dos resultados preliminares do estudo para profissionais da CAIXA (supervisor do PMCMV, engenheira e arquiteto que realizam as análises de projetos, e um técnico social). Nessa reunião foram solicitados documentos de um empreendimento habitacional de interesse social desenvolvido no âmbito da segunda etapa do PMCMV e recentemente aprovado pela CAIXA. A documentação solicitada refere-se aos arquivos eletrônicos do projeto arquitetônico, projetos complementares além do memorial descritivo, laudos técnicos, declarações de viabilidade (água, energia e esgoto) e licença ambiental do EHIS B1. Esses documentos foram disponibilizados pela empresa Beta que promoveu a sua construção, possibilitando a realização da modelagem BIM desse empreendimento e a utilização do *dRofus*.

## 4.4 ETAPA 2: DESENVOLVIMENTO

Esta etapa foi realizada entre os meses de novembro de 2012 e fevereiro de 2013.

### 4.4.1 Descrição da Empresa Beta

A empresa construtora e incorporadora Beta, fundada em Caxias do Sul, em 1979, atua principalmente no segmento de mercado de edifícios residenciais. Com a criação do Programa Minha Casa Minha Vida, a empresa Beta tem desenvolvido obras residenciais destinadas às famílias com renda entre zero e seis salários mínimos, representando as faixas 1 e 2 do PMCMV.

### 4.4.2 Descrição do Empreendimento B1

O empreendimento B1, localizado na cidade de Canoas, corresponde ao produto da empresa Beta voltado às famílias com renda de até três salários mínimos (faixa 1 do PMCMV), com sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto. A previsão de entrega do empreendimento aos beneficiários era para o final de 2013. O EHS B1 é constituído por 280 unidades habitacionais, distribuídas em 14 torres com 5 andares e 20 apartamentos por torre. O pavimento tipo possui hall, circulação e escada como áreas de uso comum e quatro apartamentos de tamanho único, sendo dois dormitórios, sala de estar e jantar, circulação, banheiro, cozinha e área de serviço integrada, com aproximadamente 40m<sup>2</sup> de área privativa (Figura 29). O conjunto habitacional possui áreas de lazer com três salões de festas integrados com churrasqueiras, dois quiosques, *playground*, cancha de esportes e estacionamento. Este é composto por 148 vagas, sendo seis para portador de necessidades especiais e quatorze para idosos. Conta ainda com cinco vagas para motocicletas. Além disso, o empreendimento possui um único acesso com guarita, lixeiras, e caixas para correspondência.

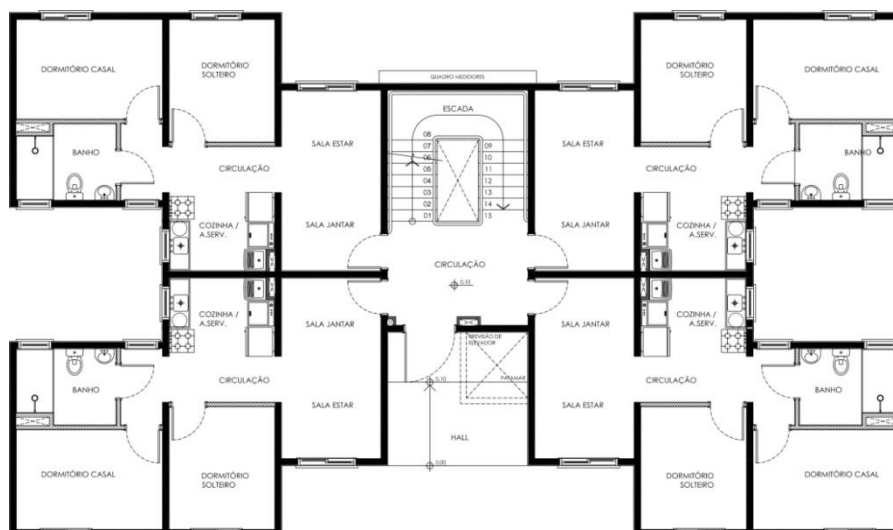


Figura 29 - Planta do pavimento tipo do empreendimento B1.

#### 4.4.3 Revisão da estrutura de requisitos

Nas reuniões realizadas com os técnicos da Caixa Econômica Federal, além de avaliar a estrutura de requisitos, foram esclarecidas dúvidas sobre as especificações mínimas do PMCMV. Na primeira reunião realizada com profissionais da empresa Beta apresentaram-se os objetivos da pesquisa e resultados preliminares. Na sequência, foi realizada uma entrevista aberta com arquiteta, responsável pelo projeto do EHIS B1, e um engenheiro, gerente de projetos com o objetivo identificar requisitos específicos da empresa Beta e avaliar a estrutura de requisitos. Nessa segunda reunião foram identificadas algumas diferenças entre requisitos quando a aprovação dos projetos ocorre em diferentes prefeituras ou em relação à atuação da CAIXA em cada município.

As discussões com técnicos da CAIXA e posteriormente com profissionais da empresa Beta, portanto, possibilitaram revisar as categorias de requisitos da estrutura proposta na etapa anterior. Essa nova versão da estrutura de requisitos é constituída por todos os itens relevantes para modelar requisitos de empreendimentos habitacionais de interesse social.

Posteriormente a estrutura contendo requisitos genéricos, aplicável para diferentes EHIS e programas habitacionais, foi reduzida pela pesquisadora. No entanto, esse procedimento não necessitou de nova avaliação por profissionais da CAIXA ou da empresa Beta, pois apenas foram eliminadas categorias e subcategorias da estrutura genérica.

A Figura 30 apresenta uma síntese das entrevistas abertas realizadas com técnicos da CAIXA e profissionais da empresa Beta.

Data	Atividade do(s) entrevistado(s)	Objetivo	Instituição / empresa	Tipo
05.11.2012	Arquiteto - Supervisor do crédito imobiliário (CAIXA/ POA); e Engenheiras - Profissionais da análise de projetos (CAIXA/ POA)	Avaliar a estrutura de requisitos; Esclarecer dúvidas sobre as especificações mínimas do PMCMV	CAIXA/ POA	Grupo
22.11.2012	Arquiteto - Supervisor do crédito imobiliário (CAIXA/ POA); e Engenheiras - Profissionais da análise de projetos (CAIXA/ POA)	Avaliar a estrutura de requisitos; Esclarecer dúvidas sobre as especificações mínimas do PMCMV	CAIXA/ POA	Grupo
24.01.2013	Diretor; Engenheiro Civil - Gerente de Projetos; Arquiteta; Estagiária de Arquitetura; Engenheiro do Projeto Elétrico; Engenheiro do Projeto Hidrossanitário	Apresentação de resultados preliminares e objetivos da pesquisa	Empresa Beta	Grupo
14.02.2013	Arquiteta; Engenheiro Civil - Gerente de Projetos	Avaliar a estrutura de requisitos; Verificar se existem requisitos específicos desse cliente	Empresa Beta	Grupo

Figura 30 - Entrevistas realizadas na etapa 2.

#### 4.4.4 Comparação entre empreendimentos

A existência de algumas diferenças entre requisitos, identificadas na reunião com profissionais da empresa Beta, justificou a necessidade de comparar requisitos de clientes EHIS de mesma faixa de renda, mas com atuação de diferentes prefeituras, e requisitos de clientes de EHIS com diferentes faixas de renda. Para isso, foram solicitados à empresa Beta os documentos de diferentes empreendimentos para as faixas 1 e 2 do PMCMV. Esses documentos referem-se a memoriais descritivos e arquivos eletrônicos do projeto arquitetônico dos empreendimentos B1, B2, B3 e B4. Esses quatro empreendimentos e o EHIS B1, utilizado no estudo de caso, são de tipologia de apartamento já que a empresa Beta não desenvolveu, até o momento dessa pesquisa, empreendimentos habitacionais de interesse social para tipologia de casas.

Dessa forma, a comparação entre requisitos associados com diferentes tipologias de EHIS foi realizada apenas analisando as listas contendo especificações mínimas para as tipologias de casas e apartamentos (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013b). Essas especificações são referentes à segunda etapa do PMCMV, a qual entrou em vigor em outubro de 2011, conforme Portaria Nº 465 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011b).

#### 4.4.5 Descrição dos empreendimentos B2, B3, B4 e B5

Os empreendimentos B2 e B3 pertencem à faixa 1 do PMCMV e estão localizados em Canoas e Caxias do Sul, respectivamente. Os EHIS B4, localizado em Caxias do Sul, e B5, localizado em Canoas, pertencem à faixa 2 do PMCM. Os EHIS B1, B2 e B5 foram aprovados na superintendência da CAIXA em Porto Alegre, enquanto que os EHIS B2 e B3

foram aprovados na CAIXA de Caxias do Sul. A Figura 31 apresenta as características gerais dos empreendimentos analisados.

Faixa de renda	Empreendimento	Características Gerais	Área do apartamento	Tipologia	Cidade	Instituição / empresa financiadora
Faixa 1	EHIS B1	14 blocos com 5 pavimentos, 4 apartamentos por andar - 280 unidades habitacionais de 2 dormitórios. Área condominial com 3 Salões de festas com churrasqueiras, 2 quiosques descobertos com churrasqueiras, Quadra de esportes, 1 <i>playground</i> . Um acesso com guarita, lixeiras, caixas de correspondência. O EHS possui 148 vagas de automóveis, sendo 6 para deficientes físicos e 14 para idosos. Conta ainda com 5 vagas para motocicletas.	40,57m <sup>2</sup>	Apartamento	Canoas	CAIXA / Porto Alegre
	EHIS B2	15 blocos com 5 pavimentos, 4 apartamentos por andar - 300 unidades habitacionais de 2 dormitórios. Área condominial com 3 Salões de festas com churrasqueiras, 3 quiosques descobertos com churrasqueiras, Quadra de esportes, 2 <i>playground</i> (um para crianças de até 3 anos e outro para crianças acima de 3 anos). Um acesso com guarita, lixeiras, caixas de correspondência. O EHS possui 166 vagas de automóveis, sendo 6 para deficientes físicos e 15 para idosos. Conta ainda com 10 vagas para motocicletas.	40,53m <sup>2</sup>	Apartamento	Canoas	CAIXA / Porto Alegre
	EHIS B3	12 blocos com 5 pavimentos, 4 apartamentos por andar - 240 unidades habitacionais de 2 dormitórios. Área condominial com 2 Salões de festas com churrasqueiras, 2 <i>playground</i> (um para crianças de até 3 anos e outro para crianças acima de 3 anos). Um acesso com guarita, lixeiras, caixas de correspondência. O EHS possui 120 vagas, sendo 5 para deficientes físicos e 12 para idosos. Conta ainda com 22 vagas para motocicletas.	40,32m <sup>2</sup>	Apartamento	Caxias do Sul	CAIXA / Caxias do sul
Faixa 2	EHIS B4	2 blocos com 21 pavimentos, 64 apartamentos de 2 dormitórios e 31 apartamentos de 3 dormitórios (por Torre). <i>Playground</i> interno no pavimento térreo das torres 01 e 02. A área externa possui 1 <i>Playground</i> e 1 quadra de esportes. Dois salões de festas e dois espaços gourmets nos subsolos. O EHS possui 236 vagas para automóveis, distribuídos em 4 subsolos.	2 dormitórios = 51,67m <sup>2</sup> 3 dormitórios = 71,15m <sup>2</sup>	Apartamento	Caxias do Sul	CAIXA / Caxias do sul
	EHIS B5	13 blocos com 5 pavimentos, 4 apartamentos por andar - 260 unidades habitacionais de 2 dormitórios. Área condominial com 3 Salões de festas parcialmente integrados com churrasqueiras, 2 quiosques cobertos com churrasqueiras, Quadra de esportes, 1 <i>playground</i> . Um acesso com guarita, lixeiras, caixas de correspondência. O EHS possui 260 vagas, sendo 13 para deficientes físicos e 13 para idosos e mais 06 vagas para visitantes	40,85m <sup>2</sup>	Apartamento	Canoas	CAIXA / Porto Alegre

Figura 31 - Características gerais dos empreendimentos habitacionais de interesse social

#### 4.4.6 Atualização dos requisitos no *software dRofus*

Com a estrutura de requisitos adaptada ao EHS B1, a etapa seguinte foi a atualização dos requisitos no *software dRofus*. Essa atividade foi realizada pela pesquisadora e com apoio da auxiliar de pesquisa. A estrutura de requisitos em diversos níveis facilitou o armazenamento de informações sobre requisitos no *software*, já que o mesmo permite que as informações sejam armazenadas em uma estrutura hierárquica.

#### 4.4.7 Modelagem do EHS B1

Os arquivos em CAD 2D dos projetos arquitetônico, elétrico e hidrossantitário do EHS B1, fornecidos pela empresa Beta, foram utilizados para modelar esse empreendimento no *software Autodesk Revit* (Figura 32). Contudo, apenas a área condominial e uma das 14 torres estão representadas nesse modelo. Essa modelagem foi realizada por uma auxiliar de pesquisa.



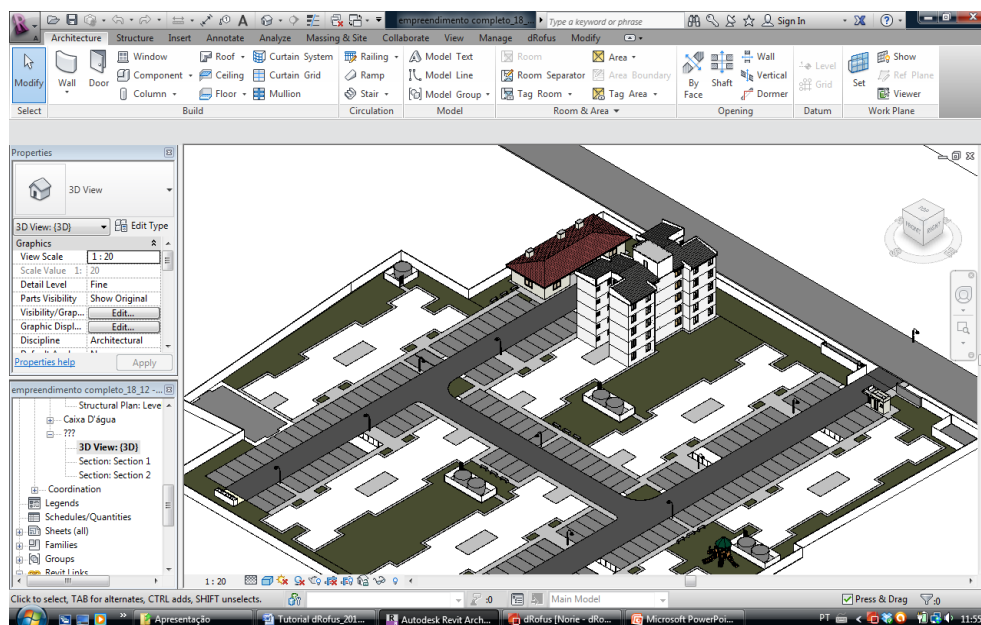


Figura 32 - EHS B1 modelado no software Autodesk Revit

#### 4.4.8 Conexão entre espaços criados no dRofus e espaços do modelo do EHS B1

As atividades de criação de espaços no dRofus e de conexão desses com os espaços do modelo EHS B1 foram realizadas pela pesquisadora e auxiliar de pesquisa.

#### 4.4.9 Verificação de requisitos

A utilização do dRofus e *Autodesk Revit* na atividade de verificação de requisitos permitiu identificar os tipos de requisitos possíveis de se verificar automaticamente. A atividade de verificação dos requisitos planejados e projetados foi realizada pela pesquisadora e auxiliar de pesquisa.

### 4.5 ETAPA 3: CONSOLIDAÇÃO

A etapa de consolidação da pesquisa ocorreu entre fevereiro e abril de 2013. Nessa etapa, os dados gerados ao longo das etapas anteriores foram reunidos e analisados visando propor o método para modelagem de requisitos. Por se tratar de uma pesquisa construtiva, o artefato gerado necessitou ser avaliado. A avaliação do artefato, segundo March e Smith (1995), possibilita verificar o progresso alcançado e sua funcionalidade. A avaliação do método para modelagem de requisitos de clientes de EHS com uso de BIM proposto foi feita por dois constructos definidos: utilidade e aplicabilidade.

Quanto à utilidade do método, entende-se que pode ser considerado útil se esse contribuir com a melhoria da gestão de requisitos dos clientes envolvidos no processo de desenvolvimento de EHIS e, dessa forma, apoiar o processo de tomada de decisão. Assim, para a avaliação da **utilidade** da solução considerou-se os seguintes constructos:

- a) **visualização**: refere-se à utilidade do método na visualização e organização dos requisitos;
- b) **disponibilização**: refere-se à utilidade do método na disponibilização dos requisitos aos clientes envolvidos no processo, além de permitir o reaproveitamento das informações de requisitos em diferentes programas e empreendimentos habitacionais por meio da criação de diferentes *templates* de requisitos;
- c) **controle e rastreabilidade**: refere-se à utilidade do método no controle das alterações realizadas nos requisitos, bem como de auxílio na rastreabilidade dos mesmos;
- d) **padronização**: refere-se à utilidade do método na padronização do processo de verificação das propostas;
- e) **abrangência**: refere-se à utilidade do método no sentido de adotar um conjunto abrangente de critérios de verificação; e
- f) **automatização**: refere-se à utilidade do método na automatização do processo de verificação de requisitos.

Para avaliação do constructo utilidade foram consideradas as seguintes fontes de evidências: entrevistas abertas realizadas com profissionais da CAIXA e da empresa Beta durante a apresentação de resultados preliminares do estudo (Figura 27 e Figura 30), reunião de apresentação de resultados finais realizada com profissionais da CAIXA (Figura 33), e percepção da pesquisadora.

Data	Participantes	Objetivo	Instituição / empresa	Tipo
12.04.2013	Gerente de Filial (GIDUR/POA); Supervisor da Gerência de Desenvolvimento Urbano (GIDUR/POA); Coord. At. (GIDUR/POA); Gerente Executiva (GEAST/MZ); Supervisor (GIDUR/POA); Coorden. Trab. Social (GIDUR/POA); Assistente de Proj. Sociais (REDUR/PL); Assistente de Proj. Sociais (REDUR/NH); 2 Assistente de Proj. Sociais (REDUR/POA); 4 Arquitetos (GIDUR/POA); 3 Engenheiros (GIDUR/POA); Engenheira (REDUR/PL); 2 Arquitetas/Mestrandas (NORIE/UFRGS); 1 Arquitetas/Doutoranda (NORIE/UFRGS); 1 Arquiteta/Mestranda (PROPUR UFRGS/P.M. São Leopoldo); 1 Engenheiro (NORIE/UFRGS); 2 professores (NORIE/UFRGS)	Aapresentação de resultados finais para avaliação da utilidade e aplicabilidade do método proposto pela pesquisadora Juliana Parise Baldauf e apresentação de pesquisas em desenvolvimento por pesquisadores do NORIE / UFRGS	CAIXA/ POA	Grupo

Figura 33 - Participantes do seminário de apresentação de resultados e pesquisas em desenvolvimento

O constructo **aplicabilidade** da solução, avaliado de forma limitada, diz respeito à facilidade de utilização e à viabilidade de utilização em outros contextos e foi desdobrado em:

- a) **facilidade de uso**: refere-se à facilidade em modelar o produto e os requisitos dos clientes e desenvolver uma interface para os usuários. Esse desdobramento foi avaliado através da percepção da pesquisadora acerca das dificuldades e do tempo de realização dessas atividades; e
- b) **transferência da solução**: refere-se à adaptação da estrutura de requisitos para diferentes programas e empreendimentos habitacionais de interesse social. Para isso, foram considerados os resultados da comparação entre empreendimentos habitacionais acerca da quantidade de requisitos que poderiam ser utilizados para diferentes prefeituras e distinta atuação do cliente operador (CAIXA), bem como para diferentes faixas de renda e tipologias de empreendimentos.

Para avaliação do constructo aplicabilidade foram consideradas as seguintes fontes de evidências: percepção da pesquisadora, análise de documentos acerca dos memoriais descritivos dos EHIS comparados, análise e comparação das duas listas contendo especificações mínimas para EHIS de casa e apartamento (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013b) e entrevista aberta realizada na segunda reunião com profissionais da empresa Beta (Figura 30).

#### **4.5.1 Avaliação das contribuições teóricas do estudo**

Após a avaliação das contribuições práticas do estudo, foi realizada uma reflexão sobre as contribuições teóricas do método proposto em relação à gestão de requisitos. As principais contribuições teóricas eram relacionadas a: (a) estrutura de requisitos adaptada ao contexto de habitação social; (b) identificação dos tipos de requisitos que podem ser verificados automaticamente através do uso do *software* BIM selecionado; e (c) identificação das principais mudanças e benefícios para o gerenciamento de requisitos quando se automatiza as etapas de modelagem dessas informações.

## 5 RESULTADOS DA PESQUISA

O presente capítulo apresenta os resultados da pesquisa, obtidos ao longo das três etapas realizadas. Inicialmente são apresentados os resultados referentes à etapa de compreensão do problema real e identificação de uma lacuna de conhecimento, bem como seleção e compreensão da ferramenta BIM a ser utilizada. Na sequência, são apresentados os resultados da segunda etapa que compreende a revisão da estrutura de requisitos e utilização da ferramenta *dRofus* na modelagem de requisitos. Por fim é proposto o método para modelar requisitos com base nas atividades desenvolvidas ao longo das etapas anteriores e após, discutidas as contribuições práticas e teóricas do método proposto.

### 5.1 RESULTADOS DA ETAPA 1

A etapa 1 aborda a compreensão do problema real e identificação de uma lacuna de conhecimento por meio de ampla revisão de literatura e entendimento do Programa Minha Casa Minha Vida para o qual é realizado um mapeamento do processo de desenvolvimento de EHIS com enfoque na análise de arquitetura e engenharia. Além disso, foram identificados os principais requisitos do PMCMV e, posteriormente, desenvolvida uma estrutura preliminar com esses requisitos. Em paralelo, foi feita a seleção e compreensão da ferramenta BIM com sua aplicação em um estudo exploratório.

#### 5.1.1 Processo de desenvolvimento de EHIS no Programa Minha Casa Minha Vida

Para melhor compreender o processo de desenvolvimento de EHIS no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida, foi realizado o mapeamento simplificado deste processo conforme Figura 34. Os processos de desenvolvimento do produto foram divididos em três grandes fases: (a) concepção e projeto; (b) produção; e (c) uso. Entre as fases (a) e (b) o marco é a contratação da execução do empreendimento, enquanto que entre as etapas (b) e (c) é a entrega para o cliente final (beneficiários). A união das etapas de concepção e projeto foi realizada pelo fato de não haver um marco claro que as separasse.

No presente trabalho, cliente significa o grupo de intervenientes envolvidos no processo de desenvolvimento de empreendimentos habitacionais de interesse social do PMCMV, os quais são:

- a) cliente proponente: poder público (governos estadual e municipal), entidades sem fins lucrativos (associações, cooperativas, dentre outras), asseguram

sua colaboração nas ações em prol do desenvolvimento de fatores facilitadores à implementação dos projetos, destacando-se a indicação das áreas prioritizadas para implantação dos projetos, isenção de tributos, aporte de recursos, indicação da demanda, indicação de solicitantes para a venda dos empreendimentos e execução do Trabalho Técnico Social junto aos beneficiários dos empreendimentos implantados; O proponente também pode ser do setor privado (empresas da construção civil). Neste caso, o proponente está envolvido apenas com o desenvolvimento de empreendimentos das faixas 2 e 3 do PMCMV;

- b) cliente gestor: Ministério das cidades e Ministério da Fazenda e do Planejamento, Orçamento e Gestão. O primeiro é responsável por estabelecer diretrizes, fixar regras e condições, definir a distribuição de recursos entre as Unidades da Federação, além de acompanhar e avaliar o desempenho do Programa, enquanto que o segundo, responsável por rever anualmente os limites de renda familiar dos beneficiários e fixar a remuneração da CAIXA pelas atividades exercidas no âmbito do Programa;
- c) cliente operador: Caixa Econômica Federal, instituição financeira responsável pela definição dos critérios e expedição dos atos necessários à operacionalização do Programa, bem como pela definição dos critérios técnicos;
- d) cliente executor: empresas do setor da Construção Civil, realizam propostas e execução dos projetos aprovados para aquisição de unidades habitacionais na forma estabelecida pelas normas do Programa e realizam a guarda dos imóveis pelo prazo de 60 dias após a conclusão e legalização das unidades habitacionais; e
- e) cliente final: representam as famílias com rendimento bruto mensal das faixas 1, 2 e 3 que aderirem ao PMCMV.

Conforme o mapeamento apresentado na Figura 34, na etapa de concepção e projeto as prefeituras realizam gratuitamente o cadastramento das famílias que se enquadram nos critérios de priorização pelo programa e indicam as famílias ao agente operador (CAIXA). No caso da modalidade para famílias das faixas 2 e 3, a promoção do empreendimento é realizada por empresas construtoras e incorporadoras, e, dessa forma, não há cadastramento dos beneficiários pelo setor público. No caso da faixa 1, apesar do cadastro dos beneficiários ser realizado no início do processo, a seleção desses interessados só vai ocorrer na etapa de produção.

Posteriormente ao cadastro dos beneficiários, se o EHIS (faixa 1) for proposto pelo setor público ou entidades sem fins lucrativos, ocorre a divulgação do empreendimento, a disponibilização e doação ou aquisição do terreno pelo FAR para, assim, possibilitar a construção do EHIS. Neste caso, o setor público realiza também a seleção da empresa construtora através de licitação, a qual pode optar por realizar uma análise prévia da proposta. Nesta análise a construtora envia o anteprojeto, memorial descritivo sucinto, entre outros documentos à GIDUR ou REDUR. Estas, por sua vez, realizam uma visita ao terreno e analisam a viabilidade do EHIS, considerando a aspectos construtivos (como por exemplo, nível do terreno, drenagem do terreno, presença de aclives e declives) e acesso a serviços de água, luz e esgoto. No caso da proposta ser realizada diretamente pela empresa construtora interessada na produção do EHIS, o terreno é adquirido e repassado pela própria empresa.

Caso a proposta final seja aceita, é enviada às Superintendências Regionais da CAIXA, a qual encaminha a mesma para três análises: (a) arquitetura e engenharia; (b) trabalho técnico social (TTS); e (c) jurídica e de riscos. A partir desse momento, inicia-se a análise de projetos. Durante essa análise, caso os técnicos da GIDUR ou REDUR identifiquem problemas, um representante da empresa construtora é convidado para uma reunião, na qual a proposta inicial é discutida e são solicitadas adequações de projeto. Da mesma forma, caso os outros setores identifiquem irregularidades referentes às questões jurídicas, como, por exemplo, licença ambiental irregular, quantitativos e quadros da NBR errados, pendências financeiras ou incompatibilidade da proposta do trabalho técnico social com as exigências do programa, podem solicitar alterações e, se necessário, agendar reunião com o proponente. No final das análises de arquitetura e engenharia, TTS, análises jurídicas e de risco, cada técnico emite um laudo, resultando em um documento final denominado “espelho da proposta”.

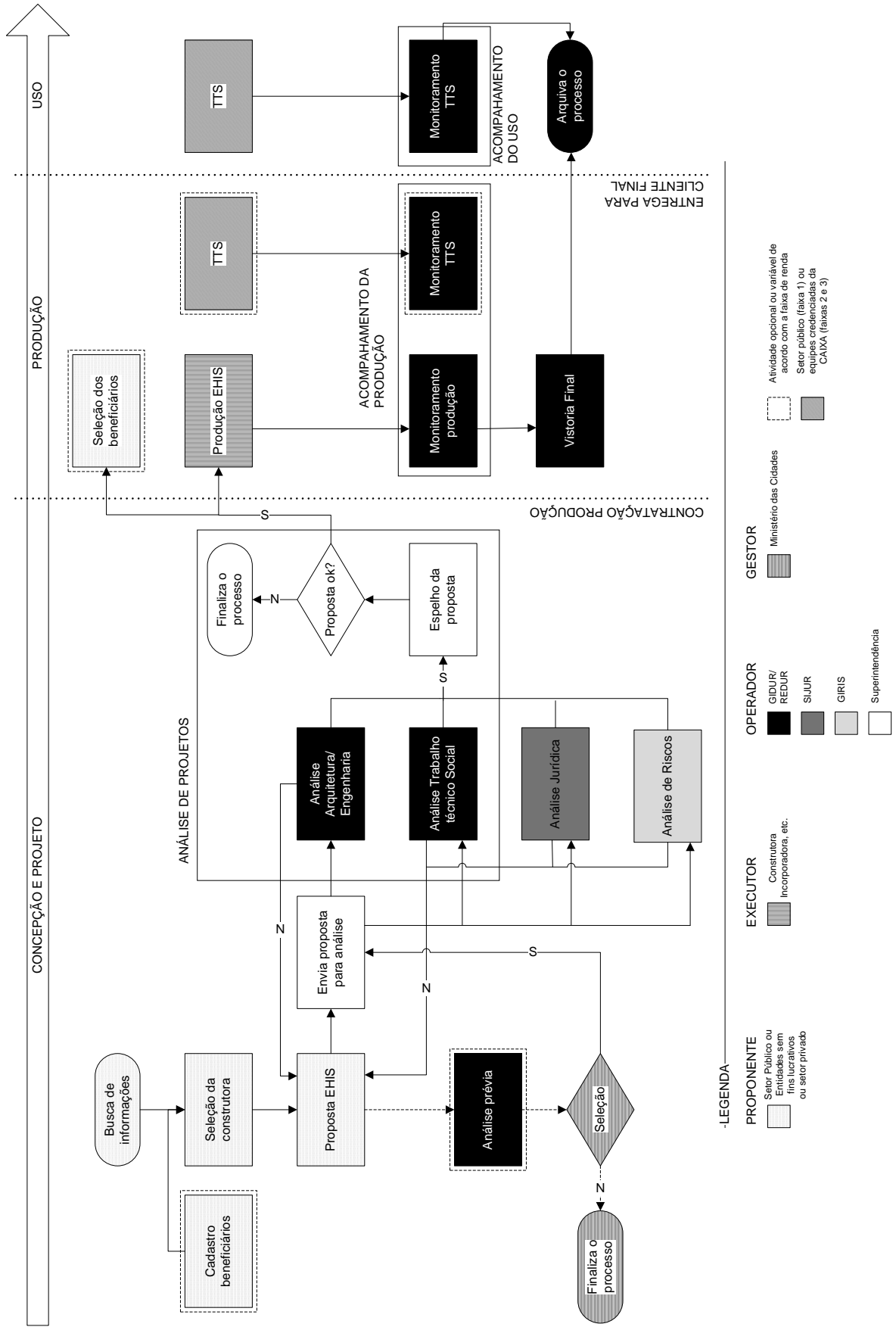


Figura 34 - Mapeamento simplificado do processo de desenvolvimento de EHS para o PMCMV.

Se a proposta for aprovada, a CAIXA realiza formalmente a contratação do EHIS e inicia a etapa seguinte. Na etapa de produção, os recursos são liberados conforme cronograma. Nesta etapa o setor público seleciona os beneficiários e a CAIXA realiza o monitoramento da execução da obra realizada pela empresa construtora, e do TTS, previamente contratado pelas municipalidades, caso o EHIS seja destinado às famílias de renda da faixa 1. O TTS é obrigatório somente para a faixa 1 e é realizado dois meses antes do final da obra com duração de seis a oito meses, de forma a abranger os meses iniciais da etapa de uso do empreendimento. A responsabilidade do TTS é do setor público, o qual pode utilizar seus funcionários ou fazer uma licitação para contratar empresas de TTS.

### **5.1.2 Identificação das dificuldades no processo de desenvolvimento de projetos de empreendimentos do PMCMV**

Na análise de arquitetura e engenharia, realizada por técnicos da CAIXA, ocorre a verificação de adequação do produto (EHIS) à demanda e aos requisitos do programa. Conforme indicado na Figura 35, a análise de arquitetura e engenharia consiste basicamente em: (a) verificar as condições do projeto arquitetônico em relação à funcionalidade, segurança, acessibilidade, iluminação e ventilação; (b) visitar o terreno para verificar as condições técnicas do local; (c) verificar a declaração de viabilidade das concessionárias de água, luz e esgoto; (d) verificar licença ambiental; (e) verificar orçamento da obra e do cronograma físico-financeiro, com foco nos quantitativos de serviços e preços unitários, tendo como referência os projetos básicos existentes e os índices de custos do Sistema nacional de pesquisa e índices da construção civil – SINAPI. A análise de arquitetura e engenharia é realizada para todas as faixas de renda do PMCMV. Contudo esta é mais detalhada para empreendimentos de faixa 1, em comparação às faixas 2 e 3.

Durante o acompanhamento do processo de análise de uma das propostas encaminhadas à CAIXA, observou-se que existe pouca uniformidade de critérios nesta verificação, uma vez que o escopo da avaliação e os parâmetros adotados dependem de cada profissional, o qual pode priorizar requisitos distintos dos demais responsáveis pelas avaliações de propostas. Além disso, elevada parcela das informações consideradas na avaliação são de caráter qualitativo, resultando em avaliações subjetivas por parte dos profissionais da CAIXA. As diferenças entre as análises podem ocasionar perda de credibilidade do proponente, gerando diversas reclamações por causa da falta de clareza na definição de critérios.



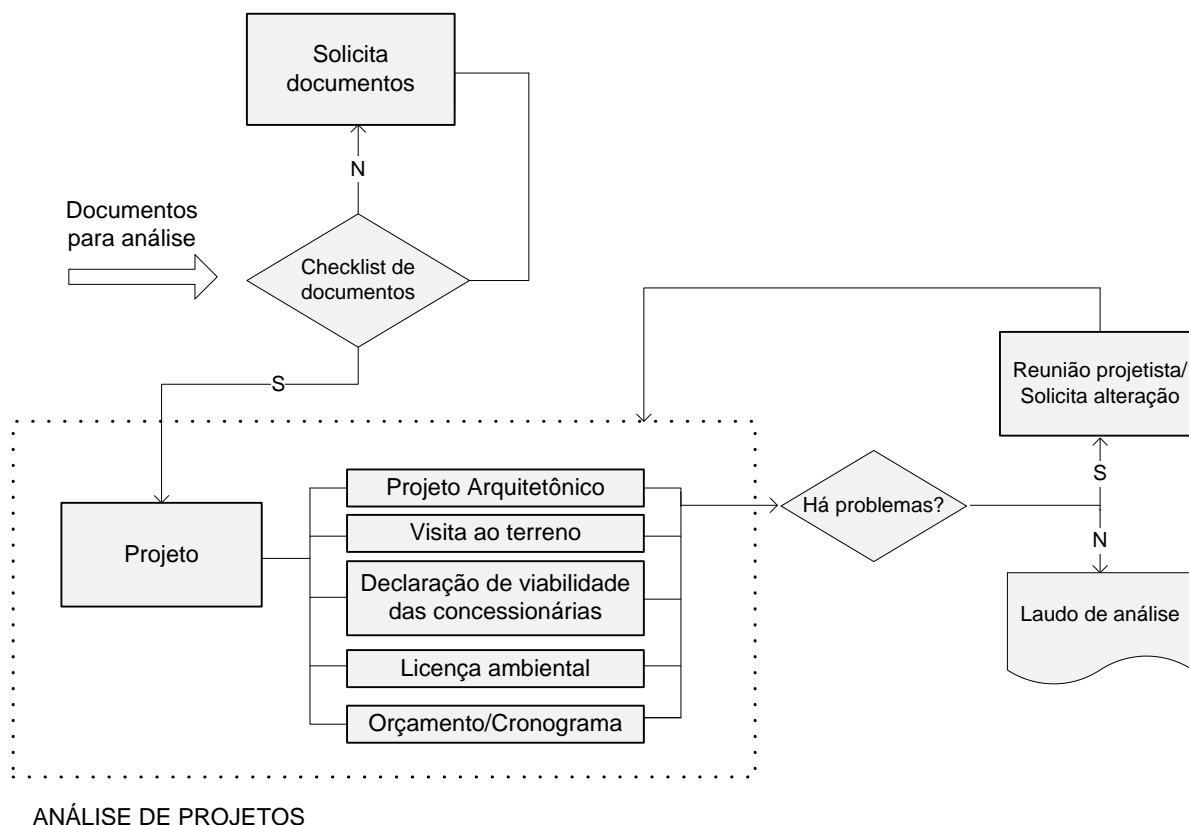


Figura 35 - Análise de arquitetura e engenharia realizada pela CAIXA.

Ainda, as entrevistas com os técnicos da Caixa indicaram que no decorrer das análises são detectados diversos erros referentes ao projeto e documentação, incluindo incompatibilidades entre os documentos (desenhos do projeto arquitetônico, memorial descritivo e planilhas de custo). A existência de diversos tipos de documentos, muitas vezes, com informações incompletas e contraditórias dificulta a visualização e identificação das informações por parte dos técnicos. Isso ocasiona um longo tempo necessário para verificação das propostas, principalmente se o projeto retorna várias vezes para correções. Além disso, o prazo para finalizar a análise do projeto também pode depender do interesse da construtora em retornar com mais rapidez as adequações do projeto solicitadas pelo técnico da CAIXA.

Nas entrevistas realizadas tanto com técnicos da CAIXA quanto com profissionais da empresa Beta, foi notado que não existe controle das alterações realizadas nos requisitos mínimos do PMCMV. Os clientes envolvidos no processo de projeto, muitas vezes desconhecem as razões de certas alterações dos requisitos, os responsáveis por essas alterações e o momento em que essas ocorreram.

Outra questão importante, identificada nas entrevistas com técnicos da CAIXA e profissionais da empresa Beta, diz respeito à dificuldade de disponibilização das

informações. Os clientes gestor e operador não realizam a adequada comunicação dos requisitos para os proponentes, pois a informação é disponibilizada em formato de listas de especificações mínimas, as quais são raramente atualizadas, ou por meio da comunicação verbal entre técnicos da CAIXA e projetistas. Em relação ao proponente, essa dificuldade em disponibilizar as informações foi percebida devido à diversidade de documentos em que as informações são apresentadas de forma repetida e até mesmo contraditória, revelando problemas de organização das informações.

### 5.1.3 Identificação de requisitos

A identificação de requisitos relacionados ao programa Minha Casa Minha Vida, realizada por meio de documentos e entrevistas com técnicos da CAIXA, revelou que para empreendimentos da faixa 1, o número de unidades habitacionais por empreendimento é estabelecido em função da área e do projeto, limitado em 500 unidades por empreendimento. Os empreendimentos contratados a partir de janeiro de 2012, na forma de condomínio, devem ser segmentados em número máximo de 300 unidades habitacionais. Adicionalmente, os empreendimentos possuem as seguintes tipologias: casas térreas (área mínima útil de 36m<sup>2</sup>), apartamentos, casas sobrepostas<sup>30</sup> e sobrados (área mínima útil de 39m<sup>2</sup>). Para essas tipologias são exigidas sala, 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas, cozinha, área de serviço e banheiro (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011a).

Além desses requisitos, existem outros estabelecidos pelo programa, os quais são fornecidos aos proponentes por meio de listas de especificações mínimas. Essas especificações mínimas determinadas pelo PMCMV envolvem basicamente definições de área mínima, dimensões dos cômodos, tipos de acabamentos, tipos de esquadrias, dimensões mínimas para acessibilidade universal, dentre outros (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013b). A Figura 36 apresenta um extrato das especificações mínimas para a tipologia de apartamento. É importante ressaltar que os empreendimentos do faixa 2 e 3 do PMCMV não possuem especificações mínimas, apenas algumas exigências quanto a custo e orçamento desses EHIS.

A partir das especificações mínimas do PMCMV, a CAIXA adicionou novos requisitos formando um novo documento. Por sua atuação como instituição financeira e operadora do PMCMV, a CAIXA possui o consentimento em definir critérios técnicos. Contudo, esses requisitos adicionais não podem ser exigidos nos projetos já que não estão presentes na lista de especificações determinada pelo Ministério das Cidades. A CAIXA, entretanto, aconselha os proponentes a considerar esses requisitos para evitar problemas identificados

---

<sup>30</sup> A tipologia casas sobrepostas, representam edificações residenciais multifamiliar.

durante a etapa de construção do EHIS, bem como para fornecer mais benefícios aos usuários finais. Como exemplo de problemas identificados durante a etapa de construção é falta de marco inteiro nas portas, guarita com banheiro, necessidade de tela passarineira na cobertura. Esses requisitos foram considerados essenciais pela CAIXA tornando necessário inserir essas informações na lista de especificações mínimas. Outros exemplos vinculados a proporcionar benefícios aos usuários são a previsão de grama nas áreas não pavimentadas, vagas para motos, vagas para bicicletas.



Ministério das  
Cidades



**Programa Minha Casa Minha Vida / FAR**  
**Especificações Mínimas**

**Apartamento\* / Casa sobreposta\* / Village\* / Sobrado\*\*** (Para contratação com valor máximo de aquisição da unidade de acordo com o item 7.1 do Anexo I da Portaria N° 465, de 03 de outubro de 2011)

<b>Projeto</b>	Unidade habitacional com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço / banheiro.
<b>DIMENSÕES DOS CÔMODOS</b> (Estas especificações não estabelecem área mínima de cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versam sobre dimensões mínimas dos ambientes)	
<b>Dormitório casal</b>	Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.
<b>Dormitório duas pessoas</b>	Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações mínimo de 0,50 m.
<b>Cozinha</b>	Largura mínima da cozinha: 1,80 m. Quantidade mínima: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.
<b>Sala de estar/refeições</b>	Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.
<b>Banheiro</b>	Largura mínima do banheiro: 1,50 m. Quantidade mínima: 1 lavatório sem coluna, 1 vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, 1 box com ponto para chuveiro – (0,90 m x 0,95 m) com previsão para instalação de barras de apoio e de banco articulado, desnível máx. 15 mm; Assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box.
<b>Área de Serviço</b>	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina (0,60 m x 0,65 m).
<b>Em Todos os Cômodos</b>	Espaço livre de obstáculos em frente às portas de no mínimo 1,20 m. Deve ser possível inscrever, em todos os cômodos, o módulo de manobra sem deslocamento para rotação de 180° definido pela NBR 9050 (1,20 m x 1,50 m), livre de obstáculos.
<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>	
<b>Área útil (área interna sem contar áreas de paredes)</b>	39,00 m <sup>2</sup>
<b>Pé direito mínimo</b>	2,30 m nos banheiros e 2,50 m nos demais cômodos.
<b>Cobertura</b>	Sobre laje, em telha cerâmica ou de fibrocimento (espessura mínima de 5 mm), com estrutura de madeira ou metálica. Admite-se laje inclinada desde que coberta com telhas.
<b>Revestimento Interno</b>	Massa única, gesso (exceto banheiros, cozinhas ou áreas de serviço) ou concreto regularizado para pintura.

Figura 36 - Extrato das especificações mínimas (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013c).

A partir da lista de especificações mínimas para tipologia de apartamento em adição aos requisitos determinados pela CAIXA e identificados na cartilha do programa foi possível elaborar uma versão inicial da estrutura de requisitos dos clientes de EHIS.

#### 5.1.4 Estruturação dos requisitos

Na primeira etapa da pesquisa foi desenvolvida uma versão inicial da estrutura de requisitos, a qual considerou todas as 13 categorias funcionais (nível 1) e 35 subcategorias (nível 2) propostas por Kiviniemi (2005) (Figura 19a). Entretanto, as subcategorias pertencentes aos requisitos do espaço da Figura 37, foram renomeadas. Com base em três categorias

definidas por Lima (2007), funcionalidade da unidade habitacional, qualidade do condomínio e qualidade dos acabamentos, foram criadas e nomeadas as duas subcategorias relacionadas aos espaços: Requisitos de funcionalidade dos espaços (requisitos de áreas, dimensões dos espaços, bem como mobília e equipamentos das unidades habitacionais e dos espaços de uso comum), e Requisitos de qualidade da construção e acabamentos (requisitos relacionados às paredes, pisos, tetos, portas, janelas, dentre outros elementos da construção) (Figura 37).

CATEGORIA	SUBCATEGORIA
<b>A REQUISITOS DE CONFORMIDADE</b>	
A.1 Objetivos gerais	
	A.1.1 Objetivos do empreendimento
A.2 Requisitos de localização	
	A.2.1 Requisitos de seleção do Terreno
	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura
	A.2.3 Requisitos de Transporte
	A.2.4 Requisitos de projeto para o terreno
	A.2.5 Limitações existentes no terreno
	A.2.6 Requisitos do terreno para construção
	A.2.7 Requisitos do terreno para sistemas
A.3 Requisitos de serviço	
	A.3.1 Requisitos de Serviço
A.4 Requisitos do espaço	
	A.4.1 Requisitos de funcionalidade dos espaços
	A.4.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
B.1 Requisitos de condições internas	
	B.1.1 Clima/ ambiente interno
	B.1.2 Acústica
	B.1.3 Iluminação
B.2 Requisitos de vida útil	
	B.2.1 Vida útil da edificação
	B.2.2 Vida útil de sistemas prediais
B.3 Requisitos de adaptabilidade	
	B.3.1 Flexibilidade da edificação
	B.3.2 Flexibilidade dos sistemas prediais
	B.3.3 Flexibilidade do espaço
B.4 Requisitos de segurança	
	B.4.1 Segurança do terreno
	B.4.2 Segurança da edificação
	B.4.3 Segurança dos sistemas prediais
	B.4.4 Segurança do pavimento
	B.4.5 Segurança do espaço
	B.4.6 Risco de catástrofes e acidentes
B.5 Requisitos estéticos	
	B.5.1 Requisitos visuais
B.6 Requisitos de acessibilidade	
	B.6.1 Acessibilidade do edifício
	B.6.2 Acessibilidade do pavimento
B.7 Requisitos de circulação	
	B.7.1 Área de circulação
	B.7.2 Sistemas de circulação
<b>C REQUISITOS DE CUSTO</b>	
C.1 Requisitos de custo	
	C.1.1 Requisitos de custo
<b>D REQUISITOS AMBIENTAIS</b>	
D.1 Requisitos de sustentabilidade	
	D.1.1 Isolamento de energia
	D.1.2 Requisitos de energia
	D.1.3 Pressão ambiental

 CATEGORIAS / SUBCATEGORIAS RENOMEADAS

Figura 37 - Estrutura de requisitos 1.

Buscou-se então relacionar os diferentes requisitos do PMCMV com os 300 requisitos da hierarquia de Kiviniemi (2005), conforme exemplo da Figura 38. Para os requisitos mínimos do PMCMV que não tinham relação com o terceiro nível de requisitos, foi necessário incluir novos elementos, como, por exemplo, a inclusão de requisitos de iluminação e drenagem do terreno no nível 3 (Figura 38). Além disso, alguns requisitos do nível 3 não tinham correspondência com o nível 4, pois não foram identificados requisitos mínimos do PMCMV para esses elementos. A estruturação inicial dos requisitos foi importante por possibilitar uma visão geral de todos os requisitos identificados e promover a correspondência dos mesmos com os elementos da hierarquia proposta por Kiviniemi (2005).

CATEGORIA DE REQUISITOS - NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS - NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS - NÍVEL3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV - NÍVEL4
A.2 Requisitos de localização	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura	A.2.2.1 Sistema de resfriamento	
		A.2.2.2 Rede Elétrica	Energia elétrica e Iluminação pública
		A.2.2.3 Infra para abastecimento de gás	Medição individual de gás (não obrigatório para área metropolitana)
		A.2.2.4 Infra para aquecimento da água	
		A.2.2.5 Rede de Informações	
		A.2.2.6 Infra Estrada	Pavimentação das calçadas, guias, sarjetas
		A.2.2.7 Infra Esgoto	Esgotamento sanitário público Solução de esgotamento sanitário
		A.2.2.8 Rede de telecomunicação	
		A.2.2.9 Infra abastecimento de água	Reservatório elevado de água potável Prever reservatório inferior com instalação de no mínimo 2 bombas de recalque com manobra simultânea Prever cercamento do reservatório inferior com proteção para as bombas Sistema de abastecimento de água
		A.2.2.10 Infra Resíduos	
		A.2.2.11 Iluminação do terreno	Planta luminotécnica privilegiando eficiência energética
		A.2.2.12 Drenagem do terreno	Sistema de drenagem

REQUISITOS DO NÍVEL 3 SEM CORRESPONDÊNCIA COM O NÍVEL 4  
 REQUISITOS ACRESCENTADOS

Figura 38 - Relação entre requisitos do PMCMV com nível 3 da estrutura de requisitos.

### 5.1.5 Descrição do *software dRofus*

No *software dRofus* os espaços criados são organizados em departamentos e subdepartamentos, ou seja, os espaços são categorizados em diferentes níveis funcionais, conforme a Figura 39. Nesse estudo exploratório, os departamentos foram nomeados conforme as partes do produto (Unidade habitacional, Condomínio e Entorno) – ver coluna da esquerda da Figura 39. O departamento “unidade habitacional” é composto por subdepartamentos, tais como, “cozinha, sala de estar e jantar, dormitórios, banheiro, área de serviço”. O subdepartamento “Área de serviço (área para tanque/máquina de lavar)”, por

exemplo, é configurado por espaços<sup>31</sup>, tais como “área de serviço do apartamento final 01”, “área de serviço do apartamento final 02” (coluna da direita da Figura 39), ou seja, em um condomínio de casas ou de edifícios com apartamentos existem diversos espaços com essa função.

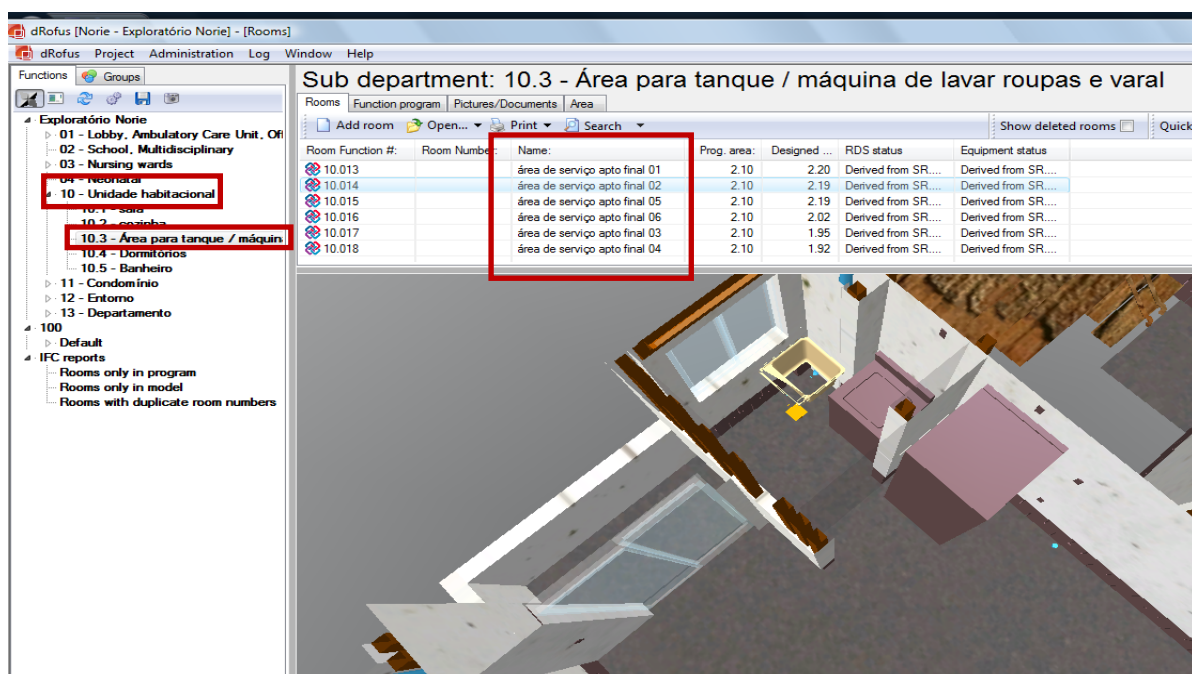


Figura 39 - Estruturação das partes do produto EHIS A1 no dRofus.

Ao selecionar um dos espaços, por exemplo, “área de serviço apto final 02” o *software* abre uma janela contendo informações daquele espaço selecionado (Figura 40). No *software* essa janela chama-se *Room Data Sheet*<sup>32</sup> ou RDS e é nela que são inseridas todas as informações a respeito dos espaços, tais como requisitos e atributos. As planilhas (*sheets*) da RDS são compostas por categorias funcionais (nível 1), tais como, Requisitos dos Espaços e Requisitos de Acessibilidade. Dentro de cada planilha são inseridas as informações de requisitos referentes ao espaço selecionado (Figura 40), podendo estas serem inseridas em diferentes níveis de detalhe. As categorias de requisitos no nível 1 serão visualizadas para todos os espaços que configuram o empreendimento como um todo. No *software* só é possível criar uma única RDS, a qual será utilizada para inserir as informações relacionadas a todos os espaços. Porém, caso um espaço não necessite de informações de determinada categoria, essa ou apenas parte das informações poderá ser bloqueada para aquele espaço específico por meio de filtros.

<sup>31</sup> A palavra espaços é a tradução para a palavra *Rooms*, utilizada no *software*.

<sup>32</sup> A melhor tradução para *Room Data Sheet* (RDS) é Planilha com informações dos espaços.

Para Kiviniemi (2005), existe um número de requisitos que são compartilhados por diversos espaços. No entanto, esses espaços também possuem requisitos individuais, que não são compartilhados. Dessa forma, repetir requisitos compartilhados em todos os espaços pode gerar um grave problema de gerenciamento de requisitos, pois se algum requisito compartilhado mudar, as alterações deverão ser feitas em muitos locais (KIVINIEMI, 2005). Para evitar esse tipo de problema, no software *dRofus* é possível criar espaços a partir de um *template* único. Dessa forma, o espaço criado pode conter requisitos específicos. Um novo espaço também pode ser criado a partir de um espaço existente. Dessa forma, o novo espaço criado vai possuir requisitos compartilhados com o espaço de origem. Esse último caso pode ser interessante para empreendimentos com muitos espaços semelhantes.

Na primeira etapa da pesquisa, um pequeno conjunto de requisitos do PMCMV foi armazenado em uma das planilhas da RDS, correspondente à categoria dos Espaços com a finalidade de testar as diferentes possibilidades de edição da RDS (Figura 40). Assim que o conjunto de requisitos foi inserido no *dRofus* realizou-se a conexão dos mesmos com os espaços criados no modelo do EHIS A1, desenvolvido no *Autodesk Revit*.

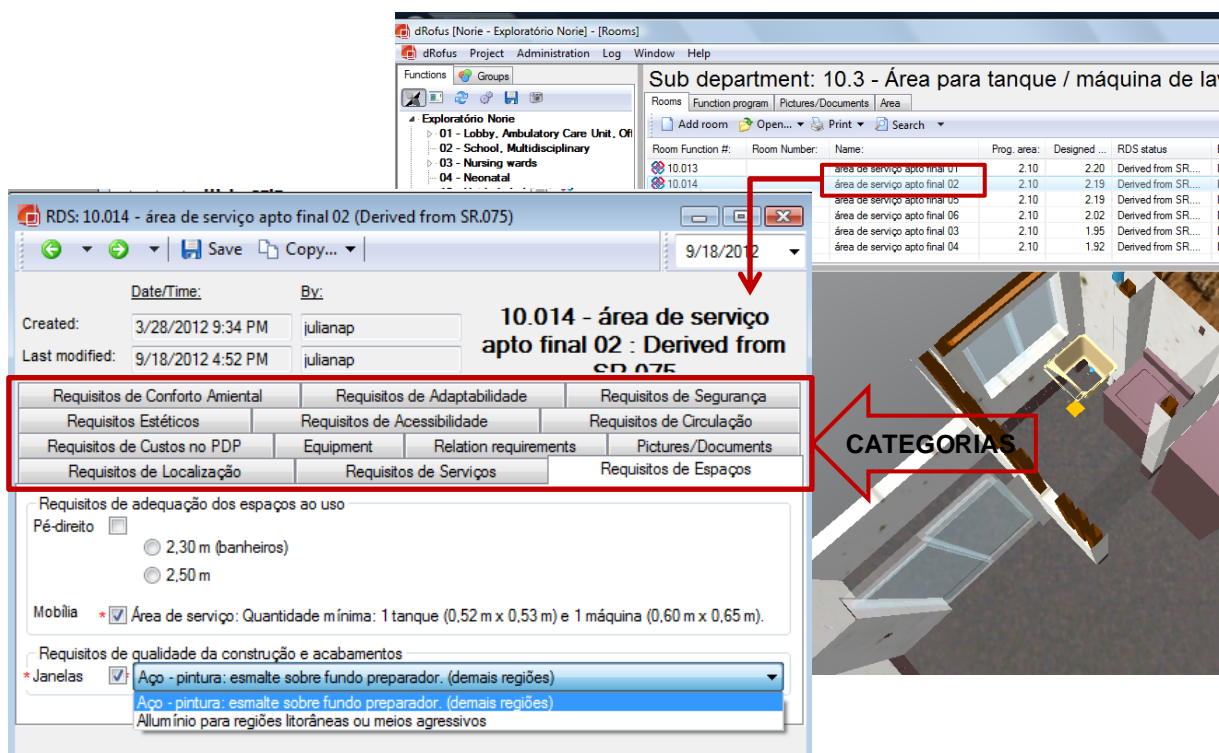


Figura 40 - RDS contendo informações de um espaço do EHIS A1.

Na Figura 41 é possível visualizar o pavimento tipo do EHIS A1 conectado com informações geradas no *dRofus*. O *dRofus* permite essa visualização do produto, mas não possibilita realizar alterações nesse modelo. O modelo do produto EHIS A1 só pode ser editado no *software* de modelagem do produto, neste caso é o *Autodesk Revit*.

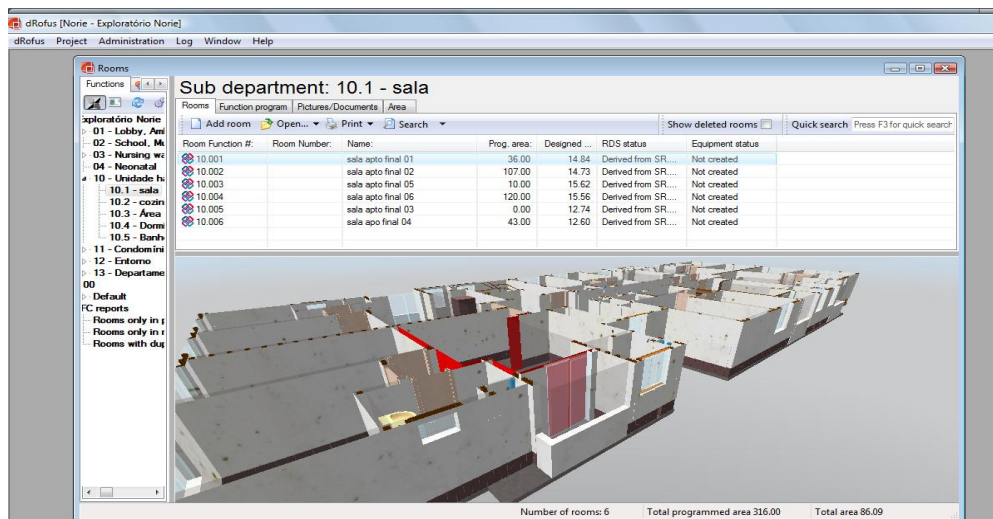


Figura 41 - Visualização do modelo do produto (EHIS A1) no dRofus.

Caso sejam feitas modificações nas informações inseridas no dRofus ou acréscimo de um novo espaço, é possível exportar essas alterações para o modelo do produto Autodesk Revit, o qual precisará ser atualizado para adequar-se aos novos requisitos.

A conexão entre requisitos vinculados aos espaços no dRofus e modelo do produto permite a comparação das informações sobre requisitos com o que foi projetado no software de modelagem do produto. Na Figura 42 o modelo do EHIS A1 é visualizado no Autodesk Revit, sendo que uma janela à direita do espaço “área de serviço” mostra a comparação entre os equipamentos planejados no dRofus com os projetados no Autodesk Revit.

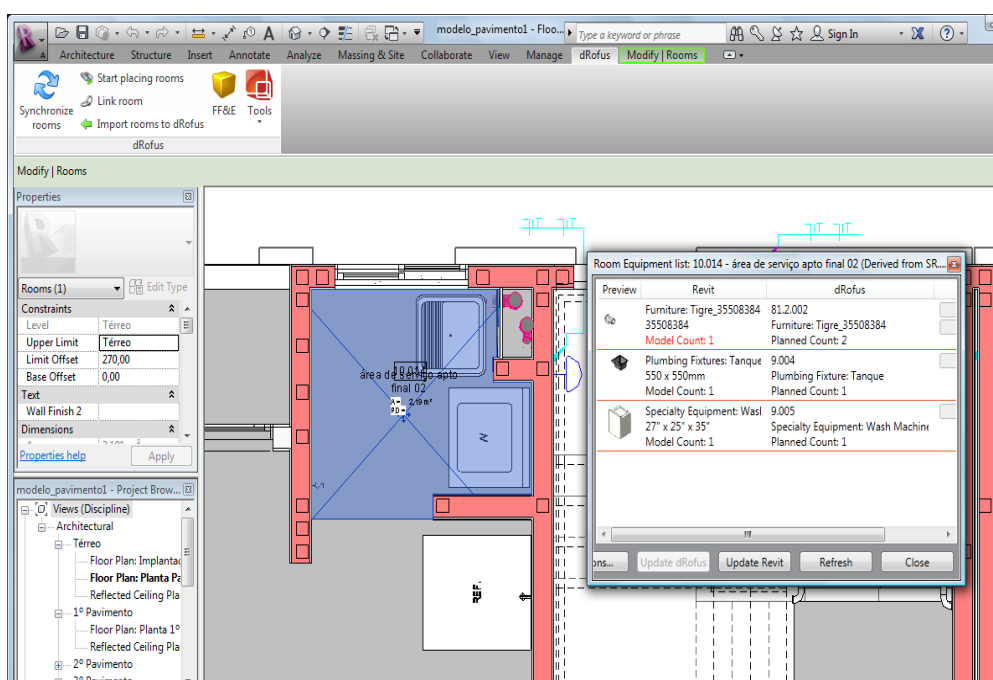


Figura 42 - Comparação entre equipamentos planejados e projetados do EHIS A1.



No *dRofus* também é possível extrair documentos em diferentes formatos (.xls, .doc, .pdf), os quais podem conter as informações ou requisitos necessários de determinado espaço bem como uma imagem ilustrando esse espaço.

Cabe ressaltar que o *dRofus* possui, além da possibilidade de verificação de requisitos, a função de controle de todas alterações realizadas e evolução dos requisitos. O *software* cria um histórico das operações executadas em cada um dos espaços. É possível identificar os espaços e as informações alteradas, a data e horário destas modificações e o profissional que a realizou. Este controle das alterações de requisitos durante o processo de desenvolvimento do produto é importante para transferir o conhecimento dessas alterações, por exemplo, aos novos projetistas e profissionais encarregados da análise de projetos. Além disso, permite que os requisitos sejam rastreados pela equipe de projeto, ou seja, os projetistas podem identificar com maior facilidade a origem de determinado requisito e com quais espaços ou objetos do produto esses requisitos estão relacionados.

## 5.2 RESULTADOS DA ETAPA 2

Os resultados da segunda etapa compreendem: (a) revisão da estrutura dos requisitos para adaptá-la a diferentes EHIS; (b) redução da estrutura de requisitos; (c) comparação entre requisitos de diferentes empreendimentos habitacionais e tipologias; e (d) a utilização da ferramenta *dRofus*.

### 5.2.1 Revisão da estrutura de requisitos

A versão inicial da estrutura de requisitos, desenvolvida na etapa 1 desta pesquisa, necessitou de refinamento e avaliação com técnicos da CAIXA e profissionais da empresa Beta a fim de resultar em uma estrutura de requisitos adaptada ao contexto de EHIS.

Durante as entrevistas realizadas com técnicos da CAIXA, os mesmos recomendaram que a estrutura de requisitos deveria ser subdivida conforme as partes do produto (Unidade habitacional, condomínio e entorno). Contudo, para facilitar o armazenamento dos requisitos no *software dRofus* optou-se por manter a estrutura organizada a partir das categorias funcionais (requisitos de localização, segurança, etc.). Além disso, o *software dRofus* permite diversos agrupamentos de requisitos através do uso de filtros, ou seja, é possível, após a criação da RDS, agrupar os requisitos conforme as partes do produto, tais como, unidade habitacional, condomínio, entorno ou espaços.

A Figura 43b apresenta todas as categorias (nível 1) e subcategorias (nível 2) relevantes para a estrutura dos requisitos adaptada a EHIS. Essa segunda versão é considerada uma estrutura de requisitos genérica, formada por 13 categorias e 26 subcategorias, que pode ser aplicada para diferentes empreendimentos habitacionais de interesse social.

A primeira categoria, A.1 Objetivos Gerais (Figura 43a) foi considerada, mas com alteração da nomenclatura para Requisitos Gerais (Figura 43b), pois aborda, além de objetivos do empreendimento, outros requisitos do empreendimento que não foram enquadrados nas demais categorias.

Em relação à categoria Localização, a subcategoria Infraestrutura foi subdividida em Infraestrutura do Empreendimento e Infraestrutura Pública, enquanto que os requisitos presentes na subcategoria Requisitos do terreno para sistemas foram inseridos em Infraestrutura do Empreendimento (Figura 43b). Os requisitos de Seleção do Terreno (Figura 43a), que estão relacionados à localização geográfica, tipo de solo, entre outros atributos, são verificados na análise prévia dos EHIS. Os agentes da CAIXA realizam visita ao terreno e analisam a viabilidade do terreno em termos de aclives, declives, drenagem, dentre outros. Nessa análise verificam o acesso a serviços de água, luz e esgoto. Requisitos de transporte (Figura 43a), como por exemplo, distância ao transporte público, são considerados na análise prévia dos EHIS. A subcategoria Requisitos de projeto para o terreno está relacionada com, por exemplo, o número mínimo de vagas para estacionamento. A subcategoria Limitações Existentes no Terreno (Figura 43a), que engloba, dentre outros atributos, vegetação existente, edifícios existentes para preservação ou demolição, são analisados durante a aprovação do projeto nas prefeituras obedecendo à legislação de cada município. A CAIXA pode exigir laudos técnicos para aprovação das referidas limitações do terreno. Por fim, a subcategoria Terreno para Construção, que contempla, por exemplo, requisitos relacionados à altura e área da edificação, também são analisados nas prefeituras conforme o plano diretor de cada município.

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	CATEGORIA	SUBCATEGORIA
<b>A REQUISITOS DE CONFORMIDADE</b>		<b>A REQUISITOS DE CONFORMIDADE</b>	
A.1 Objetivos Gerais		A.1 Requisitos Gerais	
	A.1.1 Objetivos do empreendimento		A.1.1 Requisitos do empreendimento
A.2 Requisitos de localização		A.2 Requisitos de localização	
	A.2.1 Requisitos de seleção do Terreno		A.2.1 Requisitos de seleção do Terreno
	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura		A.2.2 Requisitos de Infraestrutura do empreendimento
	A.2.3 Requisitos de Transporte		A.2.3 Requisitos de Infraestrutura pública
	A.2.4 Requisitos de projeto para o terreno		A.2.4 Requisitos de Transporte
	A.2.5 Limitações existentes no terreno		A.2.5 Requisitos de projeto para o terreno
	A.2.6 Requisitos do terreno para construção		A.2.6 Limitações existentes no terreno
	A.2.7 Requisitos do terreno para sistemas		A.2.7 Requisitos do terreno para construção
A.3 Requisitos de serviço		A.3 Requisitos do espaço	
	A.3.1 Requisitos de Serviço		A.3.1 Requisitos de funcionalidade dos espaços
A.4 Requisitos do espaço		A.3.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos	
	A.4.1 Requisitos genéricos dos espaços	<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
	A.4.2 Requisitos específicos dos espaços	B.1 Requisitos de vida útil	
	A.4.3 Acabamentos dos espaços		B.1.1 Vida útil da edificação
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>			B.1.2 Vida útil de sistemas técnicos
B.1 Requisitos de condições internas		B.2 Requisitos de adaptabilidade	
	B.1.1 Clima/ ambiente interno		B.2.1 Flexibilidade da edificação
	B.1.2 Acústica		B.2.2 Flexibilidade dos sistemas técnicos
	B.1.3 Iluminação		B.2.3 Flexibilidade do espaço
B.2 Requisitos de vida útil		B.3 Requisitos de segurança	
	B.2.1 Vida útil da edificação		B.3.1 Segurança do terreno
	B.2.2 Vida útil de sistemas técnicos		B.3.2 Segurança da edificação
B.3 Requisitos de adaptabilidade		B.4 Requisitos Estéticos	
	B.3.1 Flexibilidade da edificação		B.4.1 Requisitos visuais
	B.3.2 Flexibilidade dos sistemas técnicos	B.5 Requisitos de Acessibilidade	
	B.3.3 Flexibilidade do espaço		B.5.1 Acessibilidade das áreas e equipamentos de uso comum
B.4 Requisitos de segurança			B.5.2 Acessibilidade da unidade habitacional (UH)
	B.4.1 Segurança do terreno	B.6 Requisitos de Circulação	
	B.4.2 Segurança da edificação		B.6.1 Sistemas de circulação
	B.4.3 Segurança dos sistemas técnicos	<b>C REQUISITOS DE CUSTO</b>	
	B.4.4 Segurança do pavimento	C.1 Requisitos de custo	
	B.4.5 Segurança do espaço		C.1.1 Requisitos de custo
	B.4.6 Risco de catástrofes e acidentes	<b>D REQUISITOS AMBIENTAIS</b>	
B.5 Requisitos estéticos		D.1 Requisitos de sustentabilidade	
	B.5.1 Requisitos visuais		D.1.1 Isolamento de energia
B.6 Requisitos de acessibilidade			D.1.2 Requisitos de energia
	B.6.1 Acessibilidade do edifício	<b>E REQUISITOS DOS SISTEMAS</b>	
	B.6.2 Acessibilidade do pavimento	E.1 Requisitos para sistemas elétricos	
B.7 Requisitos de circulação			E.1.1 Instalações elétricas
	B.7.1 Área de circulação	E.2 Requisitos para sistemas hidrossanitários	
	B.7.2 Sistemas de circulação		E.2.1 Instalações hidrossanitárias
<b>C REQUISITOS DE CUSTO</b>			
C.1 Requisitos de custo			
	C.1.1 Requisitos de custo		
<b>D REQUISITOS AMBIENTAIS</b>			
D.1 Requisitos de sustentabilidade			
	D.1.1 Isolamento de energia		
	D.1.2 Requisitos de energia		
	D.1.3 Pressão ambiental		

(a)

(b)

Figura 43 - Estrutura de requisitos 2: (a) categorias e subcategorias de requisitos (baseado em: KIVINIEMI, 2005) e (b) categorias e subcategorias com itens relevantes para EHIS

Na estrutura adaptada aos EHIS (Figura 43b) foram utilizados apenas requisitos relacionados aos produtos tangíveis: unidade habitacional, áreas de uso comum e entorno. Os requisitos relacionados aos produtos intangíveis, ou seja, aos serviços (projeto social e gestão do uso), presentes na Figura 43a, não foram considerados na estrutura de requisitos já que esses requisitos normalmente não possuem vínculos diretos a objetos específicos (partes do produto). A verificação dos requisitos de serviços pode ocorrer durante a ocupação do empreendimento através de avaliações com os usuários finais.

Conforme definido na primeira versão da estrutura de requisitos, a categoria Requisitos dos espaços sofreu alteração na nomenclatura das subcategorias: Requisitos de funcionalidade dos espaços e Requisitos de qualidade da construção e acabamentos (Figura 43b).

Em relação aos requisitos de desempenho, a categoria Condições Internas (clima/ambiente interno, acústica e iluminação) não foi considerada no escopo desta estrutura (Figura 43a). Para essa categoria é normalmente necessário utilizar *software* específicos para simulação e medição do desempenho das condições internas da edificação.

Para as categorias Vida Útil e de Sistemas Prediais, bem como para a categoria Adaptabilidade (flexibilidade da edificação, dos sistemas prediais e dos espaços) (Figura 43a) não foram identificados requisitos específicos. Contudo, requisitos relacionados à vida útil poderiam ser relevantes para a operação e manutenção do empreendimento. Os requisitos de Adaptabilidade também são importantes e deveriam ser considerados pelas políticas públicas. A flexibilidade pode ser importante, por exemplo, para uma família que possui portador de necessidades especiais, demandando normalmente alterações nas paredes das unidades. Por esses motivos apontados, essas categorias foram mantidas na estrutura de requisitos adaptada a EHIS.

Dos requisitos de Segurança, foram consideradas as subcategorias Segurança do Terreno e da Edificação. A primeira define requisitos para segurança das áreas condominiais do empreendimento e a segunda define, por exemplo, requisitos de proteção contra incêndio, controle de acesso à edificação.

Os requisitos de Acessibilidade foram considerados, mas com alterações na nomenclatura para adequar-se ao produto HIS. Portanto, as subcategorias são chamadas de requisitos de Acessibilidade das Áreas de Uso Comum e Acessibilidade da Unidade Habitacional (Figura 43b).

Para a categoria Circulação, constam requisitos dos sistemas de circulação, como, por exemplo, elevadores (Figura 43b).

Embora não tenham sido identificados requisitos mínimos para as categorias Ambiente e Custo, as mesmas foram consideradas nessa segunda versão da estrutura dos requisitos, pois são categorias importantes a serem consideradas no desenvolvimento de EHIS (Figura 43a). Durante as entrevistas com técnicos da CAIXA, foi identificado um guia para produzir construções mais sustentáveis, intitulado Selo Casa Azul, criado em 2010 pela Caixa Econômica Federal. Entretanto, os requisitos estabelecidos pelo mesmo não são ainda exigidos nos empreendimentos do Programa MCMV (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL,

2010). Em relação à categoria de Custos, a verificação de orçamento da obra e do cronograma físico-financeiro ocorre de forma simplificada na análise prévia das propostas e com maior rigor apenas após a revisão do projeto, quando é verificada a adequação da proposta às estimativas de custo.

Apesar de Kiviniemi (2005) não considerar no escopo do seu trabalho requisitos para estruturas e sistemas, as categorias Sistemas Elétricos e Hidrossanitários (Figura 43b) foram adicionadas à estrutura, devido à identificação desses requisitos nas listas de especificações mínimas do PMCMV.

A partir de entrevistas realizadas com profissionais da empresa Beta, foi constatado que a estrutura de requisitos estava adequada, mas alguns requisitos foram interpretados de forma diferente pela mesma, gerando novas soluções de projeto. Exemplo disso é a exigência de bacia sanitária com caixa acoplada no banheiro de portador de necessidades especiais (PNE). Esse requisito necessitou alterações, pois, para possibilitar a colocação de barra de apoio, a empresa Beta optou por uma caixa semiembutida. Essa alteração foi aceita na análise realizada pela CAIXA. Outro exemplo de solução adotada nos projetos de EHIS dessa empresa é que, para atender a área de circulação de um cadeirante (1,20 m x 1,50 m) no dormitório de solteiro, foi necessário adotar um beliche para adequar o dormitório aos requisitos do PMCMV.

Outra questão importante percebida durante a reunião com profissionais da empresa Beta está relacionada à lista de especificações mínimas utilizada por essa empresa. Essa lista não possui alguns dos requisitos definidos pela CAIXA, pois apenas inclui requisitos definidos pelo Ministério das Cidades. Contudo, a empresa Beta foi aconselhada a considerar esses requisitos definidos pela CAIXA no momento em que o projeto retornou para realização de ajustes das soluções adotadas. A CAIXA por ser um agente operador, importante para o desenvolvimento de programas habitacionais, possui grande influência na tomada de decisão no sentido de solicitar requisitos aos proponentes dos EHIS.

#### 5.2.1.1 Estrutura adaptada aos requisitos mínimos identificados

A partir da estrutura de requisitos genérica, apresentada anteriormente na Figura 43b, realizou-se a redução dessa estrutura de modo que foram mantidas apenas as categorias e subcategorias para as quais haviam sido identificados requisitos mínimos. Entretanto, essa estrutura pode ser alterada para outros tipos de empreendimentos ou mesmo à medida que o empreendimento evolui.

A estrutura de requisitos 3, apresentada na íntegra nos Apêndices B e D deste documento, contempla 9 categorias (nível 1), 13 subcategorias (nível 2), 46 requisitos (nível 3) e 112 atributos e especificações mínimas do PMCMV para a tipologia de apartamento (Figura 44).

CATEGORIA	SUBCATEGORIA
<b>A REQUISITOS DE CONFORMIDADE</b>	
A.1 Requisitos Gerais	
	A.1.1 Requisitos do empreendimento
A.2 Requisitos de localização	
	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura do empreendimento
	A.2.3 Requisitos de Infraestrutura pública
	A.2.5 Requisitos de projeto para o terreno
A.3 Requisitos do espaço	
	A.3.1 Requisitos de funcionalidade dos espaços
	A.3.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos
<b>B REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>	
B.3 Requisitos de segurança	
	B.3.1 Segurança do terreno
B.4 Requisitos Estéticos	
	B.4.1 Requisitos visuais
B.5 Requisitos de Acessibilidade	
	B.5.1 Acessibilidade das áreas e equipamentos de uso
	B.5.2 Acessibilidade da UH
B.6 Requisitos de Circulação	
	B.6.1 Sistemas de circulação
<b>E REQUISITOS DOS SISTEMAS</b>	
E.1 Requisitos para sistemas elétricos	
	E.1.1 Instalações elétricas
E.2 Requisitos para sistemas hidrossanitários	
	E.2.1 Instalações hidrossanitárias

Figura 44 - Estrutura de requisitos 3: categorias e subcategorias adaptadas aos requisitos mínimos identificados.

A Figura 45, a título de exemplo, representa o detalhamento da categoria de Requisitos de Localização. Observa-se que a estrutura de requisitos é desdobrada em quatro colunas: nível 1, formado pela categoria primária; nível 2, formado por subcategorias de requisitos; nível 3, inclui requisitos e atributos; e, na coluna 4, são inseridos atributos e especificações mínimas do Programa Minha Casa Minha Vida e especificações da CAIXA.

CATEGORIA DE REQUISITOS - NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS - NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS - NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV - NÍVEL 4	OBJETOS DO PRODUTO
A.2 Requisitos de localização	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura do empreendimento	A.2.2.1 Iluminação do terreno	Planta luminotécnica privilegiando eficiência energética	Terreno
		A.2.2.2 Drenagem do terreno	Sistema de drenagem	Terreno
		A.2.2.3 Abastecimento de gás	Medição individual de gás (não obrigatório para área metropolitana)	Cozinha
		A.2.2.4 Abastecimento de água	Reservatório elevado de água potável	Cobertura
			Prever reservatório inferior com instalação de no mínimo 2 bombas de recalque com manobra simultânea	Terreno
	Prever cercamento do reservatório inferior com proteção para as bombas	Terreno		
	A.2.2.5 Infraestrutura de esgoto	Solução de esgotamento sanitário	Terreno	
	A.2.3 Requisitos de Infraestrutura pública	A.2.3.1 Rede Elétrica e Iluminação pública	Energia elétrica e Iluminação pública	Área pública
		A.2.3.2 Infraestrutura pública da rede de esgoto	Esgotamento sanitário público	Área pública
		A.2.3.3 Infra abastecimento de água	Sistema de abastecimento de água	Área pública
		A.2.3.4 Pavimentação das vias públicas	Pavimentação das calçadas, guias, sarjetas	Área pública
	A.2.5 Requisitos de projeto para o terreno	A.2.5.1 Min espaços de estacionamento de bicicletas	Bicicletário	Terreno
		A.2.5.2 Min espaços de estacionamento de motocicletas	Vagas para motos	Terreno
		A.2.5.3 Min espaços de estacionamento de carros	Vagas de garagem conforme definido na legislação municipal	Terreno
		A.2.5.4 Min área verde no terreno	Prever grama nas áreas não pavimentadas	Terreno

Figura 45 - Estrutura de requisitos de localização dos EHS.

A última coluna, objetos do produto, indica as partes do projeto com as quais as informações de requisitos estão relacionadas. Essas relações foram feitas para auxiliar os agrupamentos de requisitos no *software dRofus*.

Para facilitar a identificação das relações entre requisitos e partes do produto, foram criados modelos simplificados, conforme exemplo da Figura 46 e Apêndice C deste documento.

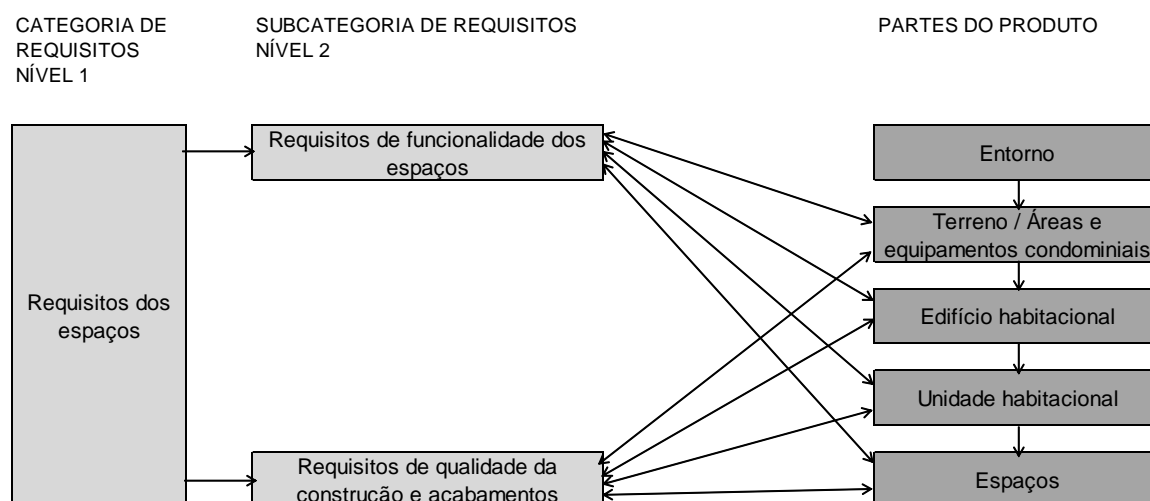


Figura 46 - Relação entre subcategorias de requisitos e as partes do produto EHS.

Essas relações indicam que os requisitos podem ser relacionados com uma ou mais partes do produto. Por exemplo, os requisitos “Revestimento externo: Massa única ou concreto regularizado para pintura” e “Tinta acrílica ou textura impermeável ou elastomérica” estão relacionados a diferentes partes do produto, tais como, equipamentos condominiais, edifício

habitacional, e aos espaços da unidade habitacional. A partir da compreensão dessas relações, foi possível definir para cada requisito do nível 4 os espaços aos quais estas informações devem estar relacionadas (Figura 45). O apêndice B possui a lista completa de requisitos relacionados aos espaços ou partes do produto.

A relação entre requisitos e partes do produto é importante no momento em todos os requisitos são inseridos no *software* de gestão de requisitos e conectados com o modelo do produto, pois facilita na definição de filtros. A criação de filtros facilita na diferenciação entre os diferentes espaços, sendo que cada filtro contém requisitos específicos da RDS para determinado espaço ou parte do produto. A aplicação de filtros está exemplificada no item 5.2.2.1.

#### 5.2.1.2 Comparação entre empreendimentos de habitação de interesse social

Durante a reunião com profissionais da empresa Beta, além de avaliar a estrutura de requisitos genérica, foram identificadas algumas diferenças entre requisitos quando a aprovação dos projetos ocorre em diferentes prefeituras, em função da legislação específica para cada município. As diferenças de requisitos também podem estar relacionadas à atuação da CAIXA de cada município ou região na qual é influente. Com isso, foi realizada uma comparação entre empreendimentos de mesma faixa de renda e entre EHIS com diferentes faixas de renda para a tipologia de apartamento. A comparação entre diferentes empreendimentos é importante para avaliar a aplicabilidade da estrutura de requisitos a uma gama mais ampla de situações.

O projeto arquitetônico e memorial descritivo do EHIS B1 foram analisados e posteriormente comparados com os dados dos EHIS B2 e EHIS B3, todos pertencentes à faixa 1 do PMCMV. Os dois primeiros empreendimentos localizados em Canoas e o EHIS B3 em Caxias do Sul. Nessa comparação entre EHIS de faixa 1 foram identificadas duas diferenças significativas: a primeira relacionada à interpretação da norma de acessibilidade do portador de necessidades especiais (PNE) ao banheiro por parte da atuação da CAIXA em cada município e a segunda refere-se aos requisitos específicos para aprovação do projeto na Prefeitura Municipal de Caxias do Sul.

Para a REDUR de Caxias do Sul, no banheiro não adaptado aos portadores de necessidades especiais (Figura 47a), o chuveiro, bacia sanitária e lavatório podem estar posicionados na mesma parede, permitindo com isso redução nos custos para as instalações hidrossanitárias. O banheiro adaptado a portadores de necessidades especiais (Figura 47b), por sua vez, deve manter o chuveiro e lavatório em uma mesma parede e



bacia sanitária na parede oposta. Esta é a forma pela qual a REDUR de Caixas do Sul interpreta a NBR 9050 - Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos (ABNT, 2004).

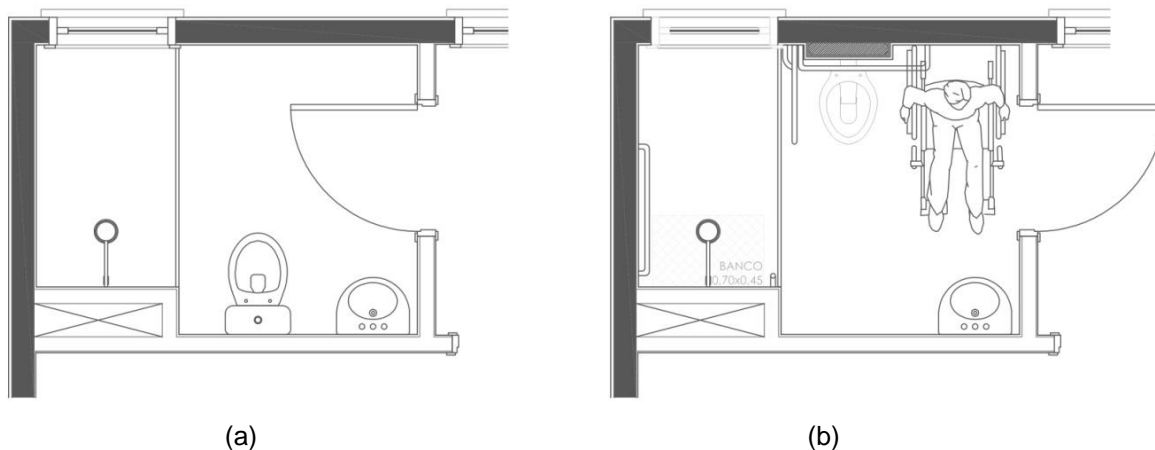


Figura 47 - Banheiros do EHIS B3: (a) banheiro não adaptado à PNE, (b) banheiro adaptado à PNE.

Para os empreendimentos de faixa 1 executados em Canoas, EHIS B1 e EHIS B2, a GIDUR – Porto Alegre exige que em todos os banheiros, inclusive os adaptados a PNE, o chuveiro deve ser projetado na parede oposta à bacia sanitária e lavatório Figura 48.

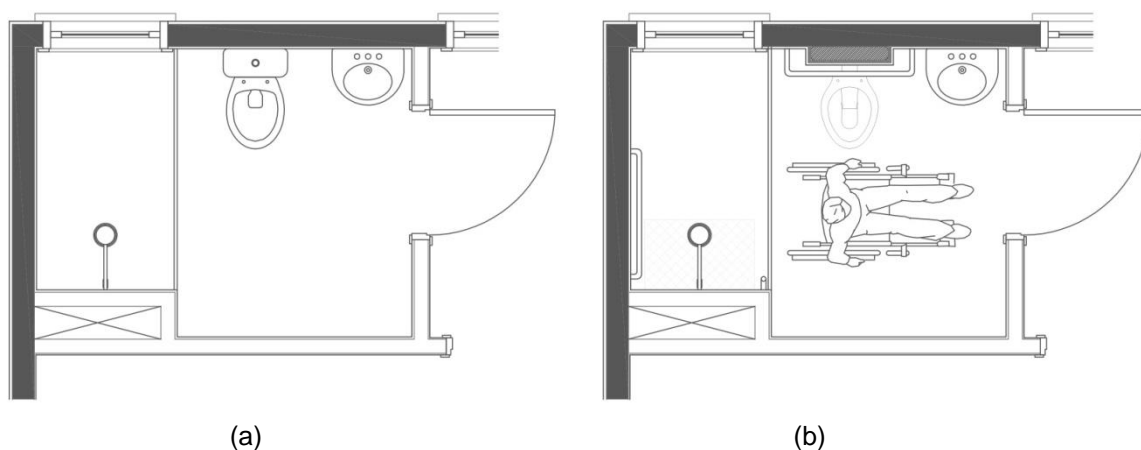


Figura 48 - Banheiros do EHIS B1 e EHIS B2: (a) banheiro não adaptado a PNE; e (b) banheiro adaptado a PNE

A partir da análise de empreendimentos de faixa 1, foram identificados requisitos específicos para aprovação de EHIS na Prefeitura Municipal de Caxias do Sul. Esses requisitos estão relacionados ao comprimento máximo dos blocos habitacionais, os quais não podem ultrapassar a medida de 65 m. Além disso, a porta de acesso às unidades habitacionais deve ter largura mínima de 90cm. A prefeitura de Canoas, entretanto, não exige

comprimento máximo dos blocos e as portas de acesso às unidades devem possuir largura mínima de 80cm.

A análise de empreendimentos de faixa 2, EHIS B4 e EHIS B5, em comparação aos EHIS de faixa 1, não apontaram diferenças substanciais, à exceção daquelas relacionadas principalmente aos tipos de acabamentos. De fato, o programa de necessidades desses empreendimentos é muito semelhante ao de faixa 1. O EHIS B5, por exemplo, possui a mesma planta do EHIS B2 e EHIS B3, mas com redução do banheiro e ampliação dos dormitórios, já que não existem exigências quanto à acessibilidade aos banheiros.

As comparações entre empreendimentos apontaram a existência de algumas soluções específicas de projeto tanto entre empreendimentos de faixa 1 quanto para EHIS de faixa 2. Essas soluções atendem a requisitos específicos de determinados agentes envolvidos no processo de desenvolvimento de EHIS. Contudo, apesar das diferenças, percebe-se que a estrutura de requisitos desenvolvida nessa pesquisa poderia ser utilizada para aprovação de projetos de EHIS de faixa 1 nas duas prefeituras analisadas, de Caxias do Sul e Canoas, pois dos 112 atributos e especificações mínimas do PMCMV identificados, apenas 3 são diferentes: comprimento dos blocos habitacionais, dimensão mínima da porta de acesso à unidade e exigência de medição individual de gás (não obrigatória para região metropolitana de Porto Alegre). Além disso, para aplicação da estrutura de requisitos a faixa 2 do PMCMV, pelo menos 30% das informações precisariam ser ajustadas, pois, para essa faixa de renda, não existem exigências, por exemplo, em relação à acessibilidade universal ou a acabamentos específicos da edificação.

As comparações entre empreendimentos, mencionadas anteriormente, se referem à tipologia de apartamento para as faixas 1 e 2. Para avaliar, portanto, a aplicabilidade da estrutura de requisitos para a tipologia de casas foi necessário comparar a lista de especificações mínimas dessa tipologia com a de especificações para apartamento (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013b). Não foi possível analisar projetos e documentação de empreendimentos de faixa 1 para tipologia de casas, pois a empresa Beta, que disponibilizou documentação para realizar o estudo de caso, não realizou nenhum empreendimento com essa tipologia. Cabe ressaltar que a lista contendo especificações para apartamento é válida para as tipologias casas sobrepostas e sobrados. A tipologia sobrado, entretanto, possui um requisitos adicional que se refere à instalação obrigatória de equipamento para aquecimento solar das unidades.

Na Figura 49 são apresentadas as categorias e desdobramentos em que existem atributos e especificações diferentes entre as tipologias, bem como atributos específicos para cada

tipologia. Os atributos e especificações diferentes entre as tipologias estão marcados em verde, como, por exemplo, a área mínima para apartamentos, conforme a quarta coluna da Figura 49, deve ser de 39m<sup>2</sup>, enquanto que para a tipologia de casas essa área deve ser de no mínimo 36m<sup>2</sup>.

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV NÍVEL 4 - APARTAMENTO	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV NÍVEL 4 - CASA
Requisitos dos espaços	Requisitos de funcionalidade dos espaços	Área mín. solicitada	Apartamento: 39m <sup>2</sup> da UH	Casa: 36m <sup>2</sup>
		Nº mín de espaços	Unidade habitacional com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço / banheiro.	área de serviço (externa)
		Dimensões mínimas	Edificações de até 3 pavimentos, distância entre blocos maior ou igual a 4,50 m.	
	Edificações de 4 a 5 pavimentos, distância mínima entre blocos de 5,00 m.			
	Requisitos de qualidade da construção e acabamentos	Superfície do piso	Edificações com mais de 5 pavimentos, distância entre blocos maior ou igual a 6,00 m.	
Cobertura		Cerâmica no hall, nas áreas de circulação internas, guarita e salão de festas.	Sobre laje, em telha cerâmica ou de fibrocimento (espessura mínima de 6 mm), com estrutura de madeira ou metálica. Admite-se laje inclinada desde que coberta com telhas.	Em telha cerâmica/concreto com forro ou de fibrocimento (espessura mínima de 5mm) com laje, sobre estrutura de madeira ou metálica
Requisitos para sistemas elétricos	Instalações elétricas	Pontos elétricos, tomadas e sistema de comunicação dos espaços	Sala: 2 tomadas; 1 ponto de telefone com enfição; 1 de campainha; 1 ponto de antena; 1 ponto de interfone	Sala: 2 tomadas; 1 ponto de telefone com enfição; 1 ponto de antena; 1 ponto de interfone (em condomínios)
			Área de serviço: 2 tomadas; Prever tomada para máquina de lavar roupas	Área de serviço: 1 tomada
Requisitos de circulação	Sistemas de circulação	Requisitos para elevador	Para edificação acima de dois pavimentos, deve ser previsto e indicado na planta o espaço destinado ao elevador e informado no manual do proprietário. O espaço deve permitir a execução e instalação futura do elevador. Não é necessária nenhuma obra física para este fim. No caso, do espaço previsto para futura instalação do elevador, estar no interior da edificação, a estrutura deverá ser executada para suportar as cargas de instalação e operação do equipamento.	
Requisitos de sustentabilidade	Requisitos de energia	Energia reciclada		Aquecimento solar nas unidades (item obrigatório em todas as regiões). Sistema aprovado pelo INMETRO.
Requisitos gerais	Requisitos para Tecnologias inovadoras	Placas de informações	Deverão ser instaladas placas informativas nas edificações de empreendimentos em condomínios nos casos de utilização de alvenaria estrutural ou sistemas inovadores (deverá constar no orçamento)	

## LEGENDA

- ATRIBUTOS ESPECÍFICOS DE CADA TIPOLOGIA
- ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES DIFERENTES ENTRE AS TIPOLOGIAS CASA E APARTAMENTO

Figura 49 - Comparação entre especificações mínimas para as tipologias de apartamento e casas.

Os atributos específicos de cada tipologia estão marcados na cor cinza da Figura 49. Para a tipologia de apartamento, por exemplo, existem requisitos mínimos de distância entre os blocos de habitação, contudo, empreendimentos com casas não possuem esse tipo de requisito. Um requisito específico para a tipologia de casas é a instalação de aquecimento solar nas unidades habitacionais. De um modo geral, percebe-se que não existem muitas

diferenças entre os requisitos das tipologias casas e apartamentos, tornando possível a aplicação e adaptação da estrutura de requisitos para diferentes tipologias de empreendimentos habitacionais de interesse social.

## 5.2.2 Utilização do software dRofus

### 5.2.2.1 Armazenamento dos requisitos no software dRofus

A partir da estrutura de requisitos adaptada aos requisitos disponíveis, as informações dos requisitos foram atualizadas no software dRofus. A atividade de armazenar os requisitos neste software levou 4 horas, enquanto que a de criar novos espaços levou 20 minutos. A Figura 50 representa na parte superior a captura de tela do dRofus, na qual é visualizada a RDS contendo os requisitos do Dormitório de casal do EHIS B1. Na parte inferior da Figura 50 pode-se visualizar uma parcela da estrutura de requisitos referente à categoria Requisitos dos Espaços.

The screenshot shows the dRofus software interface with the following elements:

- Title Bar:** dRofus [Norie - dRofus demo] - [RDS: 10.041 - Dormitório Casal (Derived from SR.094)]
- Menu Bar:** dRofus Project Administration Log Window Help
- Toolbar:** Save, Copy, Print, Equipment in room, View, RDS log, Note
- Date/Time:** 3/29/2013
- Project Info:** 10.041 - Dormitório Casal : Derived from SR.094
- Navigation Tabs:** Requisitos dos Espaços I, Requisitos de Espaços II, Requisitos de Acessibilidade, Requisitos para Sistemas Elétricos, Requisitos Gerais, Equipment, Relation requirements, Pictures/Documents
- Content Area:**
  - REQUISITOS DE QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO E ACABAMENTOS**
  - PAREDES**
    - Revestimento externo: Massa única ou concreto regularizado para pintura. Tinta acrílica ou textura impermeável ou elastomérica
    - Revestimento interno áreas secas: Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura. Tinta PVA
    - UH: Regularização interna com gesso na espessura nominal de 6mm. O revestimento será executado com acabamento desempenado, podendo estar sujeito a pequenas ondulações inerentes ao processo manual de acabamento. As paredes serão pintadas com tinta acrílica fosca de cor palha ou gelo da marca Kresil.
  - SUPERFÍCIE DO PISO**
    - Cerâmica em toda a unidade, com rodapé, e desnível máximo de 15mm.
    - Cerâmica esmaltada branca marca Angel Gres, classe A, modelo White Frost 30 x 30, PEI IV. O acabamento entre piso e as paredes será feito com rodapé Eucalfloor cor frejô Dakar, ou marfim com altura de 5 cm.
- Observações:**
  - Observações para Paredes:** Será executada alvenaria com blocos de concreto em todas as paredes externas. Tamanho nominal 14x19x39 cm, da empresa Tecmold ou outra empresa aprovada pela CEF, com as derivações de tamanho referentes à família de blocos 39 de acordo com as exigências da NBR 5136 e resistências estipuladas pelo projeto de alvenaria estrutural. As paredes de vedação indicadas no projeto arquitetônico com espessura de 11cm serão executadas com blocos de concreto de espessura de 5cm. Será utilizada argamassa industrializada da marca Votoran, ou Fida para assentamento da alvenaria nas resistências indicadas pelo projeto de alvenaria estrutural.
  - Observações para Superfície do piso:** O acesso e a área de manobras de veículos será pavimentados com asfalto. O meio-fio será de concreto. A área dos estacionamentos será coberta com brita graduada contida na espessura de 10 cm planas. As vagas de estacionamento de PNEs terão pavimento de concreto, ou paver.

CATEGORIA DE REQUISITOS - NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS - NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS - NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV - NÍVEL 4
A.3 Requisitos dos espaços II	A.3.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos	A.3.2.1 Paredes	Revestimento externo: Massa única ou concreto regularizado para pintura. Tinta acrílica ou textura impermeável ou elastomérica
			Revestimento interno áreas secas: Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura. Tinta PVA
			Revestimento interno áreas molhadas: Azulejo com altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço. Tinta acrílica
		Reforço estrutural nas paredes da cozinha e do banheiro para possibilitar mudanças de altura do reservatório e da bancada da pia (solicitar declaração do projetista)	
		A.3.2.2 Superfície do piso	Piso no poço de luz e Prever drenagem no poço de luz
	Cerâmica em toda a unidade, com rodapé, e desnível máximo de 15mm.		
			Cerâmica no hall, nas áreas de circulação internas, guarita e salão de festas.
		Cimentado alisado nas escadas.	
		Impermeabilização em todo banheiro, reservatórios, hall de entrada	
		Calçada perimétrica em concreto de 0,50m de largura ao redor da edificação para proteção da alvenaria externa	

Figura 50 - Inserção dos requisitos no software de gestão de requisitos.

As categorias (nível 1), tais como, Requisitos dos Espaços<sup>33</sup> e Acessibilidade, nomearam as planilhas da RDS, conforme o exemplo da Figura 50. Os demais níveis de desdobramento de requisitos foram inseridos conforme a indicação das setas. A marcação com retângulo vermelho na Figura 50 aponta um campo no qual podem ser inseridas informações relacionadas às especificações mínimas do PMCMV. Essas informações foram extraídas do memorial descritivo do EHIS B1.

Todas as informações contidas na estrutura de requisitos foram inseridas em uma RDS única do *software dRofus*. Assim, os espaços criados nos subdepartamentos do *software* possuem as mesmas informações, já que são derivados da mesma RDS. A Figura 51 representa o subdepartamento Dormitórios, o qual possui dois tipos de espaços: Dormitório Casal e Dormitório Solteiro. Esses espaços, por sua vez, são derivados da mesma RDS, nomeada SR 094.

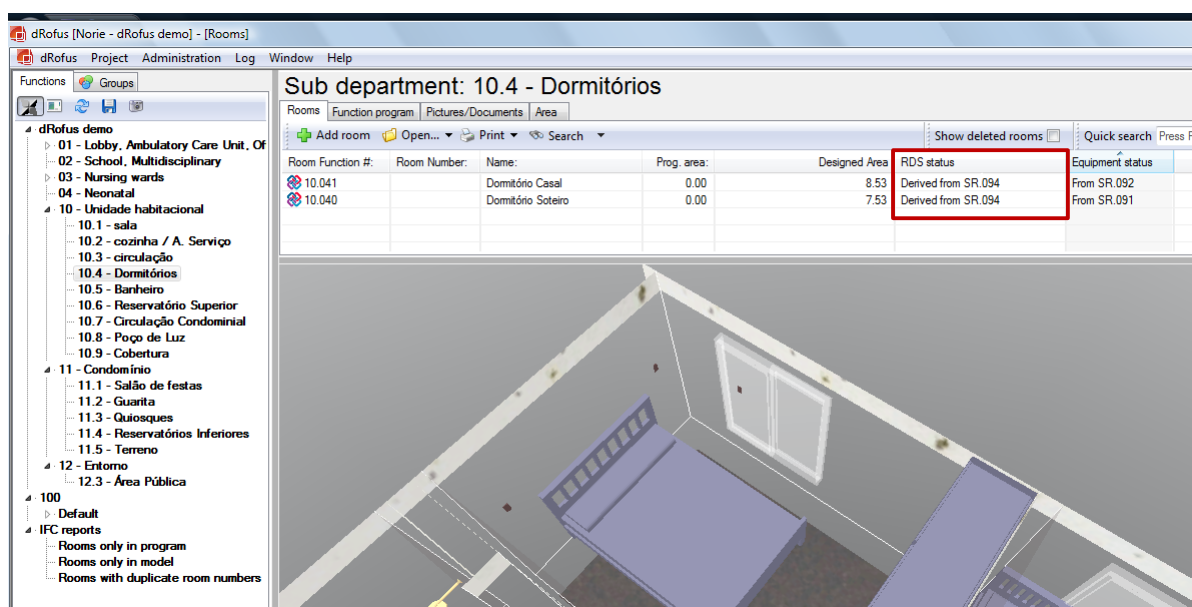


Figura 51 - Situação da RDS.

Ao abrir as informações (RDS) de cada espaço, é possível visualizar todo o conjunto de requisitos, ou seja, as 9 categorias (nível 1), 13 subcategorias (nível 2), 46 requisitos (nível 3) e 112 atributos e especificações mínimas do PMCMV, distribuídos na RDS de forma hierárquica. Contudo, para diferenciar um espaço do outro é possível criar filtros para os espaços contendo requisitos específicos da RDS. Com isso, é possível visualizar apenas as informações relacionadas aquele determinado espaço. No exemplo da Figura 52 o filtro para o espaço Dormitório Casal foi selecionado.

<sup>33</sup> A categoria Requisitos dos Espaços foi dividida em duas planilhas devido à grande quantidade de informações bem como para facilitar a visualização das informações.

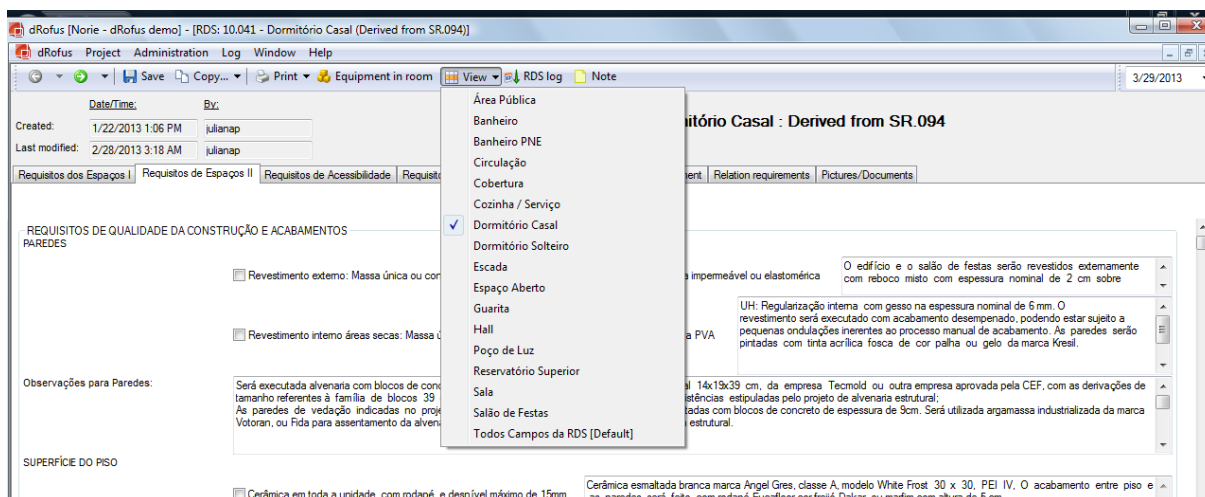


Figura 52 - Filtro para o espaço Dormitório Casal.

A Figura 52 apresenta a aplicação do filtro para visualizar apenas as informações relacionadas ao dormitório de casal. Nota-se que apenas duas das especificações (nível 4) relacionadas às Paredes (nível 3 da estrutura de requisitos) são visualizadas na RDS, ou seja, somente as especificações de revestimentos externos e internos de áreas secas aparecem na RDS da Figura 52. As especificações sobre revestimentos internos de áreas molhadas e reforço estrutural nas paredes da cozinha e banheiro não são visualizadas, já que estas informações referem-se aos espaços cozinha/área de serviço e banheiro.

#### 5.2.2.2 Modelagem do produto EHIS B1 e conexão com os espaços criados no dRofus

A atividade de modelagem do EHIS B1 levou cerca de 30 horas, pois foram modeladas as áreas e equipamentos condominiais, o edifício com apartamentos e mobília bem como as instalações hidrossanitárias na área de serviço. A atividade de conexão entre espaços e equipamentos do dRofus com os do Autodesk Revit levou 10 minutos. A Figura 53 ilustra a conexão do modelo do produto gerado no Autodesk Revit com os espaços criados ou planejados no dRofus. Neste exemplo, o banheiro PNE modelado no Autodesk Revit foi conectado com o espaço Banheiro PNE do dRofus. Com isso, qualquer alteração nas dimensões desse banheiro podem ser automaticamente atualizadas no dRofus. Além dos espaços, os equipamentos projetados no Autodesk Revit podem ser conectados com os equipamentos planejados no dRofus.

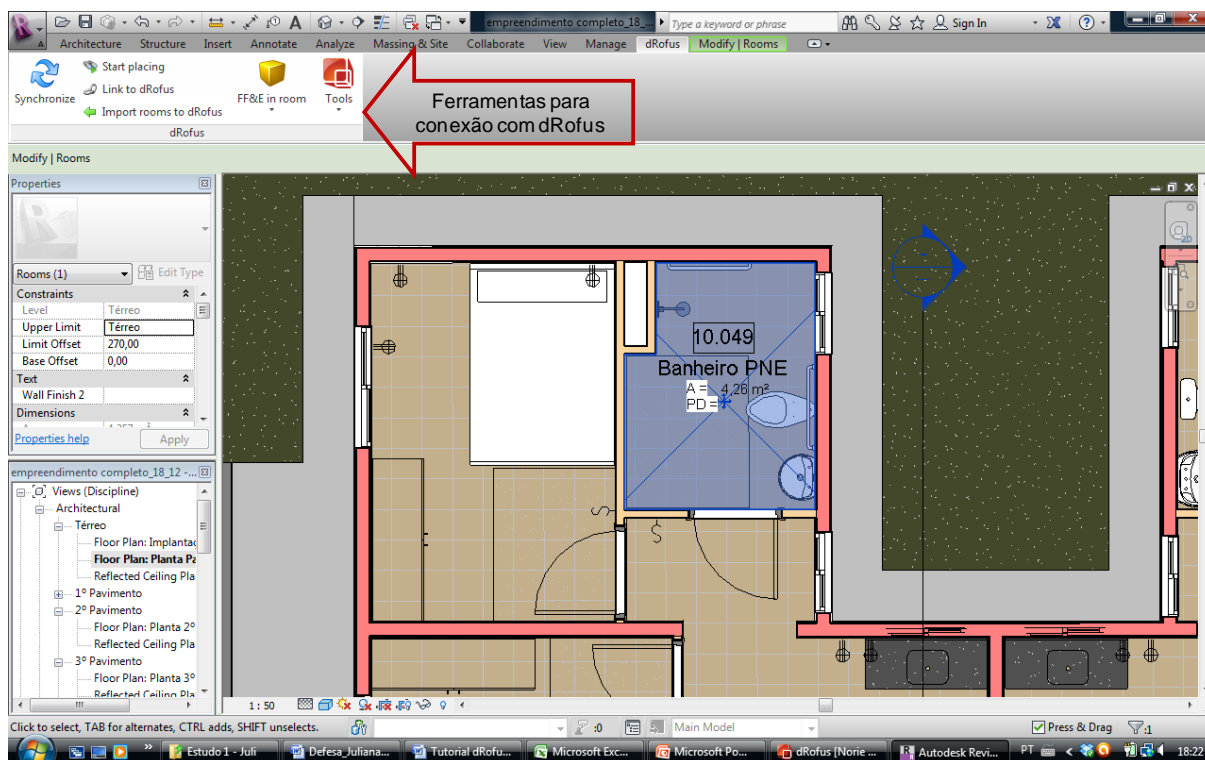


Figura 53 - Espaços do EHS B1 no Autodesk Revit conectados com dRofus.

A conexão entre espaços modelados no *Autodesk Revit* e espaços criados no *dRofus* em adição à importação das informações em IFC, permitem que o modelo do produto EHS seja visualizado no *dRofus* (Figura 54).



Figura 54 - Visualização do modelo do produto EHS B1 no dRofus.

### 5.2.2.3 Verificação de requisitos

O software *dRofus* possibilita realizar algumas verificações automáticas. Por exemplo, um dos requisitos para Sistemas Hidrossanitários, “prever solução para máquina de lavar roupas (ponto hidráulico e de esgoto)”, foi verificado por meio da comparação entre modelo do produto, produzido no *Autodesk Revit*, e requisitos planejados no *dRofus* (Figura 55).

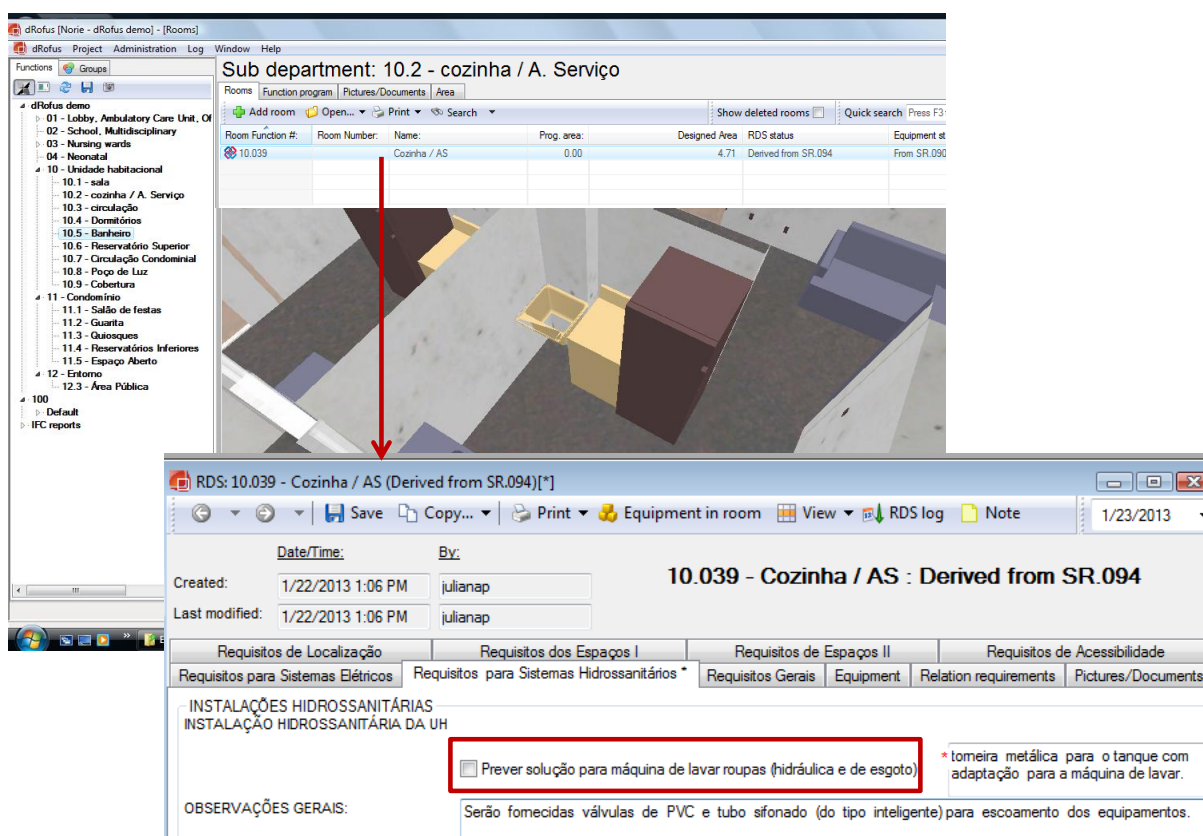


Figura 55 - RDS contendo requisitos das instalações hidrossanitárias para o espaço área de serviço.

A Figura 56 apresenta os pontos hidrossanitários e equipamentos da área de serviço planejados no *dRofus* em comparação aos pontos e equipamentos projetados no *Autodesk Revit*. Tinham sido incluídos dois pontos hidrossanitários (um ponto hidráulico e um ponto de esgoto) na relação de requisitos. Entretanto, nota-se que um ponto hidrossanitário não foi incluído no projeto e, por esta razão, esta informação está marcada em vermelho na tabela de comparação entre *Autodesk Revit* e *dRofus* (Figura 56). A partir do momento que todos os espaços e equipamentos do *dRofus* e *Autodesk Revit* são conectados, a verificação torna-se rápida, pois apenas é necessário acessar o modelo do produto, selecionar o espaço que se deseja verificar e logo vai ser possível comparar os requisitos planejados e projetados na tabela de comparação (Figura 56).



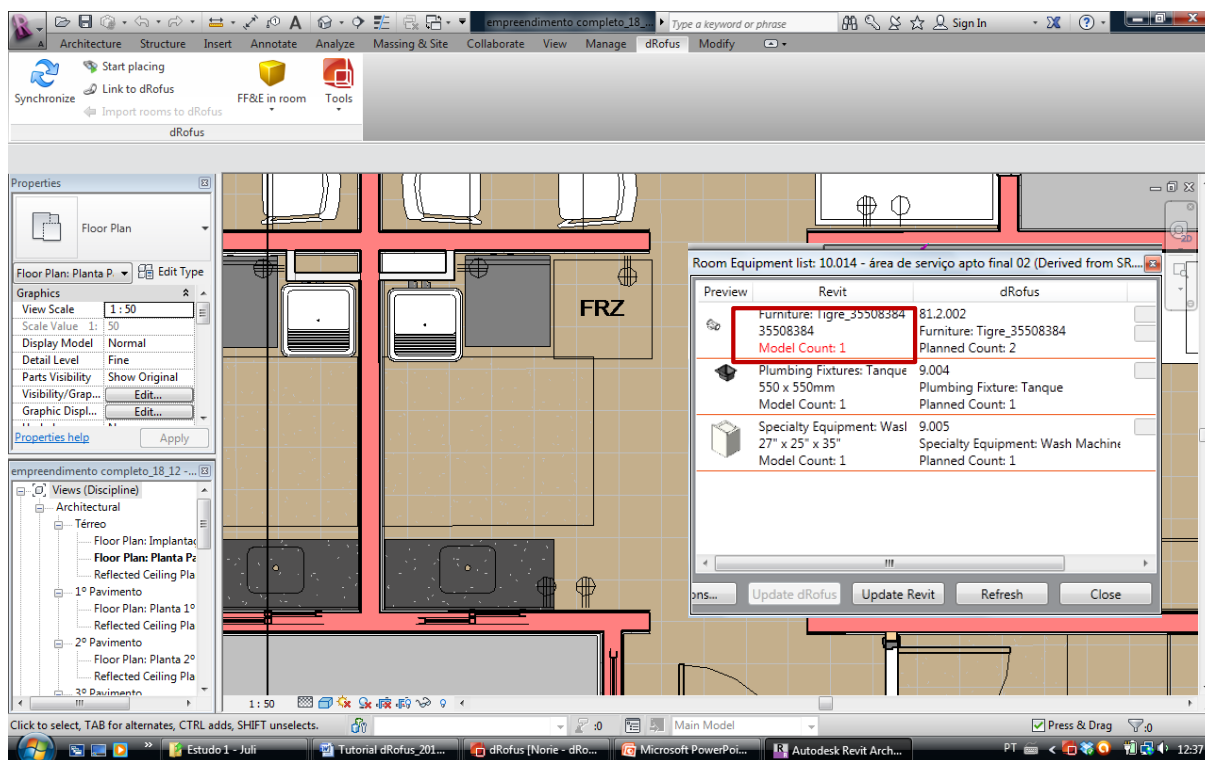


Figura 56 - Comparação de pontos hidrossanitários e equipamentos.

A verificação entre requisitos planejados e atendidos pelo projeto pode ser bastante útil durante o processo de análise das propostas que são encaminhadas à CAIXA, bem como para que os projetistas tenham controle no atendimento dos requisitos. Entretanto, percebe-se que apenas requisitos de caráter quantitativo podem ser verificados automaticamente por meio do uso do *software dRofus*. Esses podem ser requisitos de áreas, pé-direito, equipamentos, mobiliário, pontos elétricos e hidrossanitários. Percebeu-se que algumas análises podem ser realizadas apenas de forma visual do modelo do produto no *software dRofus* ou no *Autodesk Revit*. Contudo, foi notado que alguns requisitos seriam mais facilmente verificados com uso de ferramentas específicas para verificação como é o caso do *Solibri Model Checker*.

A Figura 57 apresenta exemplos de como os requisitos podem ser verificados através do uso dos *software BIM*. Na penúltima coluna são apontados os tipos de documentos utilizados pelos técnicos da CAIXA para realizar a verificação dos requisitos, essas informações foram identificadas durante entrevistas realizadas com esses técnicos na etapa 1 desta pesquisa. Na última coluna são apresentadas possibilidades de verificar os requisitos utilizando as ferramentas BIM.

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV NÍVEL 4	VERIFICAÇÃO ATUAL	VERIFICAÇÃO FERRAMENTAS BIM
A.2 Requisitos de localização	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura do empreendimento	A.2.2.1 Iluminação do terreno	Planta luminotécnica privilegiando eficiência energética	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
		A.2.2.2 Drenagem do terreno	Sistema de drenagem	Proj. de drenagem	2
	A.2.3 Requisitos de Infraestrutura pública	A.2.3.1 Rede Elétrica e Iluminação pública	Energia elétrica e Iluminação pública	Viabilidade técnica de fornecimento de energia elétrica; Proj. Elétrico	3
	A.2.5 Requisitos de projeto para o terreno	A.2.5.3 Min espaços de estacionamento de carros	Vagas de garagem conforme definido na legislação municipal	Proj. Arquitetônico	4
A.3 Requisitos dos espaços	A.3.1 Requisitos de funcionalidade dos espaços	A.3.1.1 Área mín. solicitada	Prever 0,5m² de área de salão de festas por unidade habitacional	Proj. Arquitetônico	4
		A.3.1.3 Dimensões mínimas	Edificações de até 3 pavimentos, distância entre blocos maior ou igual a 4,50 m.	Proj. Arquitetônico	5
		A.3.1.4 Pé-direito	2,30 nos banheiros	Proj. Arquitetônico	4
		A.3.1.5 Mobília e equipamentos da UH	Sala: Sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.	Proj. Arquitetônico	4
	A.3.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos	A.3.2.1 Paredes	Revestimento externo: Massa única ou concreto regularizado para pintura. Tinta acrílica ou textura impermeável ou elastomérica	Memorial descritivo	6
		A.3.2.5 Acabamento das Janelas	Completa, de alumínio para regiões litorâneas ou meios agressivos Vão de 1,50 m² nos quartos, sendo admissível uma variação de até 5%.	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5
		A.3.2.6 Acabamento louças e metais	Tanque com capacidade mín. de 20 l, de concreto pré-moldado, PVC, granilite ou mármore sintético. Torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta.	Memorial descritivo	6
A.3.2.7 Cobertura	Beiral de 40 cm	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5		
B.3 Requisitos de Segurança	B.3.1 Segurança no terreno	B.3.1.1 Proteção da área do condomínio	Alambrado com baldrame e altura mínima de 1,80 m no entorno do condomínio	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
B.4 Requisitos estéticos	B.4.1 Requisitos visuais	B.4.1.1 Aparência estética	Prever local onde será colocado o nome do empreendimento	Memorial Descritivo; Proj. Arquitetônico	1
B.5 Requisitos de acessibilidade	B.5.1 Requisitos de acessibilidade da UH	B.5.1.1 Acessibilidade do PNE ao banheiro	Assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box. Barras de apoio e acento para banho. Vaso sanitário adaptado elevado. Caixa de descarga acoplada, também em louça. Puxador de descarga adaptado. Torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta. Lavatório sem coluna tamanho médio	Proj. Arquitetônico	5
		B.5.1.2 Acessibilidade das portas	Vão livre de 0,80 m x 2,10 m em todas as portas. Previsão de área de aproximação para cadeirante para abertura das portas (0,60 m interno e 0,30 m externo).	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	4
		B.5.1.3 Acesso aos espaços da UH	Planta mobiliada com espaço para cadeira de rodas Deve ser possível inscrever, em todos os cômodos, o módulo de manobra sem deslocamento para rotação de 180° definido pela NBR 9050 (1,20 m x 1,50 m), livre de obstáculos.	Proj. Arquitetônico	1
	B.5.2 Requisitos de acessibilidade das áreas e equipamentos de uso comum	B.5.2.1 Acessibilidade de PNE às áreas e espaços de uso comum	Calçadas: Largura mínima de 0,90 m livre Salão de festas com banheiros adaptados a PNE	Proj. Arquitetônico	5
				Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
E.1 Requisitos para sistemas elétricos	E.1.1 Instalações elétricas	E.1.1.1 Pontos elétricos, tomadas e sistema de comunicação dos espaços	Sala: 2 tomadas; 1 ponto de telefone com enfição; 1 de campainha; 1 ponto de antena; 1 ponto de interfone	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	4
		E.1.1.4 Posição dos pontos elétricos	Tomadas baixas a 0,40 m do piso acabado, interruptores, interfones, campainha e outros a 1,00 m do piso acabado.	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	5
E.2 Requisitos para sistemas hidrossanitários	E.2.1 Instalações hidrossanitárias	E.2.1.1 Instalação Hidrossanitária da UH	Prever solução para máquina de lavar roupas (hidráulica e de esgoto).	Memorial descritivo; Proj. Hidrossanitário	4
			Medição individual de água	Memorial descritivo; Proj. Hidrossanitário	4

1	Visualização do modelo no dRofus ou modelo no Revit
2	Visualização do modelo no Revit
3	Documentos: Laudos de Viabilidade técnica / ART
4	Verificação automática com dRofus
5	Verificação automática com Solibri Model Checker
6	Informações na RDS (dRofus) ou informações no modelo do Revit

Figura 57 - Verificação dos requisitos por meio de ferramentas BIM.

A Figura 57, a título de exemplo, e a estrutura de requisitos presente no Apêndice D deste documento contém as possibilidades de verificação para todos os requisitos da estrutura desenvolvida. Dos 112 requisitos da estrutura, 18,75% são requisitos verificados a partir da visualização do modelo no *dRofus* ou no *Autodesk Revit* (itens identificados pelo número 1 na última coluna da Figura 57 e Apêndice D). No entanto, 2,67% dos requisitos identificados na última coluna pelo número 2 só podem ser verificados através da visualização do modelo

no *Autodesk Revit*, como é o caso do item A.2.2 Drenagem do Terreno (Figura 57 e Apêndice D). Existem 3,57% de requisitos verificados apenas em laudos de viabilidade técnica ou em licenças ambientais, sem necessidade de uso de ferramentas BIM (número 3 da Figura 57 e Apêndice D). O número 4 refere-se aos requisitos de caráter quantitativo, os quais podem ser verificados automaticamente com uso do *software dRofus* e representam 19,65% do total de requisitos presentes na estrutura do Apêndice D deste documento, enquanto que os requisitos identificados pelo número 5 poderiam ser facilmente verificados por um *software* específico para verificação de normas e códigos, como, por exemplo, o *Solibri Model Checker* e, neste caso, representam 21,42% do total de requisitos. Os requisitos identificados pelo número 6 podem ser verificados apenas analisando as informações contidas na RDS do *software dRofus* ou em informações inseridas no modelo do produto desenvolvido no *software Autodesk Revit*, representando 33,93% do total de requisitos presentes na estrutura do Apêndice D.

Dessa forma, cabe ressaltar a importância de considerar ferramentas e técnicas complementares para a realização da gestão de requisitos, como é o caso dos *software dRofus* e *Solibri Model Checker*. O primeiro, utilizado principalmente para estruturação, disponibilização, controle e rastreabilidade de requisitos, enquanto que o *Solibri*, destinado a auxiliar na etapa de verificação de requisitos.

As ferramentas de tecnologia de informação podem ser importantes no auxílio do processo de verificação. Contudo, não são todos os requisitos que podem ser verificados automaticamente por ferramentas BIM. Conforme apresentado anteriormente, alguns requisitos podem ser verificados por meio da visualização do projeto arquitetônico, modelo do produto ou até mesmo analisando as informações vinculadas ao modelo do produto e presentes na RDS. Para a especificação mínima “projeto com planta mobiliada com espaço para cadeira de rodas” (Figura 57), é possível verificar essa informação apenas de forma visual, ou seja, se existe ou não uma planta mobiliada com espaço para cadeira de rodas. Entretanto, para verificar se essa planta mobiliada está realmente adequada à sua função (planta do apartamento com acessibilidade a PNE) é necessário que o profissional realize medições na planta mobiliada, ou utilize *software* de verificação automática que possua regras de acessibilidade.

#### 5.2.2.4 Considerações sobre o uso de *software* BIM

A utilização de *software* BIM para modelagem de requisitos apontou algumas mudanças para o gerenciamento de requisitos, principalmente no que se refere às etapas de disponibilização, controle, rastreabilidade e verificação de requisitos. A primeira mudança

está relacionada à possibilidade de conectar os requisitos ao modelo do produto, isso proporciona benefícios ao processo de gestão de requisitos, pois facilita a visualização e representação dessas informações. Além disso, a utilização de ferramentas BIM permite que os requisitos sejam facilmente disponibilizados aos responsáveis pela tomada de decisão, devido à interface prática com o usuário bem como pela possibilidade de criar *templates* para diferentes grupos de requisitos, as quais podem ser usadas para o desenvolvimento de um novo projeto e para tipos distintos de empreendimentos.

Outra etapa favorecida pelo uso de BIM é a de controle e rastreabilidade de requisitos. O *software dRofus* faz o registro de todas as alterações realizadas nos requisitos e, além disso, facilita a identificação dos requisitos originais e sua evolução no processo de projeto. A última mudança identificada está relacionada à automatização do processo de verificação de requisitos, que pode resultar na redução do tempo despendido e também na utilização de critérios padronizados neste processo.

### 5.3 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nessa seção foram analisadas as informações obtidas durante o desenvolvimento das etapas anteriores. A partir dessa análise foi elaborada a Figura 58, a qual representa de forma geral o processo de modelagem de requisitos realizado ao longo do estudo.

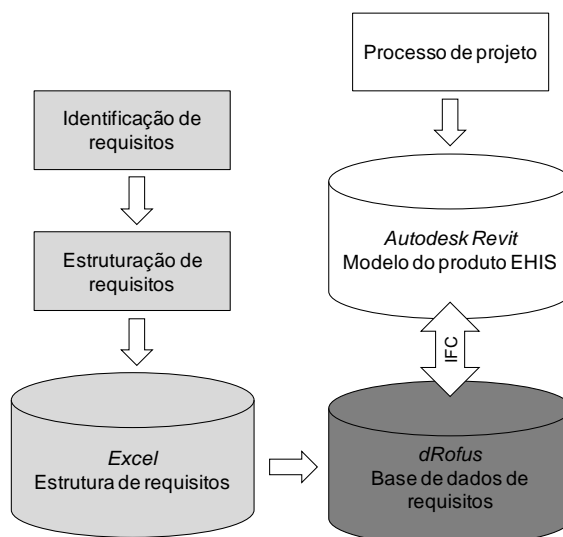


Figura 58 - Processo de modelagem de requisitos de clientes de EHIS com uso de BIM.

Em um primeiro momento foi realizada a identificação dos requisitos mínimos do PMCMV. Na sequência, ocorreu o processo de estruturação de requisitos, o qual resultou em duas estruturas elaboradas em planilhas do Excel, uma delas com todos os requisitos relevantes

aos EHIS e outra estrutura reduzida e adaptada aos requisitos mínimos identificados na primeira etapa da pesquisa. Com os requisitos estruturados facilitou o armazenamento dos mesmos no *software dRofus*. Em paralelo, foi desenvolvido o modelo do produto, com base nos documentos provenientes do processo de projeto da empresa Beta. Após a modelagem do EHIS B1 no *software Autodesk Revit*, os espaços criados no *dRofus*, os quais possuem informações sobre requisitos, foram conectados aos espaços do modelo do produto. Essa troca de informações no formato IFC do *software dRofus* para o *Autodesk Revit* ocorre através de um *plugin* instalado neste último *software* (Figura 53), enquanto que a troca de informações na direção *Autodesk Revit* para o *dRofus* ocorre por meio da importação em IFC do modelo produzido no *Autodesk Revit*. Assim, a conexão entre a base de dados de requisitos e o modelo do produto permitiu uma melhor visualização e representação dos requisitos no modelo do produto. Com base nesse processo de modelagem, desenvolvido ao longo do estudo, foi possível elaborar o método para modelar requisitos de clientes de EHIS com uso de BIM. Na sequência, buscou-se avaliar o método por meio dos constructos, utilidade e aplicabilidade, apresentados no capítulo 4 e das evidências obtidas ao longo do trabalho.

### 5.3.1 Método para modelagem de requisitos de EHIS

Com base no estudo realizado, foi proposta uma sequência de passos para o processo de modelagem de requisitos usando BIM, apresentada a seguir, conforme Figura 59:

MÉTODO PARA MODELAGEM DE REQUISITOS DE CLIENTES DE EHIS USANDO BIM	
ETAPAS	ATIVIDADES
IDENTIFICAR	DEFINIR O CONTEXTO DO PROJETO, DEFINIR E EXPLICITAR OS OBJETIVOS DO EMPREENDIMENTO
	IDENTIFICAR OS GRUPOS DE INTERESSE DE CLIENTES E RESPONSÁVEIS PELA TOMADA DE DECISÃO
	OBTER OS REQUISITOS DO CLIENTE
PROCESSAR	ESTRUTURAR OS REQUISITOS
	PRIORIZAR REQUISITOS E OS GRUPOS DE INTERESSE
	TRADUZIR REQUISITOS EM SOLUÇÕES DE PROJETO
DISPONIBILIZAR, CONTROLAR	INSERIR REQUISITOS E ATRIBUTOS NO SOFTWARE DE GESTÃO DE REQUISITOS
	MODELAR O PRODUTO
	CONECTAR REQUISITOS PLANEJADOS COM MODELO DO PRODUTO
	CONTROLAR REQUISITOS
VERIFICAR	VERIFICAR SE O PROJETO ATENDE OS REQUISITOS DESIGNADOS

Figura 59 - Etapas e atividades do método para modelagem de requisitos.

### 5.3.1.1 Identificação de requisitos

A identificação de requisitos (item 5.1.3) está mais relacionada às fases iniciais do processo de desenvolvimento do produto. Nessa etapa ocorre a avaliação cuidadosa das necessidades dos clientes que uma edificação deve atender (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002) e envolve três atividades principais: (a) definir o contexto do empreendimento e explicitar seus objetivos; (b) identificar os grupos de clientes e responsáveis pela tomada de decisão; e (c) obter os requisitos dos clientes.

A primeira atividade está basicamente relacionada com o estabelecimento e documentação dos objetivos básicos do empreendimento e dos clientes envolvidos no PDP (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). A definição desses objetivos é importante, pois possibilita aos clientes envolvidos, compreender as características a serem atendidas na realização do empreendimento (MIRON, 2002). Segundo Miron (2002), essa definição deve ser baseada nas informações levantadas através da identificação dos requisitos dos principais clientes envolvidos no PDP. Nesta pesquisa, a atividade de definição do contexto e explicitação dos objetivos do empreendimento foi realizada a partir de entrevistas com clientes envolvidos no processo de projeto de EHIS, bem como a partir da análise de documentos sobre o PMCMV.

A atividade seguinte busca identificar e descrever os diferentes grupos de clientes, os quais influenciam, ou são afetados pela aquisição, operação e uso do empreendimento proposto (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). É importante identificar, além do cliente final, todos os demais clientes envolvidos no PDP, realizando o levantamento de suas responsabilidades e qual o seu poder na tomada de decisão. A identificação dos responsáveis pela tomada de decisão deve ser feita, segundo Miron (2002), de forma integrada à definição dos objetivos do empreendimento. Neste estudo, a identificação dos diferentes grupos de clientes e os responsáveis pela tomada de decisão foi realizada a partir da revisão de literatura de pesquisas anteriores com empreendimentos habitacionais de interesse social e documentos relacionados ao PMCMV.

A última atividade está relacionada com a identificação dos requisitos dos principais clientes envolvidos no PDP. Conforme o princípio 1 estabelecido por Koskela (2000), a captura de sistemática de requisitos é importante para a geração de valor ao cliente (item 2.1). Além dos requisitos explicitados pelo cliente, também devem ser identificados os requisitos regulamentares, ambientais e do terreno (item 2.3), os quais estão relacionados ao produto. Além disso, é importante realizar a documentação e detalhamento de todos os requisitos obtidos para que as informações não sejam perdidas ao longo do processo.

As principais fontes de informações para realizar a etapa de identificação de requisitos são principalmente entrevistas e questionários com os principais clientes (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002), e também podem incluir a análise em documentos secundários (projetos semelhantes) e coleta de requisitos com usuários finais dos empreendimentos por meio de avaliações pós-ocupação (item 3.1.1).

### 5.3.1.2 Processamento de requisitos

Essa etapa refere-se ao processamento e representação adequada dos requisitos ou necessidades a serem inseridos no projeto e execução de uma edificação (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002). O processamento de requisitos envolve três atividades principais: (a) estruturar requisitos; (b) priorizar requisitos e grupos de clientes; e (c) traduzir os requisitos do cliente em soluções neutras e atributos do projeto.

O processo de estruturação e decomposição de requisitos em uma hierarquia que inicia em um nível mais geral (primário) para o aumento dos níveis de detalhe (requisitos secundários e terciários) pode facilitar uma maior compreensão e rastreabilidade de requisitos (KOTT; PEASANT, 1995; ULRICH; EPPINGER, 2008). Uma estrutura de requisitos, além de auxiliar na visualização e organização das informações, facilita o armazenamento dessas informações em ferramentas BIM, aumentando, com isso, o potencial da modelagem de requisitos. Nesta pesquisa, a hierarquia de requisitos proposta por Kiviniemi (2005) (item 3.1.5.3) foi utilizada como ponto de partida para o processo de estruturação de requisitos de clientes de EHIS. Com a estrutura definida foi mais fácil armazenar as informações sobre requisitos mínimos do PMCMV na ferramenta *dRofus* (item 5.2.2.1).

A partir da estruturação de requisitos torna-se mais fácil realizar a priorização dessas informações, pois a organização em diferentes categorias facilita a visualização das informações por parte da equipe responsável pelo processamento. Priorizar os requisitos, considerando a perspectiva dos diferentes grupos de interesse, permite que os requisitos mais importantes sejam considerados no produto final. Para realizar a priorização pode-se utilizar técnicas de tomada de decisão, como, por exemplo, a AHP, mencionada no item 3.1.1 bem como a ferramenta de desdobramento da função qualidade, mencionada no item 3.1.2. No presente estudo não foi necessário realizar a priorização de requisitos, uma vez que os mesmos eram considerados essenciais para o desenvolvimento dos projetos de EHIS.

Posteriormente, é necessário traduzir os requisitos, atividade que envolve a tradução dos requisitos do cliente em soluções neutras e atributos do projeto (KAMARA; ANUMBA;

EVBUOMWAN, 2002; JIAO; CHEN, 2006; PEGORARO, 2010). Essa atividade inclui a determinação de valores para os atributos e realização de uma nova priorização das informações, que nesse caso são os atributos (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002).

#### 5.3.1.3 Disponibilização e controle de alterações de requisitos

Para facilitar a etapa de disponibilização de informações sobre requisitos, deve-se primeiramente inserir requisitos e atributos de forma estruturada no *software* de gestão de requisitos e em paralelo modelar o produto em BIM. Após, deve-se conectar requisitos planejados com o modelo do produto. O uso de ferramentas de gestão de requisitos, como, por exemplo, o *dRofus*, auxilia na disponibilização dessas informações aos tomadores de decisão e permite a representação dos requisitos através da conexão entre requisitos estruturados e o modelo do produto (item 5.2.2). Além disso, os procedimentos de armazenamento dos requisitos estruturados e conexão com o modelo do produto facilitam a rastreabilidade da evolução dos requisitos originais para as soluções de projeto (item 5.1.5). A rastreabilidade de um requisito reflete na facilidade de encontrar a sua origem e as relações com os demais requisitos, possibilitando saber quem o propôs, como este requisito evoluiu durante o desenvolvimento do projeto e o quanto os outros requisitos poderão ser afetados por sua mudança (SOMMERVILLE, 2007)

Por fim, o controle das alterações de requisitos deve ocorrer durante todo o processo de gestão de requisitos, já que muitos requisitos podem ser alterados ao longo do processo de projeto e execução do produto. Dessa forma, é necessário disponibilizar informações de forma eficaz, para que os projetistas envolvidos possam tomar conhecimento de todo o tipo de alteração ou decisão tomada em relação ao produto final, evitando retrabalhos e perdas (MIRON, 2002).

#### 5.3.1.4 Verificação de requisitos

Ao final do processo de projeto, é importante verificar se os requisitos definidos foram atendidos por meio da(s) solução(ões) de projeto. Esta etapa tem a finalidade de evitar que problemas de não atendimento dos requisitos cheguem a fases mais avançadas, indicando a necessidade de correções desses problemas antes da produção do produto e, assim, evitar prejuízos e retrabalhos (SOMMERVILLE, 2007). A utilização de ferramentas BIM pode facilitar o processo de verificação dos requisitos, reduzindo o tempo despendido e possibilitando a padronização nesse processo de verificação.



Nesta pesquisa, a etapa de verificação permitiu identificar os tipos de requisitos que podem ser identificados automaticamente por meio de ferramentas BIM e os que devem ser verificados de forma subjetiva (item 5.2.2.3).

### 5.3.1.5 Relação entre método proposto e o processo de projeto

A modelagem de requisitos deve ser realizada de forma cíclica ao longo do processo de projeto, envolvendo as fases de concepção, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal de arquitetura e projeto executivo. Esse ciclo da modelagem de requisitos, representado na Figura 60, está relacionado com a natureza do processo de projeto. Durante o processo de projeto são necessários ciclos para analisar e compreender o problema, sintetizar e avaliar a(s) solução(ões) proposta(s), já que o desenvolvimento de uma solução pode gerar necessidade de mais análise, principalmente quando o problema de projeto não é de domínio do projetista (LAWSON, 1986). Dessa forma, as etapas do processo de modelagem podem repetir-se à medida que surgem novos requisitos. Esses, assim que identificados, devem ser continuamente processados, controlados e disponibilizados aos responsáveis pela tomada de decisão para o desenvolvimento de solução(ões) de projeto. Após o desenvolvimento dessa(s) solução(ões), os requisitos devem ser verificados para determinar se o projeto do produto contempla ou não o conjunto de requisitos designados (KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002; PEGORARO, 2010; FIKSEL; HAYES-ROTH, 1993). As verificações realizadas na fase de projeto possibilitam ao projetista identificar falhas e inconsistências que podem ser corrigidas imediatamente (EASTMAN *et al.*, 2008).

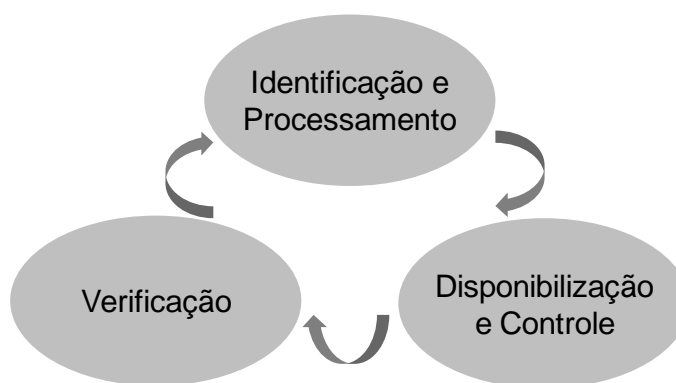


Figura 60 - Ciclo da modelagem de requisitos.

### 5.3.2 Avaliação do método proposto

Nesse item, os resultados desta pesquisa foram analisados por meio de constructos e derivações, buscando responder às questões de pesquisa do primeiro capítulo deste trabalho.

### 5.3.2.1 Utilidade do método

A utilidade do método foi analisada a partir de seis aspectos: (a) visualização; (b) disponibilização; (c) controle e rastreabilidade; (d) padronização; (e) abrangência; e (f) automatização. Conforme apresentado no item 4.5, as principais fontes de evidência utilizadas foram reuniões para apresentação de resultados e entrevistas informais com diferentes agentes da CAIXA e profissionais da empresa Beta, além da percepção da pesquisadora.

O método proposto pode auxiliar na melhoria da visualização das informações sobre os requisitos tanto para agentes da CAIXA como para os profissionais da empresa Beta. A visualização das informações é melhorada devido à conexão entre os requisitos e o modelo do produto, bem como em função da melhor organização das informações dentro da ferramenta de gestão de requisitos, o *dRofus*. Além disso, o método foi percebido como uma ferramenta de apoio à disponibilização dos requisitos aos proponentes de novos empreendimentos, devido à interface prática entre os usuários do *software* e por possibilitar o reaproveitamento dos requisitos em diferentes programas e empreendimentos habitacionais por meio da criação de diferentes *templates* de requisitos. O controle das alterações de requisitos também foi apontado como uma atividade importante já que os requisitos muitas vezes sofrem alterações ao longo do processo de desenvolvimento de EHIS e essas alterações nem sempre são documentadas pelos clientes operador e gestor. É importante que tanto o agente operador quanto as empresas da construção civil tenham conhecimento e controle das alterações de requisitos realizadas ao longo do processo de desenvolvimento de EHIS. Dessa forma, pode-se reduzir o retrabalho em relação às correções do projeto, assim como, garantir que estão sendo atendidos os requisitos corretos ou mais atualizados.

Além disto, foi percebido que o método facilita a rastreabilidade dos requisitos, permitindo identificar a origem de determinado requisito e com quais espaços ou objetos do produto esses requisitos estão relacionados. O método pode ser considerado como uma ferramenta capaz de padronizar o processo de verificação das propostas em função da possibilidade de realizar verificações automáticas. A automatização do processo de verificação é percebida como importante, pois pode auxiliar na redução do tempo despendido na realização das análises das propostas. Além disso, o método permite aumentar a quantidade de critérios de verificação possibilitando a melhoria das soluções de projeto.

Apesar da utilidade do método, constatou-se que a interface entre o *software dRofus* e ferramentas de modelagem do produto, como por exemplo o *Autodesk Revit*, deveria ser

melhorada. Ao trabalhar com a modelagem do produto, deveria ser possível visualizar todos os requisitos vinculados ao espaço que está sendo projetado dentro do *software* de modelagem do produto. Além disso, o *software dRofus* permite apenas vincular as informações aos espaços e não aos elementos que o compõe, tais como, janelas, piso e paredes. Foram percebidas algumas falhas na visualização do modelo do produto dentro do *software dRofus*, mas não foi possível identificar os motivos das mesmas. Essas falhas podem estar relacionadas a erros de importação e exportação de arquivos no formato IFC. De fato, a interoperabilidade entre *software* BIM ainda representa um grande desafio na área de tecnologia de informação e comunicação na indústria da construção civil (EASTMAN *et al.*, 2008).

### 5.3.2.2 Aplicabilidade do método

O constructo aplicabilidade foi avaliado em 2 aspectos: (a) facilidade de uso; e (b) transferência da solução.

Em relação à facilidade de uso, foram avaliados aspectos quanto à facilidade em modelar o produto e os requisitos dos clientes e desenvolver uma interface para os usuários. Esses aspectos foram avaliados a partir da percepção da pesquisadora. Em relação ao tempo despendido para realização das atividades de modelagem, foi percebido um tempo muito maior para a modelagem do produto, com duração de 30 horas, em comparação com a modelagem de requisitos, a qual levou 4 horas e 30 minutos. Contudo, o tempo de modelagem do produto não deve ser considerado com um desafio para o desenvolvimento de projetos, pois há uma tendência crescente de exigir que todos os projetos sejam modelados. Dessa forma, percebe-se que, com o treinamento adequado dos usuários, o método pode ser facilmente aplicado para a modelagem de requisitos de clientes de empreendimentos da construção civil. Para aplicação do método seria necessário adquirir ferramentas BIM e realizar treinamento de pessoal na utilização das mesmas, além da necessidade de o agente operador exigir projetos no padrão IFC. Entretanto, além das exigências de projetos no padrão IFC, é necessário definir quais os objetos do produto devem ser modelados e o nível de detalhe dos mesmos para que não haja equívocos no momento em que o modelo do produto é comparado com os requisitos dos clientes. Dessa forma, para dar continuidade a este estudo, poderiam ser desenvolvidos *checklists* com as informações necessárias e nível de detalhe de cada parte do produto de empreendimentos de habitação social. Esses *checklists* poderiam ser utilizados pelos projetistas no desenvolvimento de novos projetos de habitação social.

Quanto à transferência da solução, constatou-se a partir da análise e comparação entre empreendimentos que, apesar das diferenças, a estrutura de requisitos desenvolvida nessa pesquisa poderia se adaptar aos diferentes empreendimentos de faixa 1, independente do município em que é executado, além de possibilitar a aplicação para EHIS de faixa 2. Nesse último caso, pelo menos 30% das informações precisariam ser ajustadas, pois para essa faixa de renda não existem exigências, por exemplo, em relação à acessibilidade universal ou a acabamentos específicos da edificação. Na comparação entre tipologias de casas e apartamentos verificou-se que a estrutura de requisitos pode ser aplicada com pequenas adaptações para diferentes tipologias de empreendimentos habitacionais de interesse social.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta um resumo das conclusões obtidas no desenvolvimento desta pesquisa. Ainda, de forma a contribuir para um maior aprofundamento sobre a modelagem de requisitos e utilização de ferramentas BIM para auxiliar no gerenciamento de requisitos, são apresentadas recomendações para futuros trabalhos.

### 6.1 CONCLUSÕES

A presente pesquisa salientou a importância de gerenciar os requisitos dos clientes de empreendimentos habitacionais de interesse social a fim de auxiliar na tomada de decisão e possibilitar o desenvolvimento de melhores soluções de projeto. Com essa finalidade, foi proposto um método para a modelagem de requisitos dos clientes de habitação de interesse social, com o apoio de ferramentas BIM.

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em três etapas. Na etapa 1 foi identificado o problema de pesquisa, o qual está relacionado com o processo sistemático de captura dos requisitos, processamento e explicitação desta informação à equipe de desenvolvimento do produto, assim como controle se estas informações estão devidamente equilibradas. A partir da compreensão de um problema real no segmento de habitação de interesse social, foram identificados dois possíveis usuários do método de modelagem de requisitos: empresas da construção de EHIS, que estão no comando e construção de projetos e órgãos financiadores, que são responsáveis pela avaliação do projeto de habitação social, e às vezes também realizam a inspeção durante a execução. Adicionalmente, obteve-se o entendimento sobre a gestão e a modelagem de requisitos de empreendimentos de construção (capítulos 2 e 3). Na revisão de literatura discutiu-se o escopo da gestão de requisitos, que contempla, além da identificação e análise, a disponibilização, controle e verificação dos requisitos dos clientes.

Para a compreensão do problema real foi importante compreender o processo de desenvolvimento de empreendimentos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida, particularmente na atividade de análise técnica das propostas que são encaminhadas ao cliente operador (CAIXA). Assim, foi possível identificar e analisar as principais dificuldades e oportunidades de melhoria desse processo, além da identificação de requisitos mínimos do PMCMV e de requisitos adicionais definidos pelo cliente operador (CAIXA).

As informações sobre os requisitos mínimos do PMCMV foram estruturadas a partir de categorias de requisitos identificadas na literatura, resultando em uma versão preliminar da

estrutura de requisitos adotada no presente trabalho. Nesta mesma etapa da pesquisa, com base no referencial teórico sobre diferentes formas de modelagem de requisitos e em recomendação de especialista em gestão de requisitos, foi selecionada uma ferramenta computacional para a gestão e modelagem de requisitos dos clientes de EHIS, denominada *dRofus*, que utiliza a tecnologia BIM. A partir desse momento, foi realizado o treinamento e compreensão dessa ferramenta, por meio de um estudo exploratório em um empreendimento habitacional de interesse social, o EHIS A1.

As principais contribuições da Etapa 1 foram a identificação das principais dificuldades do processo de projeto de EHIS no âmbito do PMCMV, a elaboração de uma versão inicial da estrutura de requisitos e identificação das potencialidades da ferramenta BIM selecionada para auxiliar na gestão e modelagem de requisitos dos clientes de EHIS.

Na segunda etapa desta pesquisa, foi realizada a avaliação e o refinamento da estrutura de requisitos para adaptá-la aos empreendimentos habitacionais de interesse social. A partir dessa estrutura contendo requisitos genéricos para EHIS, foi gerada uma versão reduzida, adaptada aos requisitos mínimos identificados na etapa 1 desta pesquisa. Nesse estágio também foram comparados requisitos de empreendimentos do PMCMV para as faixas de renda 1 e 2, e para diferentes tipologias, visando a avaliar a aplicabilidade da estrutura de requisitos em contextos diferenciados. De um modo geral, a estrutura de requisitos desenvolvida pode ser adaptada, com pequenas alterações, às diferentes tipologias e empreendimentos de faixa 1 nos distintos municípios, bem como para aplicação em EHIS de faixa 2, mas nesse último caso a estrutura necessitaria de mais ajustes em seu conteúdo.

Na sequência, os requisitos foram atualizados na ferramenta *dRofus* e conectados ao modelo do produto, desenvolvido em uma ferramenta de modelagem BIM (*Autodesk Revit*). Por fim, foi possível identificar como cada requisito pode ser verificado a partir do uso das ferramentas BIM, utilizadas nesta pesquisa. Notou-se que apenas requisitos de caráter quantitativo podem ser verificados automaticamente por meio do uso do *software dRofus*. Esses requisitos podem ser requisitos de áreas, pé-direito, equipamentos, mobiliário, pontos elétricos e hidrossanitários. Algumas verificações podem ser realizadas apenas analisando visualmente o modelo do produto no *software dRofus* ou no *Autodesk Revit*. Outros requisitos são mais facilmente verificados com uso de *software* específicos de verificação, como por exemplo, o *Solibri Model Checker*.

As contribuições da etapa 2 estão relacionadas à: (a) proposição de uma estrutura de requisitos de clientes de empreendimentos habitacionais de interesse social, com categorias, subcategorias e desdobramentos que melhor se adaptam às necessidades

desse tipo de empreendimento da construção civil; (b) identificação dos tipos de requisitos que podem ser verificados automaticamente através do uso do *software* BIM selecionado; e (c) identificação das principais mudanças e benefícios para o gerenciamento de requisitos quando se automatiza as etapas de modelagem dessas informações.

Na Etapa 3 desta pesquisa foi proposto o método para modelagem de requisitos de clientes de EHIS com uso de BIM, o qual teve como base as atividades desenvolvidas nas primeiras etapas, tais como: (a) revisão de literatura sobre as etapas da gestão de requisitos (capítulo 2); (b) investigação de diferentes meios para modelar de requisitos no contexto da construção civil (capítulo 3); (c) identificação de requisitos dos clientes do Programa Minha Casa Minha Vida; (d) estruturação desses requisitos; e (e) atividades relacionadas ao uso das ferramentas BIM, como, por exemplo, a conexão entre requisitos planejados no *software dRofus* e projetados no *Autodesk Revit*.

Na sequência, o método foi avaliado através da proposição de dois constructos principais: utilidade e aplicabilidade. Para a avaliação da utilidade considerou-se as evidências obtidas a partir de entrevistas abertas realizadas com profissionais da CAIXA e da empresa Beta, bem como a percepção da pesquisadora. Percebeu-se que o método proposto pode auxiliar na melhoria da visualização das informações sobre os requisitos tanto para agentes da CAIXA como para os profissionais da empresa Beta. Além disso, o método pode ser utilizado como uma ferramenta de apoio à disponibilização dos requisitos aos proponentes de novos empreendimentos e auxiliar no controle das alterações de requisitos ao longo do processo de desenvolvimento de EHIS. Outro fator importante percebido com o desenvolvimento do estudo diz respeito à facilidade de rastrear os requisitos, permitindo identificar a origem de determinado requisito e com quais espaços ou objetos do produto esses requisitos estão relacionados. Ainda, o método pode ser considerado como uma ferramenta capaz de padronizar e facilitar o processo de verificação das propostas em função da possibilidade de realizar verificações automáticas.

Com a utilização das ferramentas BIM ao longo do estudo constatou-se que a interface entre o *software dRofus* e ferramentas de modelagem do produto deveria ser melhorada. Percebeu-se que as informações de requisitos só podem estar relacionadas aos espaços. Entretanto, poderia ser útil vincular as informações aos elementos que compõem um espaço, por exemplo, a uma janela. Além disso, para um projetista de empreendimentos é importante poder visualizar todo o conjunto de requisitos dentro do software de modelagem do produto e não apenas consultar separadamente a base de dados de requisitos inserida no *dRofus*.

O constructo aplicabilidade, contudo, foi avaliado de forma limitada, pois a facilidade de uso foi evidenciada somente por meio da percepção da pesquisadora acerca das dificuldades e do tempo de realização das atividades relacionadas à modelagem do produto e dos requisitos. Dessa forma, percebeu-se que, com o treinamento adequado dos usuários, o método pode ser aplicado para a modelagem de requisitos de clientes de empreendimentos da construção civil.

O constructo transferência da solução, relacionado à adaptação da estrutura de requisitos para diferentes programas e EHIS, foi avaliado a partir da comparação entre empreendimentos habitacionais acerca da quantidade de requisitos que poderiam ser utilizados para diferentes prefeituras e atuação da CAIXA nos distintos municípios, bem como para diferentes faixas de renda e tipologias de empreendimentos. A partir das comparações, constatou-se que a estrutura de requisitos é adaptável a diferentes contextos e que, por consequência, o método pode ser aplicado para diferentes empreendimentos habitacionais.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da realização da pesquisa, apresentam-se as seguintes recomendações para trabalhos futuros relacionadas com a modelagem de requisitos e utilização de ferramentas BIM para auxiliar no gerenciamento de requisitos de clientes no contexto da construção civil:

- a) avaliar e aprimorar o método de modelagem proposto a partir da sua aplicação durante as etapas de desenvolvimento de empreendimentos habitacionais de interesse social;
- b) investigar mais profundamente como a modelagem de requisitos pode auxiliar no desenvolvimento de melhores soluções de projetos de EHIS;
- c) realizar a gestão sistemática de requisitos ao longo do processo de desenvolvimento do produto EHIS já que esta pesquisa dedicou-se principalmente à estruturação de requisitos e utilização dessas informações no processo de projeto através do uso de BIM; e
- d) desenvolver *checklists* com as informações necessárias e nível de detalhe de cada parte do produto EHIS em função da gestão de requisitos para que a modelagem de requisitos possa ser realizada de forma mais adequada pelos projetistas no desenvolvimento de novos projetos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: acessibilidade a edificações: mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

AKAO, Y. **Quality Function Deployment**: Integrating Customer Requirements into Product Design. Cambridge: Productivity Press, 1990. 368p

AKAO, Y.; MAZUR, G. H. The Leading Edge in QFD: past, present and future. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 20, n. 1, p. 20-35, 2003.

ANDERSON, J. C.; JAM, D.C.; CHINTAGUNTA, P. K. Customer Value Assessment in Business Markets: A State-of-Practice Study. *Journal of Business-to-Business Marketing*, Pennsylvania, v. 1, n. 1, 1993.

ANJARD, R. P. Management and Planning tools. **Training for Quality**, v. 3, n. 2, p. 34-37, 1995.

AUTODESK. **The BIM Evolution Continues with OPEN BIM**. 2012 Disponível em: <<http://usa.autodesk.com/building-information-modeling/about-bim/>>. Acesso em: 8 fev. 2013.

BALLARD, G.; KOSKELA, L. On the Agenda of Design Management Research. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 06., Guarujá, Brazil, 1998. **Proceedings...** Guarujá, Brazil: IGLC, 2000.

BARRETT, P.; STANLEY, C. **Better Construction Briefing**. London: Blackwell Science, 1999. p. 157.

BOLVIKEN, T. 10 Statements on Production and Construction Theory. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 14., Santiago, 2006. **Proceedings...** Santiago: IGLC, 2006.

BONATTO, F. S. **Proposta de Um Modelo Para Avaliação de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social a Partir da Percepção de Clientes Finais**. 178 f. Porto Alegre, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRUCE, M.; COOPER, R. **Creative Product Design**: a practical guide to requirements capture management. Chichester: John Wiley, 2000. p. 217.

BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes (IFC) Data Model**. Disponível em: <<http://www.buildingsmart.org/standards/ifc/model-industry-foundation-classes-ifc>>. Acesso em: 15 abr. 2013a.

BUILDINGSMART. **Terms and Definitions**. Disponível em: <<http://www.buildingsmart.org/resources/terms-and-definitions>>. Acesso em: 15 abr. 2013b.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Selo Casa Azul Boas Práticas Para Habitação Mais Sustentável**. 2010. Disponível em: <[http://downloads.caixa.gov.br/\\_arquivos/desenvolvimento\\_urbano/gestao\\_ambiental/SELO\\_CASA\\_AZUL\\_CAIXA\\_versaoweb.pdf](http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/desenvolvimento_urbano/gestao_ambiental/SELO_CASA_AZUL_CAIXA_versaoweb.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2013.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Habitação:** Minha Casa Minha Vida. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/habitacao/mcmv/>>. Acesso em: 26 fev. 2013a.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Minha Casa Minha Vida.** Disponível em: <[http://downloads.caixa.gov.br/\\_arquivos/habita/mcmv/CARTILHACOMPLETA.PDF](http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/habita/mcmv/CARTILHACOMPLETA.PDF)>. Acesso em: 19 mar. 2013b.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Programas de Habitação.** Disponível em: <[http://www1.caixa.gov.br/gov/gov\\_social/municipal/programas\\_habitacao/pmcmv/saiba\\_mais.asp](http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programas_habitacao/pmcmv/saiba_mais.asp)>. Acesso em: 28 fev. 2013c.

CHAN, L.-K.; WU, M.-L. **Quality Function Deployment:** a literature review. *European Journal of Operational Research*, v. 143, n. 3, p. 463-497, 2002.

DE MARLE, David J. The value force. In: SHILLITO, M. Larry; DE MARLE, David J. Value, its Measurement, Design, and Management. New York: Hardcover, 1992. p. 03-25.

DICK, J. What Is Requirements Management? **Telelogic**, v. 358, n. 9, p. 1-13, 2004.

DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T.; KIZILTAS, S. Strategic use of Quality Function Deployment (QFD) in the Construction Industry. *Building and Environment*, v. 40, p. 245-255, 2005.

DING, L. *et al.* Automating Code Checking For Building Designs: DesignCheck. **Research Online**, p. 1-16, 2006.

EASTMAN, C. Automated Assessment of Early Concept Designs. **Architectural Design**, v. 79, n. 2, p. 52-57, mar. 2009.

EASTMAN, C. M. *et al.* Automatic Rule-Based Checking of Building Designs. **Automation in Construction**, v. 18, n. 8, p. 1011-1033, dez 2009.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook:** a guide to building information modeling for owners, managers, architects, engineers, contractors, and fabricators. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2008.

FIKSEL, J.; HAYES-ROTH, F. Computer-Aided Requirements Management. **Concurrent Engineering**, v. 1, n. 2, p. 83-92, 1993.

FORGUES, D.; KOSKELA, L.; LEJEUNE, A. Breaking Socio-cognitive Barriers to Value Generation in Integrated Teams. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 16., Manchester, 2008. **Proceedings...** Manchester: IGLC, 2008.

FRIEDENTHAL, S.; MOORE, A.; STEINER, R. Modeling Text-Based Requirements and Their Relationship to Design. In: KAUFMANN, M. (Ed.). **Practical Guide to SysML.** [S.l.]: OMG Press, 2008. p. 283-305.

GALLAHER, M. P. *et al.* Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. 2004. Technical Report GRC 04-867, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, MD.

GRANJA, A. D. *et al.* A Natureza do Valor Desejado na Habitação Social. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 87-103, abr./jun. 2009.

GRANJA, A. D *et al.* O custeio-meta para o desenvolvimento de habitações de interesse social: diretrizes a partir da comparação de duas modalidades de provisão. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 53-66, jan./mar. 2011.

GRÄSSLE, P.; BAUMANN, H.; BAUMANN, P. **UML 2.0 in Action a Project Based Tutorial**. Birmingham: Packt Publishing, 2005.

GUTMAN, J. A Means-End Chain Model Based on Consumer Categorization Processes. *Journal of Marketing*, v. 46, n. 2, p. 60-72, 1982.

HÄKKINEN, T. *et al.* **ICT For Whole Life Optimization of Residential Buildings**. Finland: Technical Research Center, 2007. Research Notes 2401.

HAN, C. S.; KUNZ, J. C.; LAW, K. H. Compliance Analysis for Disabled Access. In: SPACE REQUIREMENTS FOR WHEELED MOBILITY WORKSHOP, Buffalo, 2003. **Proceedings...** Buffalo, 2003.

HAN, C. S.; KUNZ, J.; LAW, K. H. Making Automated Building Code Checking A Reality. *Facility Management Journal*, Houston, p. 22-28, sep./oct. 1997.

HAN, S. B. *et al.* A Conceptual QFD Planning Model. *International Journal*, v. 18, n. 8, p. 796-812, 2001.

HAUSER, J. R. How Puritan-Bennett Used the House of Quality. *Sloan Management Review*, v. 34, n. 3, p. 61-70, 1993.

HEVNER, A. R. *et al.* Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

HOLBROOK, M. B. Introduction to Consumer Value. In: HOLBROOK, M. B. (Ed.). *Consumer Value: A Framework for Analysis and Research*, London: Routledge, 1999. p. 1–28.

HOLBROOK, M. B. Consumption experience, customer value, and subjective personal introspection: An illustrative photographic essay. *Journal of Business Research*, v. 59, p. 714–725, 2006.

HOOPER, M.; EKHOLM, A. A Pilot Study: towards BIM integration, an analysis of design information exchange & coordination. 2010. In: INTERNATIONAL CONFERENCE APPLICATIONS OF IT IN THE AEC INDUSTRY & ACCELERATING BIM RESEARCH WORKSHOP, 27., Cairo, 2010. **Proceedings...** Cairo, 2010. p. 16-18.

HOWELL, G. A.; KOSKELA, L. Reforming Project Management: The Role of Lean Construction. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 08., Brighton, 2000. **Proceedings...** Brighton: IGLC, 2000.

HULL, E.; JACKSON, K.; DICK, J. **Requirements Engineering**. 2. ed. London: Springer, 2005. p. 198.

HUOVILA, P.; PORKKA, J. **Conclusions and Recommendations on Decision Support Tools for Performance Based Building**. Espoo: VTT Building Transport, 2005.

HUOVILA, P.; SERÉN, K. J. Customer-Oriented Design For Construction Projects. *Journal of Engineering Design*, v. 9, n. 3, p. 225-238, 1998.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **O Planejamento da Habitação de Interesse Social no Brasil: desafios e perspectivas**. Brasília, DF: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2011.

JIAO, J.; CHEN, C.-H. Customer Requirement Management in Product Development: a review of research issues. **Concurrent Engineering**, v. 14, n. 3, p. 173-185, set. 2006.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J. ClientPro: a prototype *software* for client requirements processing in construction. **Advances in Engineering Software**, v. 32, N. 2, p. 141-158, 2001.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. O. Client Requirements Processing In Construction: a new approach using QFD. **Journal of Architecture Engineering**, v. 5, n. 1, p. 8-15, 1999.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. O. Establishing and Processing Client Requirements: a key aspect of concurrent engineering in construction. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 7, n. 1, p. 15-28, 2000.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. O. Assessing the Suitability of Current Brieng Practices in Construction Within a Concurrent Engineering Framework. **International Journal of Project Management**, v. 19, n. 6, p. 337-351, 2001.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. O. **Capturing Client Requirements in Construction Projects**. London: Thomas Telford Publishing, 2002. p. 172.

KAMARA, J. M. *et al.* Conceptual framework for live capture and reuse of project knowledge. In: JOINT CIB CONFERENCE, Waiheke Island, New Zealand, 2003. **Proceedings...** Waiheke Island, New Zealand, 2003. p. 178-185.

KANO, N.; SERAKU, N.; TAKAHASHI, F.; TSUJI, S. Attractive quality and must be quality. *Hinshitsu, Japão*, v.14, n.2, abr., 1984.

KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. The Constructive Approach in Management Accounting Research. **Journal of Management Accounting Research**, v. 5, p. 243-264, autumn1993.

KHEMLANI, L. **CORENET E-PlanCheck**: Singapore's automated code checking system. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2005/CORENETePlanCheck.html>>. Acesso em: 13 abr. 2013.

KIVINIEMI, A. **Requirements Management Interface to Building Product Models**. Stanford, 2005. Dissertation (Doctor of Philosophy) - Department of Civil and Environmental Engineering and the Committee of Graduate Studies, Stanford University, Stanford, 2005.

KIVINIEMI, A.; FISCHER, M. Requirements Management Interface to Building Product Models. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 10., Weimar, 2004. **Proceedings...** Weimar, 2004.

KOCH, C.; FIRMENICH, B. An approach to distributed building modeling on the basis of versions and changes. **Advanced Engineering Informatics**, v. 25, n. 2, p. 297-310, 2011.

KOPPINEN, T.; KIVINIEMI, A. **Requirements Management and Critical Decision Points**. Finland: VTT Technical Research Centre, 2007.

KOPPINEN, T. *et al.* Putting the Client in the Back Seat: philosophy of the BIM guidelines. In: JOINT CIB CONFERENCE, Helsinki, 2008. **Proceedings...** Helsinki, 2008. p. 391-404.

KOSKELA, L. **An Exploration Towards a Production Theory and Its Application to Construction**. Espoo: VTT Building Technology, 2000.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing**: análise, planejamento, implementação e controle. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998. 725 p.

KOTT, A.; PEASANT, J. L. Representation and Management of Requirements: the RAPID-WS project. **Concurrent Engineering: Research and Applications**, v. 3, n. 2, p. 93-106, 1995.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; GRANJA, A. D. The Concept of Desired Value as a Stimulus For Change in Social Housing in Brazil. **Habitat International**, v. 35, n. 3, p. 435-446, jul. 2011.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. T. Product Development Decisions: a review of the literature. **Management Science**, v. 47, n. 1, p. 1-21, jan 2001.

KULUSJÄRVI, H.; WIDNEY, J. **Introduction to Effective Issue Analysis Process Introducing an Effective Issue Analysis Process by using the Automated Section Box**. 2011. Disponível em: <<http://www.solibri.com/solibri-model-checker.html>>. Acesso em: 13 abr. 2013.

KULUSJÄRVI, H.; WIDNEY, J. **Introducing Deficiency Detection the Next Generation of Quality Control**. 2010. Disponível em: <<http://www.solibri.com/solibri-model-checker.html>>. Acesso em: 21 ago. 2013.

KWONG, C. K.; BAI, H. A Fuzzy AHP approach to the Determination of Importance Weights of Customer Requirements in Quality Function Deployment. **Intelligent Manufacturing**, v. 13, n. 5, p. 367-377, 2002.

LAI, X. *et al.* Ranking of customer requirements in a competitive environment. **Computer & Industrial Engineering**, v. 54, p. 202-214, 2008.

LAWLOR-WRIGHT, T. *et al.* From Performance Targets to Service Design and Healthcare Infrastructure. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 16., Manchester, 2008. **Proceedings...** Manchester: IGLC, 2008.

LAWSON, Bryan. How designers think. London: The Architectural Press, 1986

LEINONEN, J.; HUOVILA, P. The House of the Rising Value. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 08., Brighton, 2000. **Proceedings...** Brighton: IGLC, 2000a.

LEINONEN, J.; HUOVILA, P. **Requirements Management in Life-Cycle Design**. Espoo: VTT Building Technology, 2000b.

LEINONEN, J.; HUOVILA, P. Requirements Management Tool as a Catalyst For Communication. In: WORLDWIDE ECCE SYMPOSIUM, 2., Espoo, 2001. **Proceedings...** Espoo: VTT Building Technology, 2001.

LEITE, F. L. **Contribuições Para o Gerenciamento de Requisitos do Cliente em Empreendimentos do Programa de Arrendamento Residencial**. 179 f. Porto Alegre, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LEITE, F. L.; MIRON, L. I. G.; FORMOSO, C. T. Opportunities For Client Requirements Management in Low-Income House Building Projects in Brazil. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 13., Sydney, 2005. **Proceedings...** Sydney: Unitech New Zealand, 2005.

LIMA, L. P. **Proposta de Uma Sistemática Para o Processamento de Requisitos do Cliente de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. Porto Alegre, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LIMA, L. P. *et al.* Perceived Value In Social Housing Projects. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 17th, Taiwan, 2009. **Proceedings...** Taiwan, 2009.

LIMA, M. *et. al.* **Gestão de Marketing**. 5. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2005. 156 p.

LUKKA, K. The Constructive Research Approach. In: OJALA, L.; HILMOLA, O.-P. (Eds.). **Case Study Research in Logistics**. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003. Series B 1, p. 83-101.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and Natural Science Research on Information Technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, dez 1995.

MIGUEL, P. A. C. Evidence of QFD Best Practices For Product Development: a multiple case study. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 22, n. 1, p. 72-82, 2005.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Avanços e Desafios: política nacional de habitação**. secretaria nacional de habitação. Brasília: Secretaria Nacional de Habitação, 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Déficit Habitacional no Brasil 2008**. Secretaria Nacional de Habitação. Brasília: Secretaria Nacional de Habitação, 2011a. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/indicadores-sociais/deficit-habitacional-no-brasil>>. Acesso em: 2 mar. 2013.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Portaria nº 465, de 03 de outubro de 2011, que dispõe sobre as diretrizes gerais para aquisição e alienação de imóveis por meio de transferência de recursos ao Fundo de Arrendamento Residencial - FAR, no âmbito do Programa Nacional de Habitação Urbana - PNHU, integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV. **Diário Oficial da União**, 11 de janeiro de 2011b.

MIRON, L. I. G. **Proposta de Diretrizes para o Gerenciamento dos Requisitos do Cliente em Empreendimentos da Construção Proposta de Diretrizes para o Gerenciamento dos Requisitos do Cliente em Empreendimentos da Construção**. Porto Alegre, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MIRON, L. I. G. **Gerenciamento dos Requisitos dos Clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**: proposta para o Programa Integrado Entrada da Cidade em Porto Alegre/RS. 350 f. Porto Alegre, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MIRON, L. I. G.; FORMOSO, C. T. Client Requirement Management in Building Projects. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 11., Virginia, USA, 2003. **Proceedings...** Virginia, USA: IGLC, 2003.

MIRON, L. I. G.; LEITE, F. L.; FORMOSO, C. T. Client Requirements Management in Low-Income House Building Projects in Brazil. In: JOINT CIB INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 11., Helsinki, 2005. **Proceedings...** Helsinki: VTT Technical Research Institut, 2005.

MONROE, Kent B. **Pricing**: making profitable decisions. New York: McGraw-Hill, 1990. 502 p.

NOSYKO AS. **dRofus**: users' guide. Version 1.5. Oslo: Nosyko AS, 2013a.

NOSYKO AS. **dRofus**: products. Disponível em: <<http://drofus.no/en/product.html>>. Acesso em: 15 abr. 2013b.

PAUWELS, P. *et al.* A Semantic Rule Checking Environment For Building Performance Checking. **Automation in Construction**, v. 20, n. 5, p. 506-518, ago. 2011.

PEGORARO, C. **Diretrizes Para a Gestão de Requisitos no Processo de Projeto de Ambientes Contruídos**: um estudo de caso com enfoque nos requisitos ambientais. Porto Alegre, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PETER, J. P.; OLSON, J. C. **Consumer Behavior and Marketing Strategy**. 6. ed. Chicago: Irwin, 2001. v. 4, p. 576.

POWELL, T. C. Total Quality Management as Competitive Advantage: a review and empirical study. **Strategic Management Journal**, v. 16, n. 1, p. 15-37, 1995.

RIBEIRO, J. L. D.; ECHEVESTE, M.; DANILEVICZ, A. M. F. **A Utilização do QFD na Otimização de Produtos, Processos e Serviços**. Porto Alegre: Fundação Empresa Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Série Monográfica Qualidade.

SAATY, T. **Método de Análise Hierárquica**. Tradução e revisão técnica Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: Makron Books, 1991. p. 326.

SALIBA, Michael; FISHER, Caroline. Managing Customer Value: a framework allows organisations to achieve and sustain competitive advantage. **Quality Progress**, Milwaukee, v. 33, n. 6, p. 63-69, jun. 2000.

SALVATIERRA-GARRIDO, J.; PASQUIRE, C.; MIRON, L. Exploring Value Concept Through the IGLC Community: Nineteen Years of Experience In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 20., San Diego, USA, 2012. **Proceedings...** San Diego, USA: IGLC, 2012.

SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, R.; INIESTA-BONILLO, M. Á. The concept of perceived value: a systematic review of the research. *Marketing Theory*, v. 7, n. 4, p. 427-451, 1 dez 2007.

SANTOS, A.; KISTMANN, V. B.; FISCHER, S. Assessing Total Value Requirements on Low Income Houses in Brazil. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 12., Copenhagen, 2004. **Proceedings...** Copenhagen: IGLC, 2004.

SAUERWEIN, E. *et al.* The Kano Model: how to delight your customers. In: INTERNATIONAL WORKING SEMINAR ON PRODUCTION ECONOMICS, 9., Innsbruck, 1996. **Proceedings...** Innsbruck, 1996.

SCHLUETER, A.; THESELING, F. Building Information Model Based Energy/Exergy Performance Assessment in Early Design Stages. **Automation in Construction**, v. 18, n. 2, p. 153-163, mar 2009.

SEBASTIAN, R. Changing Roles of the Clients, Architects and Contractors Through BIM. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 18, n. 2, p. 176-187, 2011.

SFANDYARIFARD, E.; TZORTZOPOULOS, P. Supporting Value Generation in Children's Hospital Design Through. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 19., Lima, 2011. **Proceedings...** Lima: IGLC, 2011.

SHEN, Q. *et al.* A Framework For Identification and Representation of Client Requirements in the Briefing Process. **Construction Management and Economics**, v. 22, n. 2, p. 213-221, fev 2004.

SHEN, Q.; CHUNG, J. A critical investigation of the briefing process in Hong Kong's construction industry. 2006. **Facilities**, v. 24, n. 13/14, p. 510-522, jul 2006.

SHEN, X. X.; TAN, K. C.; XIE, M. An Integrated Approach to Innovative Product Development Using Kano's Model and QFD. **European Journal of Innovation Management**, v. 3, n. 2, p. 91-99, 2000a.

SHEN, X. X.; TAN, K. C.; XIE, M. Benchmarking in QFD For Quality Improvement. **Benchmarking: an International Journal**, v. 7, n. 4, p. 282-291, 2000b.

SOARES, M. D. S.; VRANCKEN, J.; VERBRAECK, A. User Requirements Modeling and Analysis of *Software-Intensive Systems*. **Journal of Systems and Software**, v. 84, n. 2, p. 328-339, fev. 2011.

SOLIBRI MODEL CHECKER. **Solibri Model Checker**. Disponível em: <<http://www.solibri.com/solibri-model-checker.html>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. São Paulo: Perason Addison-Wesley, 2007.

SOMMERVILLE, J.; CRAIG, N. The Application of Quality Function Deployment in the it/Construction Industries. In: RICS FOUNDATION CONSTRUCTION AND BUILDING RESEARCH CONFERENCE, Nottingham, 2002. **Proceedings...** Nottingham, 2002.

SOUZA, R. DE; ABIKO, A. **Metodologia Para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1997. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP.



SRIVASTAVA, R. R.; SHERVANI, T. A.; FAHEY, L. Market-Based Assets and Shareholder Value: a framework for analysis. **Journal of Marketing**, v. 62, p. 02-18, jan. 1998.

TAN, K. C.; PAWITRA, T. A. Integrating SERVQUAL and Kano's Model Into QFD For Service Excellence Development. **Managing Service Quality**, v. 11, n. 6, p. 418-430, 2001.

TAN, K. C.; SHEN, X. X. Integrating Kano's Model in the Planning Matrix of Quality Function Deployment. **Total Quality Management**, v. 11, n. 8, p. 1141-1151, dez. 2000.

TILLMANN, P. A. **Diretrizes Para a Adoção da Customização em Massa na Construção Habitacional para Baixa Renda**. Porto Alegre, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

TRAN, T.-L.; SHERIF, J. S. **Quality Function Deployment (QFD): an effective technique for requirements acquisition and reuse**. In: SOFTWARE ENGINEERING STANDARDS SYMPOSIUM, 2., Los Alamitos, 1995. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE, 1995.

TSENG, M. M.; JIAO, J. Computer-Aided Requirement Management for Product Definition: a methodology and implementation. **Concurrent Engineering: Research and Applications**, v. 6, n. 3, p.145-160, jun. 1998.

TZORTZOPOULOS, P. **The Design and Implementation of Product Development Process Models in Construction Companies**. Stanford, 2004. Thesis (Doctor of Philosophy) - University of Salford, 2004.

TZORTZOPOULOS, P.; BETTS, M.; COOPER, R. Product Development Process Implementation – Exploratory Case Studies in Construction and Manufacturing. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 10., Gramado, 2002. **Proceedings...** Gramado: IGLC, 2002.

TZORTZOPOULOS, P. *et al.* Interactions Between Transformations: Flow and Value at the Design Front-end for Primary Healthcare Facilities Integration. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 13., Sydney, 2005. **Proceedings...** Sydney: Unitec New Zealand, 2005.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 4. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2008. p. 368.

WHELTON, M.; BALLARD, G. DYNAMIC STATES OF PROJECT PURPOSE: TRANSITIONS FROM CUSTOMER NEEDS TO. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 11., Virginia, USA, 2003. **Proceedings...** Virginia, USA: IGLC, 2003.

WHITELEY, Richard C. **A empresa Totalmente Voltada para o Cliente**. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Campus; São Paulo: Publifolha, 1999.

WOODRUFF, R. B. Customer Value: the next Source of competitive advantage. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 25, n. 2, p. 139-153, 1997.

WOODRUFF, R. B.; GARDIAL, S. **Know Your Customer: new approaches to understanding customer value and satisfaction**. Malden: Blackwell Publishing, 1996.

WOODRUFF, R. B.; SCHUMANN, D. W.; GARDIAL, S. F. Understanding Value and Satisfaction from the Customer's Point of View. **Survey of Business**, v. 29, n. 1, p. 33-40, verão/outono 1993

YOUNG, R. R. **The Requirements Engineering Handbook**. Norwood: Artech House, 2004.

YU, A. T. W. *et al.* Application of Value Management in Project briefing. **Facilities**, v. 23, n. 7/8, p. 330-342, 2005.

ZEITHAML, Valarie A. Consumer Perceptions of Price, Quality, and Value: a means-end model and synthesis of evidence. **Journal of Marketing**, v. 52, p. 2-22, jul. 1988.

## **APÊNDICE A**

### **Fontes de dados, modelos e ferramentas que auxiliam nas etapas da gestão de requisitos**

ETAPAS DA GESTÃO DE REQUISITOS	ATIVIDADES DA GESTÃO DE REQUISITOS	FONTE DE DADOS						Programa de necessidades
		Entrevistas	Técnica do Incidente crítico	Questionário de avaliação de satisfação do cliente	Análise de documentos existentes	Legislação	Normas (Ex: certificações)	
IDENTIFICAR	DEFINIR O CONTEXTO DO PROJETO, DEFINIR E EXPLICITAR OS OBJETIVOS DO EMPREENDIMENTO (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002)	x			x			
	IDENTIFICAR OS GRUPOS DE INTERESSE DE CLIENTES E RESPONSÁVEIS PELA TOMADA DE DECISÃO (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; JIAO, CHEN, 2006; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)	x						
	ORBITAR OS REQUISITOS DOS CLIENTES (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)	x	x	x	x	x	x	x
PROCESSAR	DOCUMENTAÇÃO E DETALHAMENTO DOS REQUISITOS A SEREM CONSIDERADOS (PEGORARO, 2010)							
	ESTRUTURAR OS REQUISITOS; ANALISAR CONFLITOS E DEPENDÊNCIA (PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006; KAMARA et al., 2002)							x
	PRIORIZAR OS GRUPOS DE INTERESSE (KAMARA et al., 2002)	x						
DISPONIBILIZAR, CONTROLAR	PRIORIZAR OS REQUISITOS (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006)	x	x					
	DEFINIR SOLUÇÕES DE PROJETO OU ATRIBUTOS PARA OS REQUISITOS (KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006)	x			x	x	x	
	DISPONIBILIZAR REQUISITOS AOS TOMADORES DE DECISÃO (MIRON, 2002)							
VERIFICAR	CONTROLE DO FLUXO DAS INFORMAÇÕES DE REQUISITOS (MIRON, 2002); INTERCÂMBIO E NEGOCIAÇÃO ENTRE EQUIPE DE PROJETO SOBRE CONFLITOS E MUDANÇAS DE OBJETIVOS (KAMARA et al., 2002; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)							
	VERIFICAR SE O PROJETO DO PRODUTO CUMPRE OU NÃO COM OS REQUISITOS DESIGNADOS (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)							

ETAPAS DA GESTÃO DE REQUISITOS	ATIVIDADES DA GESTÃO DE REQUISITOS	FERRAMENTAS DE PROCESSAMENTO E MODELOS										
		Planilhas compatíveis com as percepções dos envolvidos no PDP	Árvore de Objetivos	Planilha de entrada de informações - Método de Marx (2009)	Técnica s de tomada de decisão ( Ex: Critérios de pesos) (KAMARA, ANUMBA, EYBUOMWAN, 2001)	Analytic Hierarchy process (AHP)	Modelo de requisitos Kiviniemi (2005)	Diagrama em árvore	Desdobramento da função qualidade (QFD)(AKAO, 1990)	Modelo de Processamento de requisitos dos clientes: Kamara, Anumba e Eybuomwa (2002)		
IDENTIFICAR	DEFINIR O CONTEXTO DO PROJETO, DEFINIR E EXPLICITAR OS OBJETIVOS DO EMPREENHIMENTO (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002)	x	x	x								
	IDENTIFICAR OS GRUPOS DE INTERESSE DE CLIENTES E RESPONSÁVEIS PELA TOMADA DE DECISÃO (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; JIAO, CHEN, 2006; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)											
	OBTER OS REQUISITOS DOS CLIENTES (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)											
PROCESSAR	DOCUMENTAÇÃO E DETALHAMENTO DOS REQUISITOS A SEREM CONSIDERADOS (PEGORARO, 2010)	x	x	x								x
	ESTRUTURAR OS REQUISITOS; ANALISAR CONFLITOS E DEPENDÊNCIA (PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006; KAMARA et al., 2002)		x	x					x			x
	PRIORIZAR OS GRUPOS DE INTERESSE (KAMARA et al., 2002)											x
DISPONIBILIZAR, CONTROLAR	PRIORIZAR OS REQUISITOS (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006)	x	x						x			x
	DEFINIR SOLUÇÕES DE PROJETO OU ATRIBUÍDOS PARA OS REQUISITOS (KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006)								x			x
	DISPONIBILIZAR REQUISITOS AOS TOMADORES DE DECISÃO (MIRON, 2002)											x
VERIFICAR	CONTROLE DO FLUXO DAS INFORMAÇÕES DE REQUISITOS (MIRON 2002); INTERCÂMBIO E NEGOCIAÇÃO ENTRE EQUIPE DE PROJETO SOBRE CONFLITOS E MUDANÇAS DE OBJETIVOS (KAMARA et al., 2002; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)											
	VERIFICAR SE O PROJETO DO PRODUTO CUMPRE OU NÃO COM OS REQUISITOS DESIGNADOS (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)											

ETAPAS DA GESTÃO DE REQUISITOS	ATIVIDADES DA GESTÃO DE REQUISITOS	FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO					
		ReqPro	DOORS	ClientPro	EcoProp	dRotus	Solibri Model Checker
IDENTIFICAR	DEFINIR O CONTEXTO DO PROJETO, DEFINIR E EXPLICITAR OS OBJETIVOS DO EMPREENHIMENTO (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002)						
	IDENTIFICAR OS GRUPOS DE INTERESSE DE CLIENTES E RESPONSÁVEIS PELA TOMADA DE DECISÃO (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; JIAO, CHEN, 2006; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)						
	OBTER OS REQUISITOS DOS CLIENTES (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)						
PROCESSAR	DOCUMENTAÇÃO E DETALHAMENTO DOS REQUISITOS A SEREM CONSIDERADOS (PEGORARO, 2010)			x	x	x	
	ESTRUTURAR OS REQUISITOS; ANALISAR CONFLITOS E DEPENDÊNCIA (PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006; KAMARA et al., 2002)	x	x	x	x	x	
	PRIORIZAR OS GRUPOS DE INTERESSE (KAMARA et al., 2002)			x			
	PRIORIZAR OS REQUISITOS (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006)			x	x		
	DEFINIR SOLUÇÕES DE PROJETO OU ATRIBUTOS PARA OS REQUISITOS (KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; JIAO, CHEN, 2006)	x			x		
DISPONIBILIZAR, CONTROLAR	DISPONIBILIZAR REQUISITOS AOS TOMADORES DE DECISÃO (MIRON, 2002)			x	x	x	
	CONTROLE DO FLUXO DAS INFORMAÇÕES DE REQUISITOS (MIRON, 2002); INTERCÂMBIO E NEGOCIAÇÃO ENTRE EQUIPE DE PROJETO SOBRE CONFLITOS E MUDANÇAS DE OBJETIVOS (KAMARA et al., 2002; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)	x	x	x			
VERIFICAR	VERIFICAR SE O PROJETO DO PRODUTO CUMPRE OU NÃO COM OS REQUISITOS DESIGNADOS (MIRON, 2002; KAMARA et al., 2002; YOUNG, 2004; PEGORARO, 2010; FIKSEL, HAYES-ROTH, 1993)					x	x

## **APÊNDICE B**

### **Estrutura de requisitos relacionada às partes do produto EHIS**

ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES  
MÍNIMAS DO PMCMV - NIVEL4

REQUISITOS / ATRIBUTOS  
NIVEL3

CATEGORIA DE  
REQUISITOS NIVEL 1

SUBCATEGORIA DE  
REQUISITOS NIVEL 2

A.1 Requisitos gerais	A.1.1 Requisitos do empreendimento	A.1.1.1 Informações sobre Empreendimento	Nome do Empreendimento
			Nome da Construtora / Incorporadora:
			Responsável Técnico / projeto arquitetônico:
			Tipo de Edificação:
			Número de Blocos:
			Número de Pavimentos:
			Número de Apartamentos:
			Aceitáveis as tecnologias inovadoras testadas e aprovadas conforme a Norma de Desempenho - NBR-15.575 e homologadas pelo SINAT ou que comprovarem desempenho satisfatório junto à CAIXA.
		A.1.1.2 Requisitos para Tecnologias inovadoras	Deverão ser instaladas placas informativas nas edificações de empreendimentos em condomínios nos casos de utilização de alvenaria estrutural ou sistemas inovadores (deverá constar no orçamento)
		A.1.1.3 Requisitos para execução	Apresentar materiais que serão utilizados na obra com antecedência
		A.1.1.4 Documentação	ART de projeto dos quesitos necessários à acessibilidade das unidades habitacionais



CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV - NÍVEL 4	OBJETOS DO PRODUTO
A.2 Requisitos de localização	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura do empreendimento	A.2.2.1 Iluminação do terreno	Planta luminotécnica privilegiando eficiência energética	Terreno
		A.2.2.2 Drenagem do terreno	Sistema de drenagem	Terreno
		A.2.2.3 Abastecimento de gás	Medição individual de gás (não obrigatório para área metropolitana)	Cozinha/ Serviço
		A.2.2.4 Abastecimento de água	Reservatório elevado de água potável	Cobertura
			Prever reservatório inferior com instalação de no mínimo 2 bombas de recalque com manobra simultânea	Terreno
	A.2.2.5 Infraestrutura de esgoto	Prever cercamento do reservatório inferior com proteção para as bombas	Terreno	
	A.2.3 Requisitos de Infraestrutura pública	A.2.3.1 Rede Elétrica e Iluminação pública	Solução de esgotamento sanitário	Terreno
		A.2.3.2 Infraestrutura pública da rede de esgoto	Energia elétrica e iluminação pública	Área Pública
		A.2.3.3 Infra abastecimento de água	Esgotamento sanitário público	Área Pública
		A.2.3.4 Pavimentação das vias públicas	Sistema de abastecimento de água	Área Pública
	A.2.5 Requisitos de projeto para o terreno	A.2.5.1 Min espaços de estacionamento de bicicletas	Pavimentação das calçadas, guias sarjetas	Área Pública
		A.2.5.2 Min espaços de estacionamento de motocicletas	Bicicletário	Terreno
		A.2.5.3 Min espaços de estacionamento de carros	Vagas para motos	Terreno
		A.2.5.4 Min área verde no terreno	Vagas de garagem conforme definido na legislação municipal	Terreno
			Prever grama nas áreas não pavimentadas	Terreno

## OBJETOS DO PRODUTO

ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES  
MÍNIMAS DO PMC/MV - NIVEL4REQUISITOS / ATRIBUTOS  
NIVEL3CATEGORIA DE  
REQUISITOS NIVEL 1  
SUBCATEGORIA DE  
REQUISITOS NIVEL 2

A.3 Requisitos dos espaços I	A.3.1 Requisitos de funcionalidade dos espaços	A.3.1.3 Dimensões mínimas	Prever 0,5m <sup>2</sup> de área de salão de festas por unidade habitacional	Salão de festas
			Apartamento: 39m <sup>2</sup> da UH	Unidade habitacional
			Unidade habitacional com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço / banheiro.	Unidade habitacional
			Edificações de até 3 pavimentos, distância entre blocos maior ou igual a 4,50 m.	Edifício habitacional
			Edificações de 4 a 5 pavimentos, distância mínima entre blocos de 5,00 m.	Edifício habitacional
			Edificações com mais de 5 pavimentos, distância entre blocos maior ou igual a 6,00 m.	Edifício habitacional
			Largura mínima do banheiro 1,50 m	Banheiro
			Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40 m.	Sala
			Largura mínima da cozinha: 1,80 m.	Cozinha/ Serviço
			Dormitório solteiro: Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações mínimo de 0,50 m.	Dormitório Solteiro
A.3.1.4 Pé-direito	A.3.1.4 Pé-direito	A.3.1.4 Pé-direito	Dormitório casal: Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.	Dormitório Casal
			Box para chuveiro – 0,90 m x 0,95 m, desnível máx. 15 mm;	Banheiro
			Os blocos habitacionais não podem ultrapassar 65m de comprimento (exigência da Prefeitura Municipal de Caxias do Sul)	Banheiro PNE
			2,30 nos banheiros	Banheiro
			2,50m nos demais cômodos	Sala
				Cozinha/ Serviço
				Banheiro PNE
				Dormitório Casal
				Dormitório Solteiro
				Dormitório Solteiro

## OBJETOS DO PRODUTO

ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES  
MÍNIMAS DO PIMCV - NÍVEL4SUBCATEGORIA DE REQUISITOS / ATRIBUTOS  
REQUISITOS NÍVEL 2 NÍVEL3CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1  
REQUISITOS NÍVEL 1

A.3 Requisitos dos espaços I	A.3.1 Requisitos de funcionalidade dos espaços	A.3.1.5 Mobília e equipamentos da UH	<p>Sala: Sofás com número de assentos igual ao número de leitos mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.</p> <p>Dorm. Casal: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m).</p> <p>Dorm. Solteiro: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m).</p> <p>Serviço: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina (0,60 m x 0,65 m).</p> <p>Cozinha: Pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.</p> <p>Banheiro: 1 Lavatório, 1 vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, 1 chuveiro.</p> <p>A REDUR de Caxias do Sul exige que no banheiro de PNE deve-se manter o chuveiro e lavatório em uma mesma parede e bacia sanitária na parede oposta; no banheiro não adaptado o chuveiro, bacia sanitária e lavatório podem estar posicionados na mesma parede</p> <p>GIDUR – Porto Alegre exige que em todos os banheiros, inclusive os adaptados a PNE, o chuveiro deve ser projetado na parede oposta à bacia sanitária e lavatório</p>	Sala	Banheiro PNE
			Dormitório Casal		
			Dormitório Solteiro		
			Serviço		
			Cozinha		
			Banheiro	Banheiro PNE	
			Banheiro	Banheiro PNE	

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1 SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2 REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3 ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PIMCMV - NÍVEL 4 OBJETOS DO PRODUTO

A.3 Requisitos dos espaços I	A.3.1 Requisitos de funcionalidade dos espaços	A.3.1.6 Equipamentos de lazer / uso comunitário	60 UH ou mais- prever recursos de no mínimo 1% da soma dos custos de infra e edificações: Centro comunit.; espaço descoberto de lazer/recreação infantil; quadra de esportes.	Terreno					
			Planta de detalhamento dos bancos	Terreno					
			Guarita com banheiro	Guarita					
			Lixeiras	Terreno					
			Caixas de correspondência	Terreno					
A.3 Requisitos dos espaços II	A.3.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos	A.3.2.1 Paredes	Revestimento externo: Massa única ou concreto regularizado para pintura. Tinta acrílica ou textura impermeável ou elastomérica	Salão de festas	Edifício Habitacional				
			Revestimento interno áreas secas: Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura. Tinta PVA	Sala	Dormitório Solteiro	Dormitório Casal	Guarita	Hall	Circulação
			Revestimento interno áreas molhadas: Azulejo com altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço. Tinta acrílica	Cozinha/ Serviço	Banheiros Salão de festas	Banheiro	Salão de festas	Banheiro PNE	
			Reforço estrutural nas paredes da cozinha e do banheiro para possibilitar mudanças de altura do reservatório e da bancada da pia (solicitar declaração do projetista)	Cozinha/ Serviço	Banheiro	Banheiro	Banheiro PNE		

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1 SUBCATEGORIA DE REQUISITOS / ATRIBUTOS ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PIMGMV - NÍVEL 4 OBJETOS DO PRODUTO

<p>A.3 Requisitos dos espaços II</p> <p>A.3.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos</p>	<p>A.3.2.2 Superfície do piso</p>	Piso no poço de luz e Prever drenagem no poço de luz	Poço de luz						
		Cerâmica em toda a unidade, com rodapé, e desnível máximo de 15mm.	Unidade habitacional						
		Cerâmica no hall, nas áreas de circulação internas, guarita e salão de festas.	Hall	Circulação	Salão de festas	Guarita			
		Cimentado alisado nas escadas.	Escada						
		Impermeabilização em todo banheiro, reservatórios, hall de entrada	Banheiro	Banheiro PNE	Reservatório	Hall			
		Calçada perimétrica em concreto de 0,50m de largura ao redor da edificação para proteção da alvenaria externa	Terreno						
		Laje regularizada com massa única, gesso, textura ou concreto. Tinta PVA nas áreas secas	Edifício Habitacional	Dormitório Casal	Dormitório Solteiro	Salão de festas	Guarita	Hall	Escadas
		Laje regularizada com massa única, gesso, textura ou concreto. Tinta acrílica nas áreas molhadas.	Cozinha/ Serviço	Banheiro	Banheiro Salão de festas	Banheiro Guarita	Banheiro PNE		
		Previsão de laje na guarita	Guarita						

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1 SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2 REQUISITOS / ATRIBUTOS MÍNIMOS DO PIMCV - NÍVEL 4 ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PIMCV - NÍVEL 4 OBJETOS DO PRODUTO

A.3 Requisitos dos espaços II	A.3.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos	A.3.2.4 Acabamento das Portas	Maçanetas de alavanca a 1,00 m do piso.	Unidade Habitacional	Salão de festas	Guar.
			Portas internas em madeira; Pintura: esmalte ou verniz.	Unidade Habitacional	Salão de festas	Guar.
			Porta acesso à unidade ou de acesso ao Edifício habitacional - metálica ou madeira	Unidade Habitacional	Edifício Habitacional	
			Batente em madeira desde que possibilite a inversão do sentido de abertura das portas.	Unidade Habitacional		
			Marco inteiro na porta	Unidade Habitacional		
			Para Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, a porta de acesso às unidades habitacionais deve ter largura mínima de 90cm; Para Prefeitura Municipal de Canoas, a porta de acesso às unidades habitacionais deve ter largura mínima de 80cm	Sala		
			Completa, de alumínio para regiões litorâneas ou meios agressivos	Unidade Habitacional		
		A.3.2.5 Acabamento das Janelas	Vão de 1,50 m <sup>2</sup> nos quartos, sendo admissível uma variação de até 5%.	Dormitório Casal	Dormitório Solteiro	
			Vão de 2,00 m <sup>2</sup> na sala, sendo admissível uma variação de até 5%.	Sala		

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1 SUBCATEGORIA DE REQUISITOS / ATRIBUTOS ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PIMCV - NÍVEL 4 OBJETOS DO PRODUTO

A.3 Requisitos dos espaços II	A.3.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos	A.3.2.6 Acabamento louças e metais	Tanque com capacidade mín. de 20 l, de concreto pré-moldado, PVC, granilite ou mármore sintético. Torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta.	Serviço
			Cozinha: Bancada de granilite ou mármore sintético com cuba. Torneira metálica cromada, registro de alavanca ou cruzeta	Cozinha
			Vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, em louça. Torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta. Lavatório tamanho médio	Banheiro
			Sobre laje, em telha cerâmica ou de fibrocimento (espessura mínima de 6 mm), com estrutura de madeira ou metálica. Admite-se laje inclinada desde que coberta com telhas.	Cobertura
			Beiral de 40 cm	Cobertura
			Prever cobertura para a porta de entrada do bloco	Cobertura
			Tela passarinheira	Cobertura
			Prever solução para encontro das lajes (PVC, etc)	Edifício Habitacional
			Previsão de EPS ou solução similar no último pavimento no encontro de laje/parede	Edifício Habitacional
			Nateamento da viga de fundação	Edifício Habitacional

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS / ATRIBUTOS REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PIMGMV - NÍVEL 4	OBJETOS DO PRODUTO
B.3 Requisitos de Segurança	B.3.1 Segurança no terreno	B.3.1.1 Proteção da área do condomínio	Alambrado com baldrame e altura mínima de 1,80 m no entorno do condomínio	Terreno
B.4 Requisitos estéticos	B.4.1 Requisitos visuais	B.4.1.1 Aparência estética	Prever local onde será colocado o nome do empreendimento	Guarita Terreno
B.5 Requisitos de acessibilidade	B.5.1 Requisitos de acessibilidade da UH	B.5.1.1 Acessibilidade do PNE ao banheiro	Assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box. Barras de apoio e acento para banho. Vaso sanitário adaptado elevado. Caixa de descarga acoplada, também em louça. Puxador de descarga adaptado. Torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta. Lavatório sem coluna tamanho médio	Banheiro Banheiro PNE
		B.5.1.2 Acessibilidade das portas	Não ter degraus nas portas Vão livre de 0,80 m x 2,10 m em todas as portas. Previsão de área de aproximação para cadeirante para abertura das portas (0,60 m interno e 0,30 m externo). Espaço livre de obstáculos em frente às portas de no mínimo 1,20 m.	Sala Hall Edifício Habitacional Salão de festas Edifício Habitacional Salão de festas



CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1 SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2 REQUISITOS / ATRIBUTOS ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMC/MV - NÍVEL 4 OBJETOS DO PRODUTO

B.5.1 Requisitos de acessibilidade da UH	B.5.1.3 Acesso aos espaços da UH	Planta mobiliada com espaço para cadeira de rodas	Unidade Habitacional
		Deve ser possível inscrever, em todos os cômodos, o módulo de manobra sem deslocamento para rotação de 180° definido pela NBR 9050 (1,20 m x 1,50 m), livre de obstáculos.	Unidade Habitacional
B.5.2 Requisitos de acessibilidade das áreas e equipamentos de uso comum	B.5.1.4 N° mín. de unidades adaptadas	Disponibilizar unidades adaptadas ao uso por PNE e idosos, de acordo com a demanda, com kits específicos devidamente definidos. Na ausência de legislação municipal ou estadual disponibiliza no mínimo 3% das UH.	Banheiro PNE
		Deverá ser garantida a rota acessível em todas as áreas públicas e de uso comum no empreendimento (Recomendações na Cartilha de Acessibilidade a Edificações e Espaços e Equipamentos Urbanos CAIXA).	Terreno
B.5 Requisitos de acessibilidade	B.5.2.1 Acessibilidade de PNE às áreas e espaços de uso comum	Calçadas: Largura mínima de 0,90 m livre	Terreno
		Não ter degraus nas portas	Salão de festas
		Salão de festas com banheiros adaptados a PNE	Salão de festas
			Edifício Habitacional
			Edifício Habitacional
			Edifício Habitacional

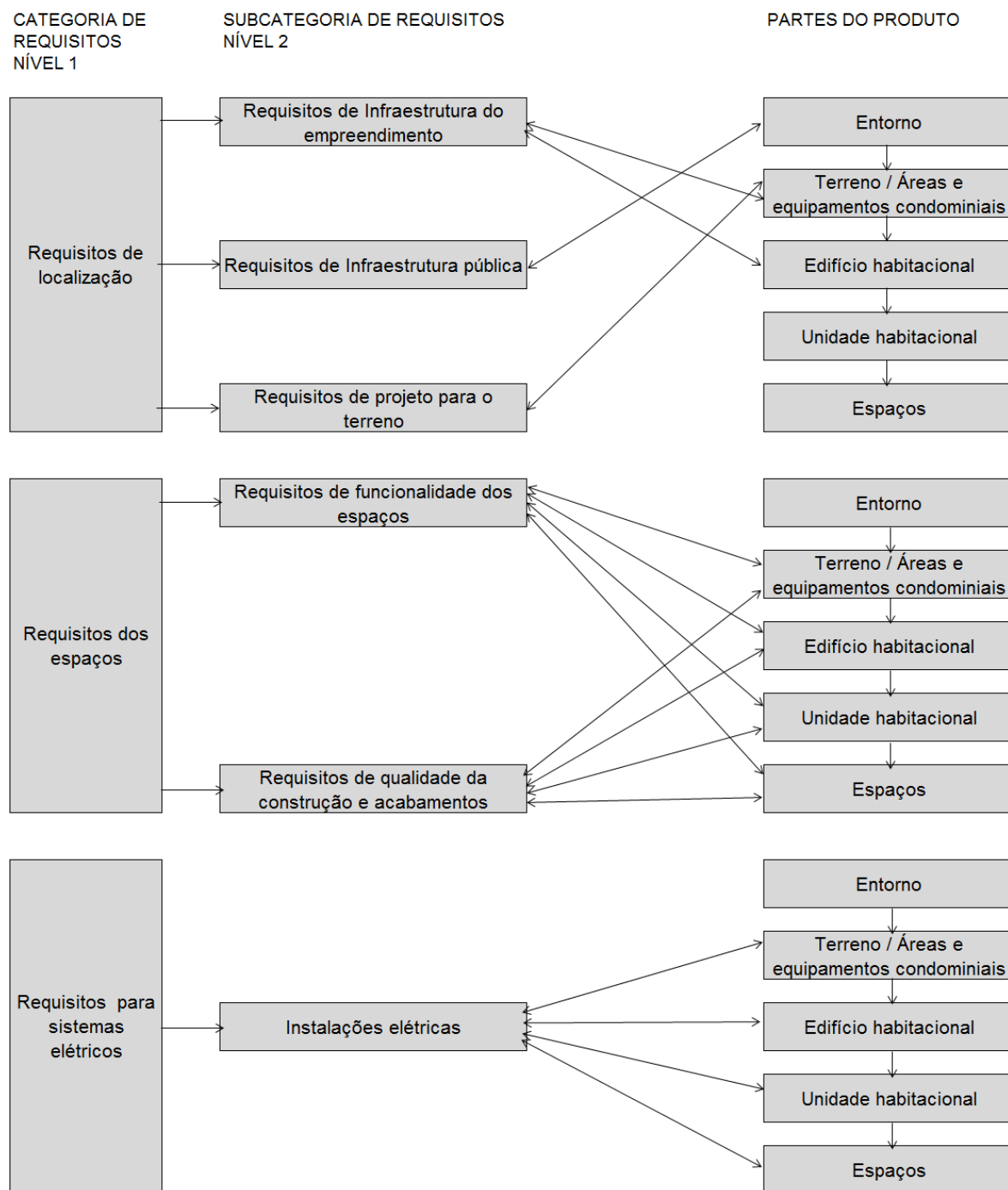
CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV - NÍVEL 4	OBJETOS DO PRODUTO							
B.6 Requisitos de circulação	B.6.1 Sistemas de circulação	B.6.1.1 Requisitos para elevador	Para edificação acima de dois pavimentos, deve ser previsto e indicado na planta o espaço destinado ao elevador e informado no manual do proprietário. O espaço deve permitir a execução e instalação futura do elevador. Não é necessária nenhuma obra física para este fim. No caso, do espaço previsto para futura instalação do elevador, estar no interior da edificação, a estrutura deverá ser executada para suportar as cargas de instalação e operação do equipamento.	Edifício Habitacional							
E.1 Requisitos para sistemas elétricos	E.1.1 Instalações elétricas	E.1.1.1 Pontos elétricos, tomadas e sistema de comunicação dos espaços	<p>Sala: 2 tomadas; 1 ponto de telefone com enfição; 1 de campainha; 1 ponto de antena; 1 ponto de interfone</p> <p>Cozinha: 4 tomadas</p> <p>Área de serviço: 2 tomadas; Prever tomada para máquina de lavar roupas</p> <p>Dormitório casal: 2 tomadas</p> <p>Dormitório solteiro: 2 tomadas</p> <p>Banheiro: 1 tomada, 1 tomada para chuveiro elétrico</p>	<table border="1"> <tr> <td>Sala</td> </tr> <tr> <td>Cozinha</td> </tr> <tr> <td>Serviço</td> </tr> <tr> <td>Dormitório Casal</td> </tr> <tr> <td>Dormitório Solteiro</td> </tr> <tr> <td>Banheiro</td> </tr> <tr> <td>Banheiro PNE</td> </tr> </table>	Sala	Cozinha	Serviço	Dormitório Casal	Dormitório Solteiro	Banheiro	Banheiro PNE
Sala											
Cozinha											
Serviço											
Dormitório Casal											
Dormitório Solteiro											
Banheiro											
Banheiro PNE											

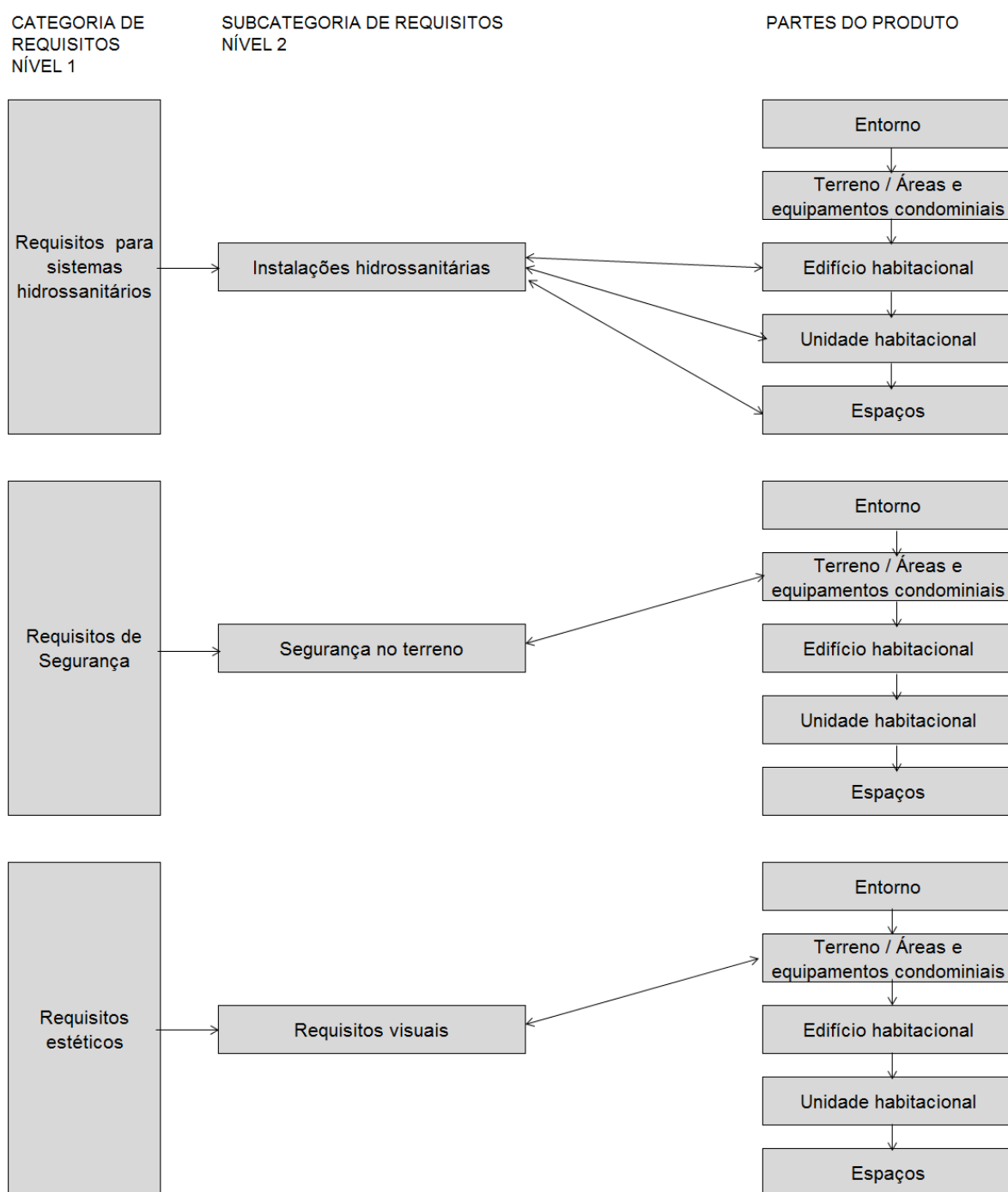
CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1 SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2 REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3 ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PIMCMV - NÍVEL 4 OBJETOS DO PRODUTO

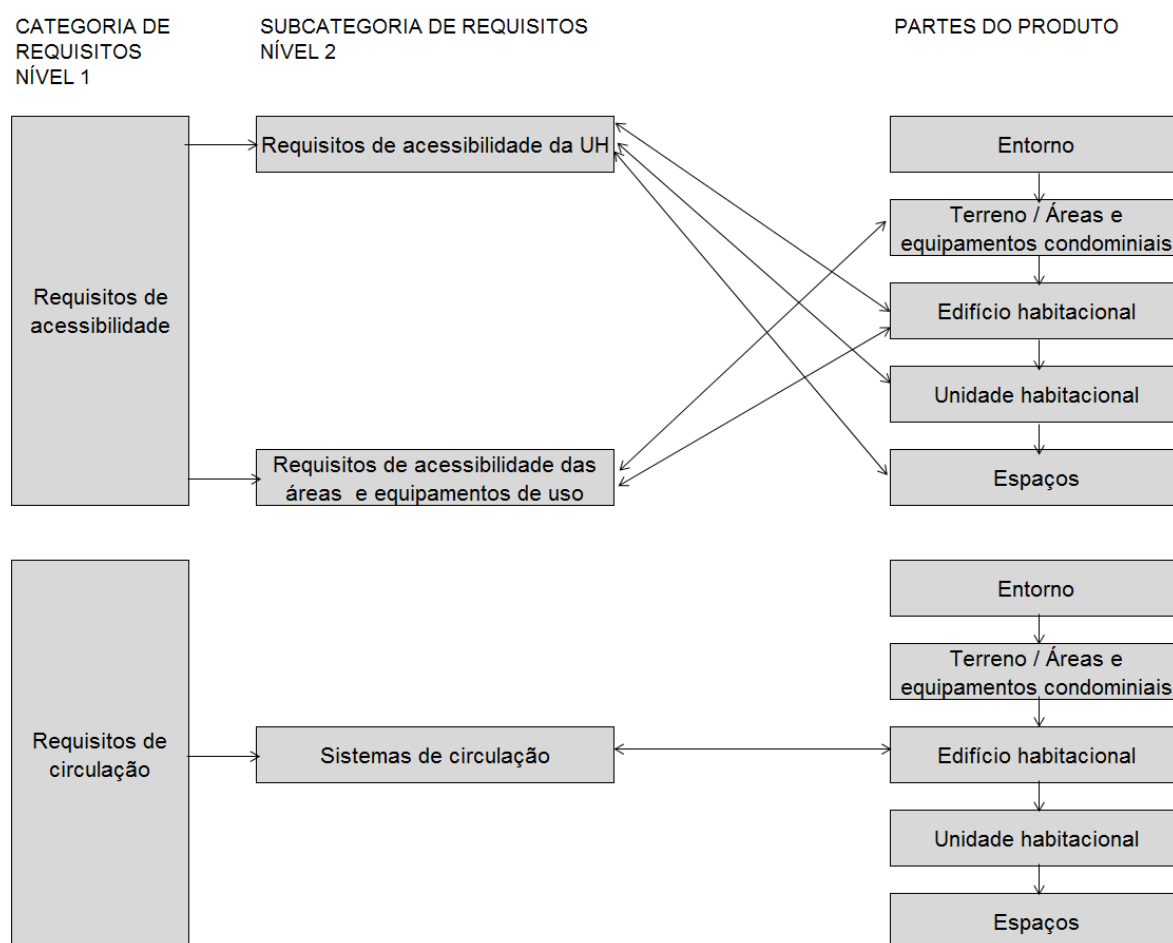
E.1 Requisitos para sistemas elétricos	E.1.1 Instalações elétricas	E.1.1.2 Requisitos para circuitos	Prever circuitos independentes para chuveiro (dimensionado para a potência usual do mercado local), tomadas, iluminação e para o ar condicionado. Prever colocação de legenda para os circuitos.	Unidade Habitacional			
			E.1.1.3 Sistema de comunicação	Instalar sistema de porteiro eletrônico.	Edifício Habitacional		
			E.1.1.4 Posição dos pontos elétricos	Tomadas baixas a 0,40 m do piso acabado, interruptores, interfones, campainha e outros a 1,00 m do piso acabado.	Unidade Habitacional	Guarita	Salão de festas
			E.1.1.5 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas	Previsão de para-raios	Edifício Habitacional		
E.2 Requisitos para sistemas hidrossanitários	E.2.1 Instalações hidrossanitárias	E.2.1.1 Instalação Hidrossanitária da UH	Prever solução para máquina de lavar roupas (hidráulica e de esgoto).	Serviço			
			Medição individual de água	Unidade Habitacional	Edifício Habitacional		

## **APÊNDICE C**

### **Relação entre requisitos e as partes do produto EHIS**







## **APÊNDICE D**

### **Verificação de requisitos com a utilização de ferramentas BIM**



CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV NÍVEL 4	VERIFICAÇÃO ATUAL	VERIFICAÇÃO FERRAMENTAS BIM
A.1 Requisitos gerais	A.1.1 Requisitos do empreendimento	A.1.1.1 Informações sobre Empreendimento	Nome do Empreendimento	Memorial descritivo	6
			Nome da Construtora / Incorporadora:	Memorial descritivo	6
			Responsável Técnico / projeto arquitetônico:	Memorial descritivo	6
			Tipo de Edificação:	Memorial descritivo	6
			Número de Blocos:	Memorial descritivo	6
			Número de Pavimentos:	Memorial descritivo	6
		Número de Apartamentos:	Memorial descritivo	6	
A.1.1.2 Requisitos para Tecnologias inovadoras	<p>Aceitáveis as tecnologias inovadoras testadas e aprovadas conforme a Norma de Desempenho - NBR-15.575 e homologadas pelo SINAT ou que comprovarem desempenho satisfatório junto à CAIXA.</p> <p>Deverão ser instaladas placas informativas nas edificações de empreendimentos em condomínios nos casos de utilização de alvenaria estrutural ou sistemas inovadores (deverá constar no orçamento)</p>	Memorial descritivo	6		
A.1.1.3 Requisitos para execução	Apresentar materiais que serão utilizados na obra com antecedência	Memorial descritivo	6		
A.1.1.4 Documentação	ART de projeto dos quesitos necessários à acessibilidade das unidades habitacionais	ART	3		
A.2 Requisitos de localização	A.2.2 Requisitos de Infraestrutura do empreendimento	A.2.2.1 Iluminação do terreno	Planta luminotécnica privilegiando eficiência energética	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
		A.2.2.2 Drenagem do terreno	Sistema de drenagem	Proj. de drenagem	2
		A.2.2.3 Abastecimento de gás	Medição individual de gás (não obrigatório para área metropolitana)	Memorial descritivo	2
		A.2.2.4 Abastecimento de água	Reservatório elevado de água potável	Memorial descritivo; Proj. Hidrossanitário	1
			Prever reservatório inferior com instalação de no mínimo 2 bombas de recalque com manobra simultânea	Memorial descritivo; Proj. Hidrossanitário	1
			Prever cercamento do reservatório inferior com proteção para as bombas	Memorial descritivo; Proj. Hidrossanitário	1
	A.2.2.5 Infraestrutura de esgoto	Solução de esgotamento sanitário	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	2	
	A.2.3 Requisitos de Infraestrutura pública	A.2.3.1 Rede Elétrica e Iluminação pública	Energia elétrica e iluminação pública	Viabilidade técnica de fornecimento de energia elétrica; Proj. Elétrico	3
		A.2.3.2 Infraestrutura pública da rede de esgoto	Esgotamento sanitário público	Declaração de viabilidade de esgoto	3
		A.2.3.3 Infra abastecimento de água	Sistema de abastecimento de água	Memorial descritivo; Proj. Hidrossanitário	3
		A.2.3.4 Pavimentação das vias públicas	Pavimentação das calçadas, guias, sarjetas	Memorial descritivo	6
	A.2.5 Requisitos de projeto para o terreno	A.2.5.1 Min espaços de estacionamento de bicicletas	Bicicletário	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
		A.2.5.2 Min espaços de estacionamento de motocicletas	Vagas para motos	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	4
		A.2.5.3 Min espaços de estacionamento de carros	Vagas de garagem conforme definido na legislação municipal	Proj. Arquitetônico	4
		A.2.5.4 Min área verde no terreno	Prever grama nas áreas não pavimentadas	Proj. Arquitetônico	1

1	Visualização do modelo no dRofus ou modelo
2	Visualização do modelo no Revit
3	Documentos: Laudos de Viabilidade técnica /
4	Verificação automática com dRofus
5	Verificação automática com Solibri Model
6	Informações na RDS (dRofus) ou informações no modelo do Revit

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV NÍVEL4	VERIFICAÇÃO ATUAL	VERIFICAÇÃO FERRAMENTAS BIM
A.3 Requisitos dos espaços I	A.3.1 Requisitos de funcionalidade dos espaços	A.3.1.1 Área mín. solicitada	Prever 0,5m² de área de salão de festas por unidade habitacional	Proj. Arquitetônico	4
			Apartamento: 39m² da UH	Proj. Arquitetônico	4
		A.3.1.2 Nº mín de espaços	Unidade habitacional com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço / banheiro.	Proj. Arquitetônico	1
			A.3.1.3 Dimensões mínimas	Edificações de até 3 pavimentos, distância entre blocos maior ou igual a 4,50 m.	Proj. Arquitetônico
		Edificações de 4 a 5 pavimentos, distância mínima entre blocos de 5,00 m.		Proj. Arquitetônico	5
		Edificações com mais de 5 pavimentos, distância entre blocos maior ou igual a 6,00 m.		Proj. Arquitetônico	5
		Largura mínima do banheiro 1,50 m		Proj. Arquitetônico	5
		Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40 m.		Proj. Arquitetônico	5
		Largura mínima da cozinha: 1,80 m.		Proj. Arquitetônico	5
		Dormitório solteiro: Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações mínimo de 0,50 m.		Proj. Arquitetônico	5
		Dormitório casal: Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.		Proj. Arquitetônico	5
		Box para chuveiro – 0,90 m x 0,95 m, desnível máx. 15 mm;		Proj. Arquitetônico	5
		Os blocos habitacionais não podem ultrapassar 65m de comprimento (exigência da Prefeitura Municipal de Caxias do Sul)			5
		A.3.1.4 Pé-direito	2,30 nos banheiros	Proj. Arquitetônico	4
			2,50m nos demais cômodos	Proj. Arquitetônico	4
		A.3.1.5 Mobília e equipamentos da UH	Sala: Sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.	Proj. Arquitetônico	4
			Dorm. Casal: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m).	Proj. Arquitetônico	4
			Dorm. Solteiro: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m).	Proj. Arquitetônico	4
			Serviço: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina (0,60 m x 0,65 m).	Proj. Arquitetônico	4
			Cozinha: Pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.	Proj. Arquitetônico	4
			Banheiro: 1 Lavatório, 1 vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, 1 chuveiro.	Proj. Arquitetônico	4
			A REDUR de Caxias do Sul exige que o banheiro de PNE deve-se manter o chuveiro e lavatório em uma mesma parede e bacia sanitária na parede oposta; no banheiro não adaptado o chuveiro, bacia sanitária e lavatório podem estar posicionados na mesma parede GIDUR – Porto Alegre exige que em todos os banheiros, inclusive os adaptados a PNE, o chuveiro deve ser projetado na parede oposta à bacia sanitária e lavatório	Proj. Arquitetônico	4
		A.3.1.6 Equipamentos de lazer / uso comunitário	60 UH ou mais- prever recursos de no mínimo 1% da soma dos custos de infra e edificações: Centro comunit.; espaço descoberto de lazer/recreação infantil; quadra de esportes.	Orçamento; Memorial descritivo;	1
			Planta de detalhamento dos bancos	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
			Guarita com banheiro	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
			Lixeiras	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
			Caixas de correspondência	Proj. Arquitetônico	1

1	Visualização do modelo no dRofus ou modelo
2	Visualização do modelo no Revit
3	Documentos: Laudos de Viabilidade técnica /
4	Verificação automática com dRofus
5	Verificação automática com Solibri Model
6	Informações na RDS (dRofus) ou informações no modelo do Revit

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV NÍVEL 4	VERIFICAÇÃO ATUAL	VERIFICAÇÃO FERRAMENTAS BIM
A.3 Requisitos dos espaços II	A.3.2 Requisitos de qualidade da construção e acabamentos	A.3.2.1 Paredes	Revestimento externo: Massa única ou concreto regularizado para pintura. Tinta acrílica ou textura impermeável ou elastomérica	Memorial descritivo	6
			Revestimento interno áreas secas: Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura. Tinta PVA	Memorial descritivo	6
			Revestimento interno áreas molhadas: Azulejo com altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço. Tinta acrílica	Memorial descritivo	6
			Reforço estrutural nas paredes da cozinha e do banheiro para possibilitar mudanças de altura do reservatório e da bancada da pia (solicitar declaração do projetista)	Memorial descritivo; Proj. Estrutural	6
		A.3.2.2 Superfície do piso	Piso no poço de luz e Prever drenagem no poço de luz	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	6
			Cerâmica em toda a unidade, com rodapé, e desnível máximo de 15mm.	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	6
			Cerâmica no hall, nas áreas de circulação internas, guarita e salão de festas.	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	6
			Cimentado alisado nas escadas.	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	6
			Impermeabilização em todo banheiro, reservatórios, hall de entrada	Memorial descritivo	6
			Calçada perimétrica em concreto de 0,50m de largura ao redor da edificação para proteção da alvenaria externa	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5
		A.3.2.3 Acabamento do teto	Laje regularizada com massa única, gesso, textura ou concreto. Tinta PVA nas áreas secas	Memorial descritivo	6
			Laje regularizada com massa única, gesso, textura ou concreto. Tinta acrílica nas áreas molhadas.	Memorial descritivo	6
			Previsão de laje na guarita	Memorial descritivo	1
		A.3.2.4 Acabamento das Portas	Maçanetas de alavanca a 1,00 m do piso.	Memorial descritivo	5
			Portas internas em madeira; Pintura: esmalte ou verniz.	Memorial descritivo	6
			Porta acesso à unidade ou de acesso ao Edifício habitacional - metálica ou madeira	Memorial descritivo	6
			Batente em madeira desde que possibilite a inversão do sentido de abertura das portas.	Memorial descritivo	6
			Marco inteiro na porta	Memorial descritivo	6
			Para Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, a porta de acesso às unidades habitacionais deve ter largura mínima de 90cm; Para Prefeitura Municipal de Canoas, a porta de acesso às unidades habitacionais deve ter largura mínima de 80cm	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5
		A.3.2.5 Acabamento das Janelas	Completa, de alumínio para regiões litorâneas ou meios agressivos	Memorial descritivo	6
			Vão de 1,50 m <sup>2</sup> nos quartos, sendo admissível uma variação de até 5%.	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5
			Vão de 2,00 m <sup>2</sup> na sala, sendo admissível uma variação de até 5%.	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5
		A.3.2.6 Acabamento louças e metais	Tanque com capacidade mín. de 20 l, de concreto pré-moldado, PVC, granilite ou mármore sintético. Torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta.	Memorial descritivo	6
			Cozinha: Bancada de granilite ou mármore sintético com cuba. Torneira metálica cromada, registro de alavanca ou cruzeta	Memorial descritivo	6
			Vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, em louça. Torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta. Lavatório tamanho médio	Memorial descritivo	6
		A.3.2.7 Cobertura	Sobre laje, em telha cerâmica ou de fibrocimento (espessura mínima de 6 mm), com estrutura de madeira ou metálica. Admite-se laje inclinada desde que coberta com telhas.	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	6
			Beiral de 40 cm	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5
			Prever cobertura para a porta de entrada do bloco	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
			Tela passarinheira	Memorial descritivo	6
		A.3.2.8 Supraestrutura	Prever solução para encontro das lajes (PVC, etc)	Memorial descritivo	6
			Previsão de EPS ou solução similar no último pavimento no encontro de laje/parede	Memorial descritivo	6
		A.3.2.9 Fundações	Nateamento da viga de fundação	Memorial descritivo	6

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL 3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV NÍVEL 4	VERIFICAÇÃO ATUAL	VERIFICAÇÃO FERRAMENTAS BIM
B.3 Requisitos de Segurança	B.3.1 Segurança no terreno	B.3.1.1 Proteção da área do condomínio	Alambrado com baldrame e altura mínima de 1,80 m no entorno do condomínio	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
B.4 Requisitos estéticos	B.4.1 Requisitos visuais	B.4.1.1 Aparência estética	Prever local onde será colocado o nome do empreendimento	Memorial Descritivo; Proj. Arquitetônico	1
B.5 Requisitos de acessibilidade	B.5.1 Requisitos de acessibilidade da UH	B.5.1.1 Acessibilidade do PNE ao banheiro	Assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box.	Proj. Arquitetônico	5
			Barras de apoio e acento para banho. Vaso sanitário adaptado elevado. Caixa de descarga acoplada, também em louça. Puxador de descarga adaptado. Torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta. Lavatório sem coluna tamanho médio	Memorial descritivo	4
		B.5.1.2 Acessibilidade das portas	Não ter degraus nas portas	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5
			Vão livre de 0,80 m x 2,10 m em todas as portas. Previsão de área de aproximação para cadeirante para abertura das portas (0,60 m interno e 0,30 m externo).	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5
			Espaço livre de obstáculos em frente às portas de no mínimo 1,20 m.	Proj. Arquitetônico	5
		B.5.1.3 Acesso aos espaços da UH	Planta mobiliada com espaço para cadeira de rodas	Proj. Arquitetônico	1
	Deve ser possível inscrever, em todos os cômodos, o módulo de manobra sem deslocamento para rotação de 180° definido pela NBR 9050 (1,20 m x 1,50 m), livre de obstáculos.		Proj. Arquitetônico	5	
	B.5.1.4 N° mín. de unidades adaptadas	Disponibilizar unidades adaptadas ao uso por PNE e idosos, de acordo com a demanda, com kits específicos devidamente definidos. Na ausência de legislação municipal ou estadual disponibilizar no mínimo 3% das UH.	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1	
	B.5.2 Requisitos de acessibilidade das áreas e equipamentos de uso comum	B.5.2.1 Acessibilidade de PNE às áreas e espaços de uso comum	Deverá ser garantida a rota acessível em todas as áreas públicas e de uso comum no empreendimento (Recomendações na Cartilha de Acessibilidade a Edificações e Espaços e Equipamentos Urbanos CAIXA).	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1
			Calçadas: Largura mínima de 0,90 m livre	Proj. Arquitetônico	5
			Não ter degraus nas portas	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	5
			Salão de festas com banheiros adaptados a PNE	Memorial descritivo; Proj. Arquitetônico	1

1	Visualização do modelo no dRofus ou modelo
2	Visualização do modelo no Revit
3	Documentos: Laudos de Viabilidade técnica /
4	Verificação automática com dRofus
5	Verificação automática com Solibri Model
6	Informações na RDS (dRofus) ou informações no modelo do Revit

CATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 1	SUBCATEGORIA DE REQUISITOS NÍVEL 2	REQUISITOS / ATRIBUTOS NÍVEL3	ATRIBUTOS / ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PMCMV NÍVEL4	VERIFICAÇÃO ATUAL	VERIFICAÇÃO FERRAMENTAS BIM
B.6 Requisitos de circulação	B.6.1 Sistemas de circulação	B.6.1.1 Requisitos para elevador	Para edificação acima de dois pavimentos, deve ser previsto e indicado na planta o espaço destinado ao elevador e informado no manual do proprietário. O espaço deve permitir a execução e instalação futura do elevador. Não é necessária nenhuma obra física para este fim. No caso, do espaço previsto para futura instalação do elevador, estar no interior da edificação, a estrutura deverá ser executada para suportar as cargas de instalação e operação do equipamento.	Proj. Arquitetônico	1
E.1 Requisitos para sistemas elétricos	E.1.1 Instalações elétricas	E.1.1.1 Pontos elétricos, tomadas e sistema de comunicação dos espaços	Sala: 2 tomadas; 1 ponto de telefone com enfiamento; 1 de campainha; 1 ponto de antena; 1 ponto de interfone	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	4
			Cozinha: 4 tomadas	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	4
			Área de serviço: 2 tomadas; Prever tomada para máquina de lavar roupas	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	4
			Dormitório casal: 2 tomadas	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	4
			Dormitório solteiro: 2 tomadas	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	4
			Banheiro: 1 tomada, 1 tomada para chuveiro elétrico	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	4
		E.1.1.2 Requisitos para circuitos	Prever circuitos independentes para chuveiro (dimensionado para a potência usual do mercado local), tomadas, iluminação e para o ar condicionado. Prever colocação de legenda para os circuitos.	Memorial descritivo	6
E.1.1.3 Sistema de comunicação	Instalar sistema de porteiro eletrônico.	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	6		
E.1.1.4 Posição dos pontos elétricos	Tomadas baixas a 0,40 m do piso acabado, interruptores, interfones, campainha e outros a 1,00 m do piso acabado.	Memorial descritivo; Proj. Elétrico	5		
E.1.1.5 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas	Previsão de para-raios	Memorial descritivo; projeto de proteção Contra Incêndio (PPCI)	6		
E.2 Requisitos para sistemas hidrossanitários	E.2.1 Instalações hidrossanitárias	E.2.1.1 Instalação Hidrossanitária da UH	Prever solução para máquina de lavar roupas (hidráulica e de esgoto).	Memorial descritivo; Proj. Hidrossanitário	4
			Medição individual de água	Memorial descritivo; Proj. Hidrossanitário	4

1	Visualização do modelo no dRofus ou modelo
2	Visualização do modelo no Revit
3	Documentos: Laudos de Viabilidade técnica /
4	Verificação automática com dRofus
5	Verificação automática com Solibri Model
6	Informações na RDS (dRofus) ou informações no modelo do Revit