



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

FLÁVIO AKIHIRO TAKAHASHI

**DESIGN ASSOCIATIVO:**  
ANÁLISE DA TOPOGRAFIA NO TRAÇADO DE VIAS E  
QUADRAS

FLÁVIO AKIHIRO TAKAHASHI

**DESIGN ASSOCIATIVO:**  
ANÁLISE DA TOPOGRAFIA NO TRAÇADO DE VIAS E  
QUADRAS

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO, no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina, área de concentração Metodologia de Projeto.

Orientadora: Profa. Dra. Ercilia Hitomi Hirota  
Co-orientador: Prof. Dr. Rovenir Bertola Duarte

Londrina  
2017

**FLÁVIO AKIHIRO TAKAHASHI**

**DESIGN ASSOCIATIVO: ANÁLISE DA TOPOGRAFIA NO TRAÇADO  
DE VIAS E QUADRAS**

Dissertação apresentada ao Programa Associado de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração em Metodologia de Projeto, da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Dra. Ercilia Hitomi Hirota  
Co-orientador: Prof. Dr. Rovenir Bertola Duarte


Data de Aprovação: Londrina, 26 de Julho de 2017.

**BANCA EXAMINADORA**




---

Prof. Dr. Rovenir Bertola Duarte (Co-Orientador)  
Universidade Estadual de Londrina - UEL



---

Prof. Dr. Wilson Florio  
PPGAU FAU Mackenzie / IA-UNICAMP



---

Prof. Dr. Sidnei Junior Guadanhim  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ercilia Hitomi Hirota, cuja dedicação e empenho no acompanhamento e reflexões na pesquisa foram essenciais para realização desta dissertação. Além das oportunidades únicas junto ao grupo de pesquisa ZEMCH que permitiu conhecer lugares, pessoas e experiências que me fizeram crescer como pesquisador e como pessoa.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Rovenir Bertola Duarte, pelo apoio e contribuição para melhor compreensão sobre o tema e também por compartilhar além de conhecimento, experiências próprias que me encorajou e me deu forças para conclusão deste trabalho.

Aos professores da banca, Prof. Dr. Wilson Florio e Prof. Dr. Sidnei Junior Guadanhim, pelas excelentes contribuições que ajudaram na delimitação e organização do trabalho.

A todos os professores do Programa associado de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá, por compartilharem conhecimento e fomentarem a discussão.

Aos colegas mestrandos pela convivência, mesmo esporádica, mas harmoniosa e divertida: mesmo com temas tão diversos, pudemos compartilhar das angústias e alegrias nesse período.

Ao Haroldo Yamaguti pela disponibilidade de material, tempo e experiência profissional, que foi essencial para o trabalho.

Ao estimado colega e amigo André Silvestri e sua esposa Cristiane Cavalheiro, pelo suporte, compreensão, incentivo e sobretudo inspiração para seguir por esse caminho.

A todos amigos, familiares, colegas docentes, colegas de escritório, que torceram por mim e de certa forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

TAKAHASHI, Flávio Akihiro. **Design Associativo como instrumento para visualização da interação de requisitos na concepção de projetos de EHIS.** 2017. 97f. Dissertação. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração em Metodologia de Projeto – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## RESUMO

Esta dissertação aborda a utilização de técnicas de meios digitais para visualização de dados relativos a requisitos de projeto para auxiliar na tomada de decisões e resoluções de problemas de projeto, mais especificamente a utilização do design associativo de empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS). O objetivo do trabalho é propor um modelo associativo a partir de requisitos normativos e de usuários, utilizado como instrumento de visualização das relações entre parâmetros suas variáveis e restrições de custo, topografia e sistema viário. Com base em uma revisão bibliográfica, determinou-se a utilização de técnicas de design associativo para auxiliar o pensamento visual para a resolução de problemas de projeto. Para aplicação e criação do modelo, foi definido um objeto de estudo exploratório para o qual foram estabelecidos os parâmetros, variáveis e restrições, a partir de diretrizes qualitativas e legislação. O modelo criado possibilita a análise da topografia de um terreno para utilizar dados de declividade na viabilidade do empreendimento, além de agilizar o estudo de propostas de vias e permitir modificações com feedback em tempo real. O estudo conclui pela viabilidade da utilização de sistemas associativos, para aumentar a eficiência do projeto de EHIS, em especial na viabilidade e concepção do projeto.

**Palavras-chave:** Metodologia de projeto. Design Digital. Design Associativo. Parametrização. Empreendimentos habitacionais de interesse social.

TAKAHASHI, Flávio Akihiro. **Associative Design as an instrument for the visualization of the requirements interaction in the conceptualization of social housing developments**. 2017. 97p. Dissertation (Master's Degree Dissetation). Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração em Metodologia de Projeto – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## **ABSTRACT**

This dissertation addresses the use of digital media techniques for data visualization related to design requirements in order to assist in decision making and resolution of design problems, specifically the use of associative design of social housing developments. The goal of this work is to come up with an associative model based on normative and user requirements, used as a display of the relations between parameters, its variables and restrictions of cost, topography and road system. Based on a literature review, associative design techniques was used to aid visual thinking in solving design problems. To apply these techniques and creation of the model, an exploratory study object was defined, and based on qualitative guidelines and legislation, parameters, variables and constraints were established. The model allows the topography analysis of the subject site, and use the slope data in the feasibility study. In addition, it speed up the study of alternatives to dispose roads and allows modifications with real time feedback. The proposed model endorses the use of associative systems to improve the design quality, especially in the feasibility and design of social interest housing projects.

**Key words:** Design Method. Digital Design. Associative Design. Parametrization. Social housing developments.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	– Curva de Esforço e Efeito / Tempo .....	14
<b>Figura 2</b>	– Processo de Projeto .....	20
<b>Figura 3</b>	– Classificação do Design Digital .....	30
<b>Figura 4</b>	– Legenda dos modelos de Design Digital .....	32
<b>Figura 5</b>	– Modelo de Formação Digital .....	32
<b>Figura 6</b>	– Exemplo de uma programação visual .....	38
<b>Figura 7</b>	– Exemplo de programação textual .....	39
<b>Figura 8</b>	– Resultado gráfico .....	39
<b>Figura 9</b>	– Softwares a serem utilizados .....	40
<b>Figura 10</b>	– Estrutura do processo .....	43
<b>Figura 11</b>	– Estrutura do processo de criação do modelo .....	44
<b>Figura 12</b>	– Delineamento da pesquisa.....	49
<b>Figura 13</b>	– Topografia, dimensões e perfis do terreno .....	52
<b>Figura 14</b>	– Mapeamento de requisitos para EHIS .....	58
<b>Figura 15</b>	– Restrições e Parâmetros variáveis .....	59
<b>Figura 16</b>	– Lançamento de restrições .....	65
<b>Figura 17</b>	– Preparação de dados topográficos .....	69
<b>Figura 18</b>	– Primeiro algoritmo para avaliação da topografia .....	70
<b>Figura 19</b>	– Algoritmo para avaliação da topografia por intervalo de inclinação .....	72
<b>Figura 20</b>	– Resultado visual do algoritmo .....	73
<b>Figura 21</b>	– Composição com todos os intervalos de inclinação .....	74
<b>Figura 22</b>	– Gráfico gerado a partir da análise de inclinação do terreno .....	75
<b>Figura 23</b>	– Projeto existente .....	77
<b>Figura 24</b>	– Algoritmo para cálculo da inclinação das vias .....	78
<b>Figura 25</b>	– Teste para validação de valores .....	79
<b>Figura 26</b>	– Resultado Visual .....	80
<b>Figura 27</b>	– Gráfico resultante dos dados da tabela 7 .....	81
<b>Figura 28</b>	– Algoritmo que relaciona comprimento e largura de um lote .....	82
<b>Figura 29</b>	– Lançamento de vias .....	83
<b>Figura 30</b>	– Resultado visual da modificação .....	84
<b>Figura 31</b>	– Gráfico resultante dos dados da tabela 8.....	85

<b>Figura 32</b> – Modificação das vias com atualização automática dos resultados .....	86
<b>Figura 33</b> – Panorama geral do primeiro modelo para avaliação da topografia .....	89
<b>Figura 34</b> – Panorama geral do primeiro modelo para avaliação da Vias .....	79
<b>Figura 35</b> – Estrutura final do processo para criação do modelo .....	90

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Modelos Metodológicos do Design Digital segundo Oxman (2005) .....	28
<b>Tabela 2</b> – Diretrizes qualitativas .....	53
<b>Tabela 3</b> – Requisitos de Leis Municipais .....	55
<b>Tabela 4</b> – Restrições .....	63
<b>Tabela 5</b> – Parâmetros que auxiliaram no lançamento das vias .....	65
<b>Tabela 6</b> – Parâmetros utilizados para desenvolvimento dos modelos .....	66
<b>Tabela 7</b> – Dados exportados para planilha .....	79
<b>Tabela 8</b> – Dados exportados para planilha e atualizados automaticamente ....	83

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAD	Algorithm Aided Architectural Design
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BIM	Building Information Modeling
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAAD	Computer-Aided Architectural Design
CAD	Computer-Aided Design
CNC	Computer Numerical Control
DSR	Design Science Research
EHIS	Empreendimento Habitacional de Interesse Social
HAS	Housign Agency System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
NURBS	Non-Uniform Rational Basis Spline
OSM	Open Street Map
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
UH	Unidade habitacional
ZEMCH	Zero Energy Mass Custom Home

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1.	PROBLEMA DE PESQUISA .....	12
1.2.	QUESTÕES DE PESQUISA .....	16
1.3.	OBJETIVOS .....	17
2.	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	19
2.1.	PROCESSO DE PROJETO .....	19
2.2.	VISUAL THINKING .....	23
2.3.	DESIGN DIGITAL.....	25
2.3.1.	Design Associativo .....	31
2.3.2.	Tecnologias e Ferramentas para Aplicação de Sistemas Associativos ....	34
2.3.3.	Sistemas Associativos no Processo de Projeto .....	40
2.3.4.	Exemplos de Implementação de Processos Associativos .....	42
2.4.	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	44
3.	<b>MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	47
3.1.	PESQUISA CONSTRUTIVA / DESIGN SCIENCE RESEARCH.....	47
3.2.	DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	48
3.3.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	50
3.4.	INFORMAÇÕES DO EHIS .....	51
3.4.1.	LOCAL .....	51
3.5.	COLETA E ANÁLISE DE DADOS SECUNDÁRIOS .....	51
3.5.1.	Custo de Infraestrutura Urbana .....	51
3.5.2.	Diretrizes Qualitativas .....	53
3.5.3.	Legislação .....	55
3.5.4.	Organização das Informações para Elaboração do Modelo .....	57
3.6.	ELABORAÇÃO DO MODELO .....	60
3.7.	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	61
4.	<b>ELABORAÇÃO DO MODELO</b> .....	63
4.1.	DEFINIÇÃO DO CONJUNTO DE RESTRIÇÕES .....	63
4.2.	DEFINIÇÃO DO CONJUNTO DE PARÂMETROS E VARIÁVEIS .....	66

4.3.	MODELOS ASSOCIATIVOS .....	67
4.3.1.	Modelo de Análise de Topografia para Viabilidade Técnica .....	68
4.3.2.	Modelo para Visualização da Relação das vias com a Topografia.....	76
5.	<b>AVALIAÇÃO DO MODELO E DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS: RESULTADOS .....</b>	<b>87</b>
6.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>93</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>97</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Na década de 1990, Gross (1994) discorreu sobre o impacto do computador na prática, ensino e pesquisa do design, e seu papel como meio de representação, visualização, organização de dados e resgate de informação que apoia e coordena a tomada de decisões. Destacou também seu papel como ferramenta que suporta análises e tomada de decisões, automação e simulação de processos naturais e comportamento humano; e ainda como dispositivo de modelagem e gerenciamento do processo de design.

Mas, segundo Meredith<sup>1</sup> (2008), a produção arquitetônica tem sido mal sucedida em implementar e utilizar-se dos avanços tecnológicos adotados na área do design e em outros setores como as indústrias automotiva e aeronáutica. Nesses setores, os avanços na integração de tecnologias computacionais com o design fizeram surgir o conceito reconhecido como Design Digital, que promove a antítese da padronização e do conhecimento baseado em tipologia (OXMAN 2005). Meredith (2008) apresenta como causas dessa defasagem tecnológica na arquitetura a inércia de uma indústria da construção que emprega, predominantemente, tecnologias centenárias, um mercado imobiliário que evita riscos (frequentemente representados pela inovação) e o peso de considerações históricas e semânticas na evolução da disciplina. Meredith (2008) diz que devido a isso o primeiro impacto significativo do computador na arquitetura foi mais uma pesquisa formal e estilística do que uma exploração da capacidade das novas tecnologias, que ligam a informação com a matéria, de definirem a maneira com que arquitetura possa ser concebida e produzida.

No contexto do design digital, o design associativo, que é baseado em técnicas de design paramétrico, vem sendo apontado como uma alternativa para o desenvolvimento de projetos com processamento de grande volume de informação. Em design paramétrico as relações entre objetos são explicitamente descritas, estabelecendo interdependências entre os objetos, o que implica em que

---

<sup>1</sup> Fundador e diretor do escritório de arquitetura MOS Architects foi professor na Harvard University Graduate School of Design, Universidade de Michigan, Universidade de Toronto e atualmente é professor assistente na Universidade de Princeton

as mudanças de valores em determinado parâmetro gerem múltiplas variações enquanto mantém as condicionantes das relações topológicas (OXMAN 2005).

Neste trabalho, analisa-se o uso de ferramentas de design associativos na etapa inicial de concepção de projeto de empreendimento habitacional de interesse social (EHIS), na qual as informações disponíveis são menos precisas, mais abrangentes e menos organizadas. Também foi analisada a inclusão, nesta etapa, de elementos normalmente avaliados de maneira superficial e intuitiva, como custos e topografia, a partir de dados secundários organizados, hierarquizados e transformados em parâmetros no modelo.

A aplicação dessas ferramentas foi feita com uso de um modelo paramétrico que auxilia na visualização de dados e na exploração de soluções para tomada de decisões no desenvolvimento do projeto de um EHIS, no caso, o parcelamento do solo de área destinada a habitações unifamiliares. E esse modelo foi desenvolvido e testado como um artefato, de acordo com a metodologia do Design Science Research (DSR).

### 1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

A definição do problema de pesquisa envolveu a consideração de diversas vertentes: o aumento da complexidade nos projetos, a importância da etapa de concepção do projeto, as ferramentas e tecnologias disponíveis e, por fim, o objeto de estudo – empreendimento habitacional de interesse social.

Alexander (1973) destaca que existe um limite na capacidade cognitiva e criativa, assim como existem limites na capacidade do homem de resolver problemas aritméticos. Neste caso, o uso de ferramentas e convenções propiciam uma maior clareza para análise de problemas impossíveis de serem solucionados mentalmente, mas que em relação a problemas cognitivos e criativos, partimos para uma abordagem superficial e intuitiva.

Para Gross (1985), já no fim da década de 70, várias disciplinas de projeto se aproximavam de uma “barreira de complexidade”, em que métodos tradicionais falharam em produzir soluções aceitáveis, e sugere a utilização de métodos sistemáticos de design, propondo uma estrutura teórica que considera o

design como a exploração de restrições e alternativas que é implementada com auxílio do computador.

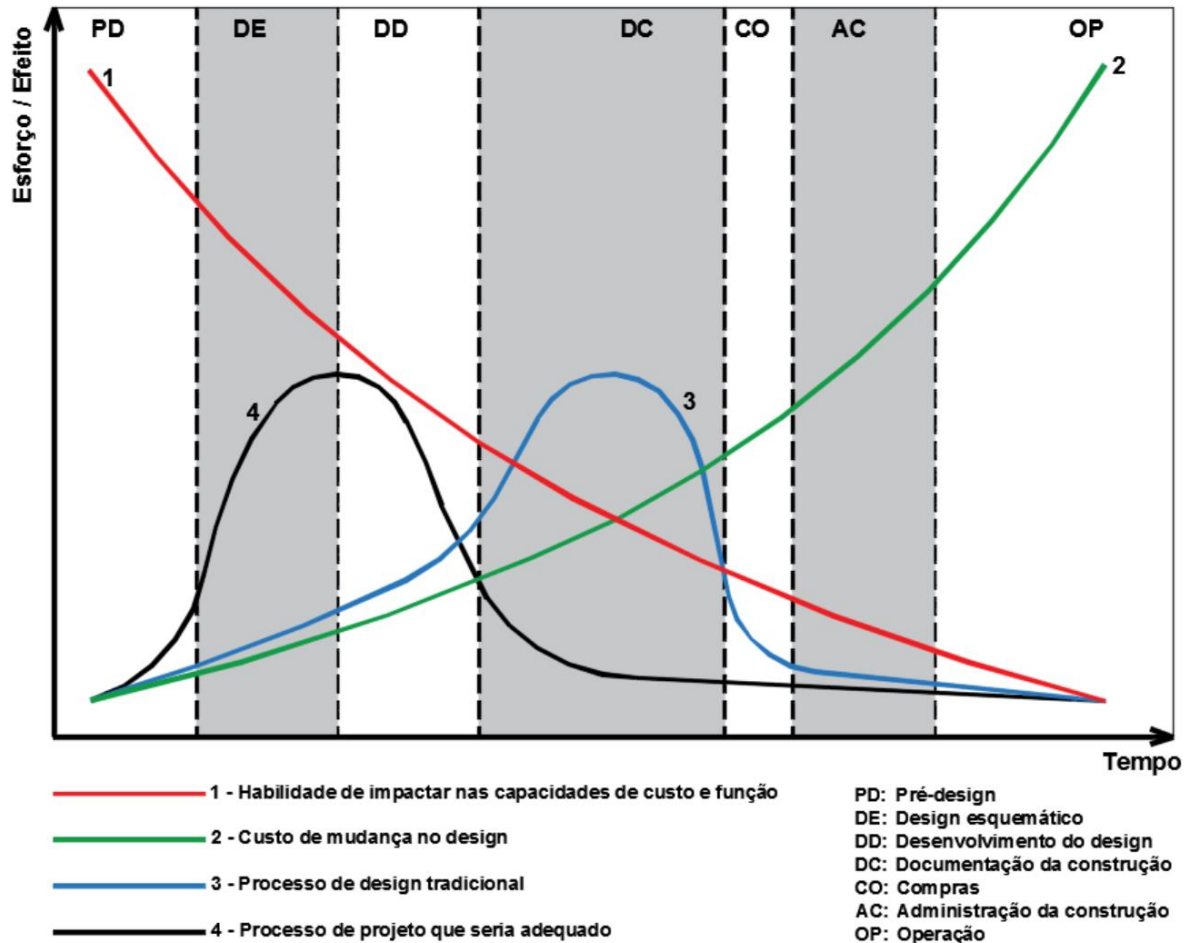
Segundo Tzortzopoulos (1999) a complexidade no desenvolvimento de projetos de edificações aumenta em decorrência da demanda dos clientes, e do desenvolvimento de novos materiais e tecnologias. Cada novo projeto tem particularidades técnicas e econômicas específicas que limitam o desenvolvimento do empreendimento e muitas vezes experiências prévias dos projetistas não cobrem aspectos particulares que o cliente vê como imperativos. Florio (2007) destaca outros fatores que afetam a complexidade no desenvolvimento de projetos: a habilidade do projetista em interpretar informações e requisitos, e a necessidade de maior precisão decorrente do uso cada vez maior de componentes manufaturados na produção de edificações.

Na etapa de concepção do projeto, em que forma, funcionalidade e métodos de construção são definidos, Tzortzopoulos (1999) observa que agentes promotores e projetistas normalmente trabalham com um número bastante restrito de informações fazendo com que a variabilidade e incertezas inerentes ao processo de projeto aumentem.

Gerber e Lin (2014) ressaltam que enquanto tem se estabelecido que o desempenho dos edifícios é fortemente impactado por decisões de projeto tomadas nos primeiros estágios do processo de projeto, os profissionais de design não conseguem explorar alternativas de projeto e seus impactos de maneira adequada durante esses estágios. Segundo Gerber e Lin (2014) alguns problemas que contribuem para isso são as limitações na organização e visualização de dados, falta de interoperabilidade de ferramentas entre áreas específicas e o longo tempo de análise de possíveis soluções e alternativas de projeto.

Decisões de design no início do processo podem agregar valor com relativamente baixo esforço (Figura 1). Por isso é importante investigar quais são os suportes necessários para decisões nessas fases iniciais para evitar mudanças em etapas avançadas do processo de design (MUELLER 2009).

**Figura 1 – Curva de Esforço e Efeito / Tempo**



**Fonte:** Traduzido e adaptado de CURT (2004, p.4, apud MUELLER, 2009, p.105).

Na construção civil, os sistemas paramétricos têm sido aplicados por meio da plataforma BIM (Building Information Modeling), que é, segundo Eastman et al.(2008), utilizada na produção, comunicação e análise dos modelos de construção. Mas, como dizem Andrade e Ruschel (2011), a maioria dos softwares de modelagem da plataforma BIM não são eficazes na etapa de concepção, pois a modelagem nesses softwares requer parâmetros que, na maioria das vezes, não foram ainda definidos neste estágio do processo de projeto. Existe, portanto, um problema real, com o qual os profissionais de mercado se deparam e necessitam de soluções, o que caracteriza problema de pesquisa no âmbito do Design Science Research (VAN AKEN, 2004).

O objetivo do DSR é desenvolver conhecimento científico, na forma de prescrições, para resolver problemas. Para tanto, se faz necessário o desenvolvimento de artefatos, que constituem o que Van Aken (2004) denomina “regras tecnológicas”. O artefato desenvolvido nesta pesquisa foi um modelo, e para sua construção foi necessário definir um objeto de estudo com um volume de informações disponíveis que demonstrem a complexidade na etapa de concepção do projeto.

Empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS) têm sido tema recorrente em diversas pesquisas e alvo de questionamentos quanto a sua qualidade, em um contexto de falta de recursos e alta demanda. Além das edificações, o parcelamento do solo com a configuração de vias, lotes e áreas públicas tem grande importância, como descritos por Ayoub (2014), Shigueharu (2015), Vicentim (2015), Logsdon (2012) e Pompermayer (2016), tanto para qualidade do empreendimento, sob o ponto de vista de seus usuários, como para limitações impostas no projeto das edificações, como orientação e geometria dos lotes.

Para Aragão (2014), atender a demanda por habitações para uma população de baixíssima renda exige o equacionamento de quantidade, escassez de recursos e qualidade. Os EHIS, em especial aqueles destinados à faixa da população de menor renda, são desenvolvidos com recursos de programas governamentais. Atualmente, encontra-se em vigor o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), que estabelece financiamentos e subsídios de acordo com a faixa de renda do morador. O estudo desenvolvido por Aragão (2014) tinha como objeto um empreendimento da faixa 1 do programa, destinado a famílias com renda de até R\$1800,00 com subsídio de até 90% do valor do imóvel. O PMCMV estabelece valores de financiamento máximos por unidade habitacional a ser instalada no EHIS, em função do porte e região a que pertence o município, independentemente da área construída, características ou especulação imobiliária.

Em decorrência desse valor de financiamento máximo por unidade habitacional, independentemente do tamanho da unidade e do seu respectivo terreno, não há competitividade no mercado: a prática tem sido de desenvolvimento do maior número possível de unidades habitacionais em terreno com menor preço

disponível. Pelo levantamento realizado por Aragão (2014), a composição de custos de EHIS é distribuído em 15% para aquisição, registro e legalização do terreno, 16% para execução de infraestrutura podendo este, ser acrescido de parte de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) que inclui riscos do empreendimento e que podem chegar a 18%.

Diferentemente do mercado imobiliário convencional onde o preço do imóvel resulta da especulação da metragem quadrada em conjunto do potencial máximo permitido no lote, no empreendimento estudado o preço da unidade habitacional é fixo, não importa sua área ou local.

A topografia é um elemento que impacta diretamente nos custos do empreendimento, pois terrenos com inclinação acentuada elevam os custos de terraplanagem e infraestrutura. Desta forma, a avaliação da topografia é essencial para escolha do terreno e lançamento do parcelamento do solo.

Outro elemento particular do terreno é o sistema viário que é definido pelo seu entorno (PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA 2015) e sua configuração determina como será manejada a terraplanagem da área já que os perímetros das quadras são traçados pelas vias em seu entorno e, conseqüentemente, definem desníveis entre lotes. Além disso, as vias definem toda infraestrutura urbana necessária para o empreendimento e seus usuários. Os custos relativos à aquisição do terreno e execução desta infraestrutura em EHIS pode consumir um volume significativo dos recursos disponíveis para o empreendimento, no Programa Minha Casa Minha Vida. No estudo de caso desenvolvido por Aragão (2014) esses itens corresponderam a cerca de 25% do valor total do financiamento.

Então, define-se como problema de pesquisa a dificuldade na análise e visualização das condições topográficas do terreno como suporte para decisões no início do processo de projeto de empreendimentos habitacionais de interesse social.

## 1.2. QUESTÕES DE PESQUISA

A questão principal de pesquisa deste trabalho é:

**Como técnicas e ferramentas de design associativo podem auxiliar na visualização das interações entre parâmetros, para facilitar a**

## tomada de decisões nas etapas iniciais de projeto de parcelamento de solo urbano?

Da questão principal surgiram outras questões secundárias:

- Que tipo de dados não são efetivamente utilizados na fase de concepção? As técnicas e ferramentas poderiam incorporá-los?
- Quais as contribuições e limitações do uso de sistemas associativos na etapa de concepção de projetos de parcelamento do solo?
- Quais são os requisitos disponíveis nessa etapa? Existe uma hierarquia de implementação desses requisitos?
- A utilização do modelo criado pode gerar resultados que auxiliam na tomada de decisões?

### 1.3. OBJETIVOS

#### **Principal:**

Propor um modelo associativo a partir de requisitos normativos e de usuários, utilizando-o como **instrumento de visualização** das relações entre parâmetros, suas variáveis e restrições para auxiliar na tomada de decisões, e de monitoramento de dados quantitativos para dar suporte a estimativas de custo e comparação de cenários diferentes.

#### **Específicos:**

- Caracterizar decisões tomadas na etapa de concepção de projetos de parcelamento do solo;
- Identificar contribuições e limitações do uso de sistemas associativos na etapa de concepção de projetos de parcelamento do solo;

- Mapear e organizar requisitos disponíveis na etapa de concepção (usuário, normas, legislação);
- Avaliar o uso de ferramentas e técnicas de projeto associativo por meio de exercício de projeto de EHIS.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Processo de projeto deve ser visto como um processo integrado, no qual cada profissional, em sua especialidade, contribui para o todo, e não como uma sequência de etapas isoladas e sequenciais. Tendo isso em mente, a divisão em etapas busca explicitar as atividades relacionadas ao projeto, sua melhor compreensão e simplificação (TZORTZOPOULOS 1999).

O trabalho irá focar nas atividades desenvolvidas na etapa de concepção do projeto de parcelamento do solo. A fase de concepção de projeto parte da definição dos problemas de projeto com o início da solução dos mesmos (PENÃ e PARSHALL, 2001), ou do programa de necessidades (LAWSON 2011). Ou seja, consiste nas primeiras tentativas de síntese e avaliação com base nos problemas de projeto definidos até então.

Este capítulo aborda, primeiramente, o processo de projeto definindo suas características, problemas e etapas, dando ênfase à etapa de problematização, foco do problema de pesquisa, e como o pensamento visual auxilia no desenvolvimento do projeto. Em seguida, discute-se o projeto associativo, definições e seu contexto na arquitetura digital, métodos existentes e possibilidades de aplicação na pesquisa.

### 2.1. PROCESSO DE PROJETO

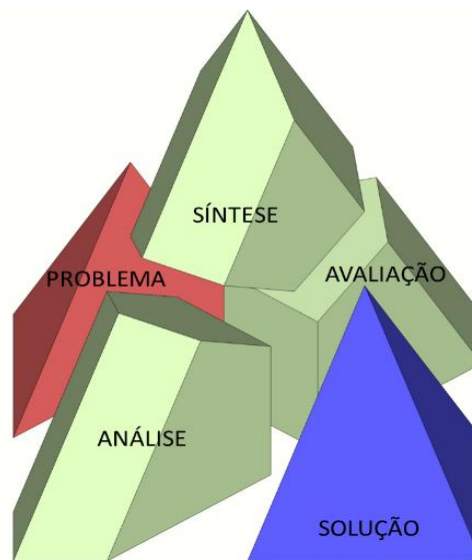
A NBR 13531 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 1995) que trata da elaboração de projetos de edificações, divide as etapas do projeto em: Levantamento; Programa de necessidades; Estudo de Viabilidade; Estudo Preliminar; Anteprojeto e/ou Pré-execução; Projeto Legal; Projeto Básico e Projeto para Execução. No entanto, essa definição de fases do projeto é voltada para documentação e apresentação do projeto, ou como Lawson (2011) diz, uma descrição não do processo, mas dos produtos do processo.

Considerando projeto de arquitetura como um processo, levando em consideração todas as etapas de seu desenvolvimento e não apenas seu resultado final, é possível compreender a atividade projetual em arquitetura como um processo

de resolução de problemas, cujas soluções são demonstradas com o projeto, sendo ele edificado ou não (GOMES, 2009).

O processo de projeto arquitetônico, no contexto do movimento pela busca da sistematização do método de projeto que se iniciou a partir da década de 60, como Kowaltowski (2008) e Andrade et al (2011) citam, se apresenta como uma negociação entre o problema de projeto e a sua solução por meio de um ciclo de sucessivas tomadas de decisões utilizando a análise, síntese e avaliação (Figura 2)

**Figura 2 - Processo de Projeto**



(LAWSON, 2011).

**Fonte:** Adaptado de Lawson (2011).

Lawson (2011) define análise como o ordenamento e a estruturação do problema, na qual busca-se padrões nas informações disponíveis e a classificação dos objetivos. A síntese é a tentativa de criar uma resposta ao problema, a geração de soluções. E a avaliação envolve a crítica das soluções sugeridas em relação aos objetivos gerados na fase de análise.

Tais etapas são ligadas entre si por meio de um ciclo iterativo, já que nem sempre o problema de projeto é totalmente definido na etapa de análise e é preciso a passagem pela síntese ou avaliação para redefinição do problema, implicando assim na retroalimentação do processo (LAWSON, 2011).

A problematização ou programação, como descrito por Peña e Parshall (2001), é desenvolvida em uma etapa anterior à síntese do projeto, em que se faz a coleta de dados e a organização e classificação das informações, podendo funcionar como base para diretrizes de projeto e também como critérios de avaliação de uma solução de design.

As próprias características dos problemas com que projetistas devem lidar se distinguem de problemas das ciências naturais, que são lineares, definíveis e têm soluções como uma equação matemática. Simon (1969) classifica problemas de projeto como “problemas mal definidos” e, posteriormente, Rittel e Webber (1973) os designam como “Wicked Problems”: não são bem definidos, se reconfiguram na medida em que uma solução é adotada, e dependem de um julgamento político para sua resolução.

Usualmente, segundo Lawson (2011), o problema é estudado de maneira geral, sem detalhes, e com foco em determinar problemas para geração de forma. Assim que uma solução possa ser formulada, mesmo sendo pouco definida, ela pode ser verificada por problemas mais detalhados. Essa solução sofre modificações evolutivas e revolucionárias. Evolutivas pelo fato do projetista fazer pequenas modificações para se adequar às restrições e falhas. Mas quando a solução não consegue atender os problemas ou quando a solução perde suas características por excesso de modificações, o projetista faz uma modificação revolucionária que é a procura de um novo conjunto de problemas e soluções.

Lawson (2011) ainda apresenta duas abordagens no desenvolvimento de soluções: de maneira única, em que cada solução é desenvolvida e analisada de cada vez, ou múltiplas, em que várias alternativas são geradas, fazendo com que o processo passe a se configurar como a eliminação de ideias impraticáveis ou insatisfatórias e a escolha entre as soluções restantes, a partir da possível combinação de suas características.

Gross (1985) propõe uma sistematização do processo de design a partir da exploração de restrições, ressaltando que essa abordagem não necessita de uma solução de projeto completa: as restrições podem prover apenas uma descrição parcial da solução, servindo de base para a descoberta de problemas não

identificados anteriormente, promovendo o desenvolvimento do projeto de maneira incremental.

Voordt e Wegen (2005) e Lawson (2011), também propõem uma estratégia de estruturação do problema de projeto, formado por restrições ou questões que devem ser consideradas quando se configura uma solução. Esta estratégia é denominada de “gerador primário”, que consiste na tendência do arquiteto de se apegar a uma ideia simples para reduzir o número de variáveis das soluções possíveis, considerando a alta complexidade que as restrições impõem. Ou seja, restringir alguns parâmetros do projeto para diminuir o número de variáveis ou resultados possíveis de projeto.

Mesmo assim, Rittel e Webber (1973), Gross (1985), Voordt e Wegen (2005) e Lawson (2011) consideram que muitas vezes não se consegue compreender o problema de projeto sem um inventário de possíveis soluções ou tentativas de solução para ilustrá-lo. Essas tentativas trazem informações não levantadas na fase exploratória, e por isso métodos analíticos, de organização dessas novas informações e a atualização da estruturação do problema de projeto, também são utilizados durante as outras fases (criativa ou de síntese e avaliativa).

Posteriormente Lawson (2011) corrobora com Rittel e Webber (1973) ao dizer que no processo de projeto o problema e solução surgem juntos, havendo necessidade de produzir uma ou mais soluções para ilustrar o problema.

Schön (1983) já no início dos anos 1980 definia conceitualmente o design como a interação com o meio visual. Schön (1983) e Lawson (2011) enfatizam a interação do designer com a representação do problema e caracterizam o design como um processo de recepção (percepção), reflexão (interpretação) e reação (transformação).

Essa interação do designer com o meio de representação é melhor analisada a seguir, com os estudos de visual thinking. Devido às características dos problemas de projeto, surgiram estratégias para redução do número de variáveis pela dificuldade no processamento de todas as possibilidades possíveis. O visual thinking trata o problema de projeto como um problema de cognição do projetista, de forma a não reduzir as variáveis, mas expô-las de maneira que sirvam como referência para o processo cognitivo do projetista.

## 2.2. VISUAL THINKING

Segundo Goldschmidt (2001), na maioria das áreas de design, métodos rigorosos com regras bem definidos não contribuíram, da forma esperada, para a melhoria da qualidade dos projetos. Por isso, estudos para o entendimento de processos mais naturais de raciocínio de design, processos baseados em conhecimento informal, intuição e experimentação, se tornaram importantes na tentativa de melhorar a qualidade e o ensino de design.

Tzortzopoulos (1999) e Johnson et al (2008) dizem que a externalização do pensamento do projeto, que é a tentativa de traduzir pensamentos de projeto em diagramas e tabelas, é muito importante para compreensão de problemas e sua visualização propicia maior contribuição dos projetistas no desenvolvimento de projetos em equipe.

Segundo Ware (2008), “pensamento visual” consiste de uma série de atos de atenção. Esses atos de atenção são chamados de consultas visuais, que são uma série de procuras por padrões particulares. Quando interagimos com uma informação exposta na forma de um mapa, gráfico ou diagrama, nós estamos tentando resolver algum tipo de problema cognitivo, como chegar de um local a outro no caso do mapa, ou determinar uma tendência com um gráfico.

Ware (2008) afirma que deveríamos pensar em meios de representação de projeto como ferramentas cognitivas, melhorando a capacidade de nossos cérebros. Apesar de conseguirmos, até certo limite, formar imagens mentais, nós fazemos muito melhor quando essas imagens estão efetivamente representadas em um papel ou na tela de computador. Diagramas, mapas, páginas de internet, gráficos de informações, instruções visuais e ilustrações técnicas nos ajudam a resolver problemas por meio do processo de “pensamento visual”.

Para Johnson et al (2008) design pode ser visto como um processo iterativo de enquadramento de problemas e exploração de possíveis soluções na concepção corrente do problema. Apesar de ferramentas computacionais para representação dos projetos prevalecerem, atualmente, a maior parte dos designers começam seus trabalhos com rascunhos físicos.

Muitos estudos de raciocínio visual e cognição no design, mostram a importância dos desenhos de estudos ou rascunhos a mão na resolução de problemas de design. “Sketch” ou rascunhos são definidos por Johnson et al (2008) como representações feitas de forma rápida que facilita o pensamento visual. Essa definição inclui desde rabiscos, diagramas, até projeções isométricas desenhadas de maneira rápida. Esses rascunhos permitem às pessoas representarem visualmente ideias de forma rápida, sem tomar decisões prematuras, pois são propostas que podem ser modificadas, apagadas e servir como base para outras propostas.

Segundo Goldschmidt (1991), sketches ou rascunhos não são utilizados pelo projetista para representar imagens guardadas na mente, mas para criar uma exibição visual que o ajuda a induzir a imagem da entidade que está sendo projetada. O objetivo imediato é gerar representações visuais que são ricos em pistas que podem levar a uma solução com a busca de situações similares

De maneira similar Herbert (1992) e (1993) mostra que desenhos de estudos são mais do que registros de imagens previamente concebidas na mente do projetista: são o principal meio para o designer pensar e também um gerador ativo de informação no processo de design.

De acordo com Ware (2008) nós temos uma capacidade muito limitada de memória de trabalho visual, que é representado pelo número de objetos que conseguimos prestar atenção simultaneamente. Por isso, constantemente dependemos de ajudas visuais externas no processo de pensamento visual. Uma das características do pensamento visual é a de que frequentemente é mais fácil refazer alguma operação cognitiva do que relembra-la.

Goldschmidt (1991) chama o ato de fazer rascunhos nas primeiras fases de concepção de design de “imagens interativas”, que significa a produção simultânea ou quase simultânea da exibição e da geração de uma imagem e sua transformação. Do e Gross (1996) concordam que o desenho tem um papel importante para auxiliar no raciocínio de design pois ajudam na formalização incremental de ideias assim como a exploração rápida de alternativas.

Do e Gross (1996) argumentam que estágios diferentes de projeto requerem diferentes tipos de representações visuais e, posteriormente, Florio

(2010), corrobora complementando que, em arquitetura, os meios de representação podem tanto contribuir quanto impedir processos cognitivos dependendo da estratégia de uso e sua alternância em cada etapa. Esses meios de representação se apresentam na forma de esboços, desenhos técnicos, maquetes físicas e modelos digitais.

Do e Gross (1996) listam algumas das atividades do raciocínio no design:

- Atenção: foco e seleção;
- Percepção: filtragem e reconhecimento;
- Processamento: refinamento e avaliação;
- Memória: procura de referências e analogias visuais

Ao identificar essas atividades Do e Gross (1996) discutem como o desenho auxilia nessas atividades e, posteriormente, como o computador poderia dar suporte às mesmas. Woodbury (2010) diz que meios digitais introduzem mudanças, em relação aos meios analógicos, que permitem o relacionamento e o reparo, ou edição, entre partes do design.

Ware (2008) observa que a utilização do computador por trás de um “display gráfico interativo” leva a capacidade das ferramentas cognitivas visuais a outro nível. Programas de computadores com interfaces visuais adicionam uma nova dimensão para o processo cognitivo. Ele permite que algumas partes do processo de computação ocorram no cérebro e outras partes no programa de computador.

Oxman (2005) diz que a interação com a mídia de design computacional requer uma forma diferente de entrada de informações e nível de formalização. Na interação tradicional, baseada no papel, o designer interage diretamente com as formas que ele desenha no papel. A interação com o meio digital é dependente de implementações específicas de elementos, regras e ferramentas computacionais.

### 2.3. DESIGN DIGITAL

Kolarevic (2000) define Arquitetura Digital ou design digital como processos baseados em computador para criação e transformação da forma, não apenas como ferramenta de representação. Oxman (2005) diz que o conceito de

design não padronizado, não normativo e não repetitivo tornou-se o maior foco teórico desse fenômeno reconhecido hoje como design digital. Kolarevic (2005) destaca a mudança de ênfase entre 'fazer a forma' para 'encontrar a forma', obtida por meio diferentes técnicas de design digital.

No design digital são utilizadas ferramentas que permitem um processo de projeto não linear. Assim como no processo de projeto descrito por Lawson (2011), também é possível criar diversas simulações que são avaliadas, selecionadas e reinseridas no processo com a adição ou modificação dos parâmetros (JOHNSON, et al. 2008).

Para Meredith (2008), a utilização do design digital leva a novos problemas de projeto pois o surgimento de novas tecnologias computacionais e de novos sistemas construtivos e de produção demandam conhecimento em áreas como matemática, geometria, programas e programação de computadores, que agora tem de ser considerados no processo de projeto.

Muitas publicações utilizam termos como design paramétrico, design associativo, processo generativo, computação, algoritmos, scripting entre outros de maneira não coesa, não havendo convergência de significados entre diferentes autores. Como forma de contextualizar o design associativo, algumas definições de termos e suas respectivas hierarquias serão discutidas a seguir.

**Parâmetro** é um termo utilizado para designar atributos que definem um objeto ou situação, podendo ser com valores fixos ou modificáveis. Como na definição apresentada por Alvarado e Muñoz (2012), o parâmetro pode ser associado a uma magnitude modificável ou aos limites de uma ação, podendo ser numérico ou qualitativo, mas sempre através de uma variável mensurável.

Friedman et al (2013) definem **Variáveis** como sendo o armazenamento de valores que são modificados continuamente dentro do processo de design e parâmetros como sendo medidas que são utilizadas para representar alguma característica do objeto modelado e que pode ser ligado a outros fatores. Parâmetros são considerados mais estáticos, e em alguns casos, são considerados restrições que mudam apenas quando o objeto precisa ser modificado.

Menges & Ahlquist (2011) definem **algoritmo** como um conjunto de procedimentos que consiste em um número finito de regras, que define a sucessão de operações para a solução de um dado problema. De maneira similar, Terzidis (2003) define como um procedimento computacional para abordar um problema em um número finito de passos. Enquanto a maioria dos algoritmos são adaptados para a automação de métodos manuais tediosos, existe uma categoria de algoritmos que não são destinados para resultados previsíveis. Suas estratégias indutivas são para explorar processos generativos (descrito nos modelos metodológicos do design digital por Oxman, Item 2.4) ou para simular fenômenos complexos.

Mario Carpo (2011) cita o termo “objectile” de Gilles Deleuze e Bernard Cache para descrever uma nova idéia de objeto: uma função que contém um número infinito de objetos, como o exemplo do cálculo diferencial que não descreve objetos, mas suas variações (e variações de variações). O “objectile” não seria um objeto mas sim um algoritmo – uma função paramétrica que pode determinar uma infinita variedade de objetos, todos diferentes (um para cada conjunto de parâmetros) e ao mesmo tempo similares (já que a função subjacente é igual para todos).

Segundo Oostehuis, et al (2004) **Scripting e programação** se referem ao processo de escrever um programa ou algoritmo dentro de uma linguagem utilitária para orquestrar comportamentos. Ele consiste de um conjunto de instruções codificadas que permitem que o computador execute uma sequência de operações desejadas.

*Scripting* também é a capacidade oferecida por quase todos os pacotes de design de softwares que permitem ao usuário adaptar, customizar ou reconfigurar completamente um software em torno de suas próprias predileções e modos de trabalho: o usuário (designer) se torna o novo criador de ferramentas (engenheiro de softwares) (BURRY, 2011).

Para Brod et al (2012), a utilização de parâmetros para geração do projeto pode ser considerada uma atividade intrínseca ao exercício arquitetônico. Embora a manipulação dos parâmetros tenha sido limitada pelos meios de representação, cada vez mais os processos computacionais têm possibilitado

estabelecer processos interativos de controle do projeto em tempo real e de maneira intuitiva.

Segundo Mitchell (2005), as construções são materializações de desenhos, mas cada vez mais, passam a ser materializações de informações digitais. Construções são projetadas, documentadas, fabricadas e montadas com a assistência de meios digitais.

No entanto, a introdução do computador fez com que surgissem diferentes métodos de design conforme novas ideias no uso do meio digital foram descobertas. Como consequência, houve a necessidade de criar uma estrutura teórica e conceitual que organize e mostre as particularidades metodológicas do design digital.

Kolarevic (2000) cria uma organização dos processos de geração digital pelo que ele chama de Arquiteturas computacionais, que se referem aos processos de criação e transformação da forma baseados em computação. Kolarevic (2000) identifica diversas arquiteturas computacionais baseadas em conceitos como espaço topológico (arquitetura topológica), superfícies isomórficas (arquitetura isomórfica), movimento, cinemática e dinâmica (arquitetura animada), animação por “keyshape” (arquitetura metamórfica), design paramétrico (arquitetura paramétrica) e algoritmos genéticos (arquitetura evolucionária).

Assim como Kolarevic (2000), Oxman (2005) organiza os processos de design digital em uma série de modelos metodológicos de design digital. Estes modelos exploram os diferentes tipos de processos digitais empregados na representação, geração e performance, assim como a identificação dos fluxos de informação e interação das informações e do designer.

Oxman (2005) compõe esses modelos com 5 elementos: o Designer e quatro classes de atividades do design, denominados como representação, geração, avaliação e performance. Esses elementos são então ligados dependendo do tipo de relacionamento: interação entre componentes específicos e ligações que são o produto do fluxo de informações.

O que Kolarevic (2000) chama de Arquiteturas Computacionais, Oxman (2005) chama de modelos metodológicos. Esses modelos (Tabela 1) foram

organizados por Oxman (2005) de acordo com várias relações entre o designer, seu conteúdo conceitual, o processo de design aplicado e o objeto resultante do design.

**Tabela 1** – Modelos Metodológicos do Design Digital segundo Oxamn (2005).

Modelos Metodológicos	Submodelos
Modelos CAD	Modelo CAD descritivo
	Modelo CAD generativo avaliativo
	Processos digitais de “dupla direção”
Modelos de formação digital	Modelos de formação topológicos
	<b>Modelos de formação de design associativo</b>
	Modelos de formação baseados em movimento
Modelos de design generativo	Modelos de transformação gramatical de design
	Modelos de design evolutivos
Modelos de desempenho	Modelos de formação baseados em desempenho
	Modelos generativos baseados em desempenho
Modelos compostos	

**Fonte:** do autor, 2016.

Essa estruturação proposta por Oxman (2005) foi feita de maneira a demonstrar não só as características de interação do designer com as atividades de projeto mas, diferente de Kolarevic, evidenciando a evolução ocorrida até o momento, distinguindo modelos de técnicas (Figura 3).

**Figura 3 - Classificação do Design Digital**

DESIGN DIGITAL		
AUTOR	BRANKO KOLAREVIC, 2000	RIVKA OXMAN, 2005
CRITÉRIOS PARA ORGANIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TÉCNICAS</li> <li>• CONTROLE</li> <li>• GERAÇÃO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RELAÇÃO DO DESIGNER COM ATIVIDADES DE REPRESENTAÇÃO, GERAÇÃO, AVALIAÇÃO E PERFORMANCE</li> <li>• EVOLUTIVA</li> </ul>
MODELOS METODOLÓGICOS	TOPOLÓGICO  PARAMÉTRICO  ISOMÓRFICO  ANIMADO  METAMÓRFICO  EVOLUCIONÁRIO	CAD Descritivo Generativo-analítico Dupla direção  FORMAÇÃO DIGITAL Formação topológico Design associativo Baseados em movimento  DESIGN GENERATIVO Transformação Gramatical Design evolutivo  DESEMPENHO Formação baseado em desempenho Generativo baseado em desempenho  COMPOSTO

Fonte: do autor, 2016.

A partir da estruturação de design digital com base nos modelos propostos por Kolarevic (2000) e Oxman (2005) e com o objetivo de visualizar as relações dos parâmetros para tomada de decisões no projeto, como descrito no capítulo anterior, a escolha do modelo de design associativo para a pesquisa acaba por ser mais adequada. Trata-se de um modelo que não necessariamente foca na questão formal do projeto como o modelo de formação topológica ou modelo de formação baseado em movimento. Além disso, buscou-se um modelo que auxiliasse na visualização dos dados, mas mantendo o poder de decisão para o projetista na geração do projeto, o que difere da abordagem dos modelos generativos. A intenção foi utilizar um modelo de transição entre o modelo em CAD e modelos que exigem o conhecimento de programação e criação de algoritmos. Mesmo se utilizando da

definição do design associativo feita por Oxman (2005), outros autores discorrem sobre o termo, o que é discutido a seguir.

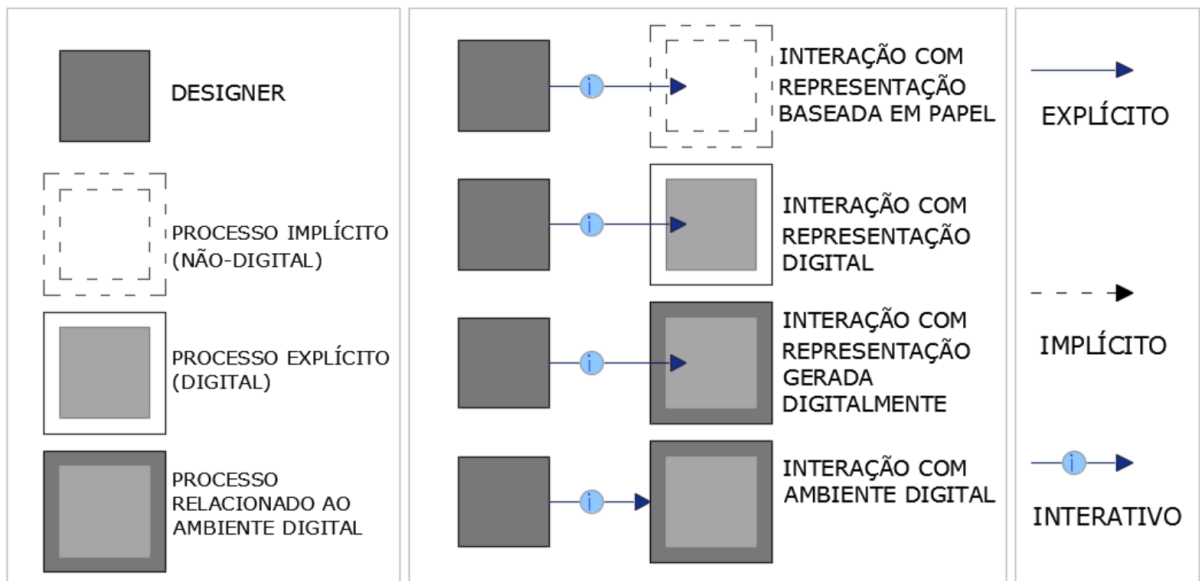
### 2.3.1. DESIGN ASSOCIATIVO

Segundo Oxman (2005) o Design digital se afastou das abstrações estáticas que eram implícitas no conceito de representação formal. Técnicas digitais estão mudando o modo de representação de design assim como seu papel, criando novas bases para o design thinking. Assim que ocorreram a libertação das lógicas de representação convencionais (experimentação visual através de rascunhos em papel), a teoria de design emergente transformou o conceito de forma no conceito de formação.

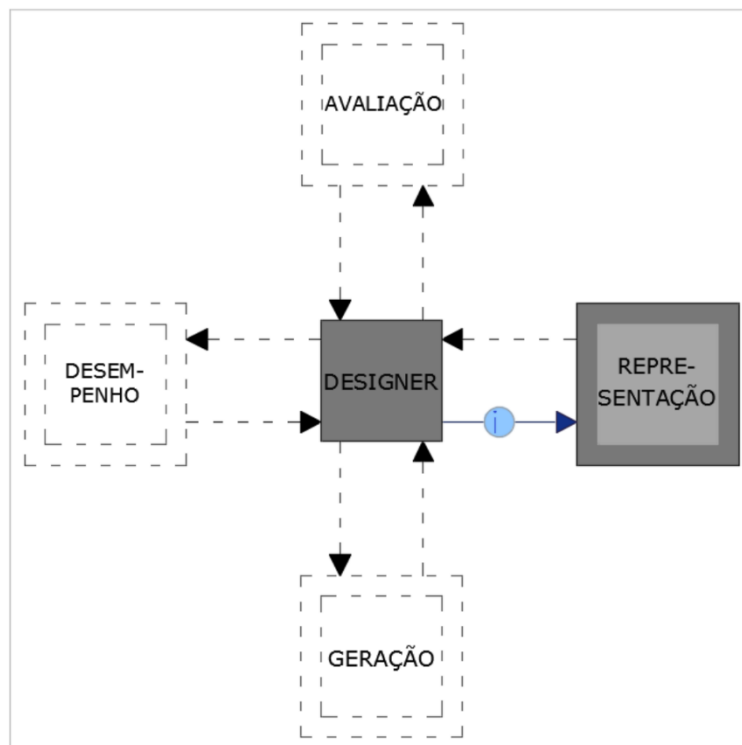
Oxman (2005) caracteriza o modelo de design associativo por meio da interação entre o designer e os diversos processos e meios de representação, descritas como legenda para o modelo na figura 4.

Oxman (2005) insere o design associativo na categoria de modelo de formação digital. As gerações da forma nesses modelos de formação são baseadas na interação com uma representação gerada digitalmente ao invés de uma representação explícita como no modelo CAD. O designer emprega técnicas, como scripting por exemplo, e interage com e opera dentro da lógica não-determinista do ambiente de geração da forma (Figura 5). O surgimento de processos de design não-determinístico é uma característica de processos de pensamento de design digital.

**Figura 4 -** Legenda dos modelos de Design Digital



**Fonte:** Traduzido e adaptado de: (OXMAN 2005).



**Fonte:** Traduzido e adaptado de: (OXMAN 2005).

Oxman (2005) trata dessa possibilidade de se trabalhar com as relações entre os parâmetros e objetos como um modelo metodológico separado, em que a exploração de geometrias associativas com técnicas do design paramétrico é chamada de **design associativo**.

Para Oxman (2005) design associativo é baseado em técnicas de design paramétrico que exploram geometrias associativas. No design paramétrico relações entre objetos são descritas explicitamente, estabelecendo interdependências entre objetos variados. Valores diferentes podem ser colocados nos atributos para geração de múltiplas variações enquanto mantém condições de relacionamento topológico.

Um exemplo é a BYYU Body Chair da ONL Studio (2014), em que todas as peças e pedaços são associados em um sistema coerente e adaptativo. Isso permite que o cliente possa colocar suas preferências, modificando parâmetros de inclinação, dimensões, cores e acabamentos.

Kolarevic (2000), Oosterhuis at al (2004) e Alvarado e Muñoz (2012) descrevem de maneira similar a **Arquitetura Paramétrica** ao Design associativo, em que são declarados os parâmetros de um design particular e não sua forma, pois a forma surge indiretamente pelas relações entre os parâmetros e não determinada pelo projetista. Ao atribuir diferentes valores aos parâmetros, é possível se criar diferentes objetos ou configurações. Equações, como por exemplo  $l=x^2/a^2+y^2/b^2$  para descrever uma curva, podem ser utilizadas para descrever as relações entre objetos, e assim definindo geometria associativa.

Muitas das definições de Design paramétrico tratam das relações e interconexões entre os objetos, como Meredith (2008) e Nojimoto at al (2011), descrevem design paramétrico como um processo baseado não em quantidades métricas fixas, mas em relacionamentos consistentes entre objetos, permitindo mudanças em um único elemento para propagar mudanças correspondentes pelo sistema. Os relacionamentos entre objetos, descritos por algoritmos permitem o desenvolvimento de formas complexas a partir de simples métodos iterativos enquanto preserva qualidades especificadas.

Para Gross (1985) os projetos já são definidos por parâmetros ou condições externas do projeto. Burry (2011) também diz que o design paramétrico é

parte essencial do design onde não existe um projeto não-paramétrico. Burry (2011), Meredith (2008) e Trummer (2011) argumentam que o termo paramétrico descreve metodologias de projeto que por uma clareza no debate são rotuladas como se descrevesse o processo inteiro do projeto, no entanto, são apenas parte de uma metodologia global de projeto.

Para Trummer (2011) a palavra 'associativo' se refere não apenas à variação dos objetos mas também à maneira como esses objetos são ligados. Se esses objetos arquitetônicos são pensados pelas suas configurações, começamos a entendê-los como sistemas físicos, onde a adição de partes define um campo de possíveis mudanças, ou o grau de liberdade que um objeto tem.

A característica do design associativo de geração e visualização de várias alternativas pode ser muito importante para se ter definições mais concretas para o restante do processo de projeto (LAWSON, 2011). No processo de projeto tradicional, muitas vezes essas alternativas não são desenvolvidas para manter um estilo de design pessoal, não demonstrando sinais de dúvidas para o cliente (Lawson, 2011) ou pela exiguidade de tempo para a tomada de decisões (TZORTZOPOULOS 1999).

### 2.3.2. Tecnologias e Ferramentas para Aplicação de Sistemas Associativos

Segundo Alvarado & Muñoz (2012) toda operação de desenho digital usa parâmetros, já que cada elemento representado pode ter seu valor modificado e controlado.

Para diferenciar o uso do computador de uma ferramenta de representação para uma ferramenta de projeto, existem dois termos citados por Menges & Ahlquist (2011). O primeiro seria a informatização: entidades ou processos que já foram conceituados na mente do projetista e que são inseridos, manipulados ou guardados em um computador. E o segundo a computação: que é a tecnologia que liga objetos e processos informatizados com a interface humana (KALLINIKOS 2009) com uso de ferramentas que fornecem uma estrutura para negociação e influência nas inter-relações dos bancos de informações, com a capacidade de gerar ordem, forma e estruturas complexas.

Fundamentalmente no design, a distinção se dá pela abordagem: na computação se assume uma estratégia de se encapsular informações de objetos em representações simbólicas. Em contraste, na informatização permite-se que informações específicas sejam percebidas a partir da abstração inicial na forma de códigos que encapsulam valores e ações (MENGES e AHLQUIST 2011).

Para Trummer (2011) a computação define processos por seu grau de **variação, ou liberdade**, e as associações entre os parâmetros. Informações, elaboradas como restrições, podem ser instituídas dentro de um processo computacional, o qual é executado para definição do todo em um sistema em funcionamento.

Oxman (2005) cita que a interação com a representação de design é um fator fundamental no processo de design em si. Diferentemente da interação baseada em papel, onde a manipulação da forma é feita de forma direta, a interação com meio digital é dependente das implementações específicas de ambientes computacionais. Oxman (2005) então propõe quatro classes de interação:

- Interação com a representação da forma livre (baseado em papel, não digital), em que o designer interage de forma direta com a representação do design do objeto com uso de rascunhos, desenhos ou modelos físicos para a criação do design.
- Interação com “constructos” digitais, típica para um design baseado em CAD (Computer Aided Design); neste caso o designer interage com um rascunho digital, desenho digital ou modelo digital.
- Interação com a representação digital gerada por um mecanismo, típico da interação com mecanismos de design generativos, onde o designer interage com uma estrutura digital que foi gerada por um mecanismo de acordo com um conjunto de regras e relações predefinidas.
- Interação com ambiente digital que gera uma representação digital, característico da interação com a parte operativa do mecanismo de design generativo; neste caso o designer pode interagir com o mecanismo computacional que gera a representação digital.

Para Terzidis (2003) computação é o procedimento de calcular, determinando algo por métodos matemáticos ou lógicos, enquanto informatização é o ato de inserir, processar ou armazenar informação em um computador ou sistema de computadores. Informatização é sobre automação, mecanização, digitalização e conversão. Geralmente, envolve a digitalização de entidades ou processos que são preconcebidos, predeterminados e bem definidos. Em contraste, computação é sobre a exploração do indeterminado, vago, obscuro e geralmente processos mal definidos; devido a sua natureza exploratória, a computação tem como objetivo a emulação ou a expansão do intelecto humano.

Digitalização é a conversão de informações analógicas para informações digitais. Informatização por definição envolve digitalização, mas no caso de computação, é possível analisar, codificar, sistematizar e até sintetizar sem a necessidade de um computador. No entanto, sua implementação em um sistema de computador permite a exploração de complexidades que expandem os limites da predição humana (TERZIDIS 2003). O modo dominante da utilização de computadores na arquitetura, em 2003, era a informatização. Em contraste, a computação, como uma ferramenta de design baseada em computador era utilizada, então, de forma bastante limitada. O problema com essa situação é que os projetistas não tiravam vantagem do poder computacional de um computador.

Para Terzidis (2003) a utilização de algoritmos é uma saída para o problema. Ele envolve a designação de softwares para gerar espaço e forma a partir de lógica baseada em regras próprias do programa de arquitetura, tipologias, códigos de obras e a própria linguagem. Ao invés de se fazer programação direta, a codificação da intenção de design utilizando linguagens de scripting podem construir consistência, estrutura, coerência, rastreabilidade e inteligência dentro de formas tridimensionais computadorizadas. Ao utilizar linguagem de scripting projetistas podem ir além do mouse, transcendendo as limitações “de fábrica” que os atuais softwares de modelagem tridimensional.

Para Gewely (2010) algoritmos podem ser utilizados para resolver problemas de design arquitetônicos e sua utilização no processo de design pode ser considerado uma segunda mudança de paradigma, depois da primeira ter ocorrido na mudança do processo tradicional para a esfera digital do design. Com isso, até

sugere a adoção de um novo termo: Design arquitetônico assistido por algoritmos (Algorithm Aided Architectural Design – AAAD) derivado do CAAD (Computer Aided Architectural Design).

Atualmente existem inúmeros programas que trabalham diretamente com o controle de parâmetros nas diversas etapas de projeto, seja para desenvolvimento de sua concepção, processos produtivos e construtivos, quanto para análise completa de desempenho energético durante sua vida útil.

Não existe uma classificação desses softwares, pois a maioria é derivada de outro programa ou plataforma, ou mesmo desempenham funções gerais e também específicas ao mesmo tempo, além de serem programas que evoluem muito rapidamente, e a cada nova geração outras funções são agregadas.

A princípio, a junção da utilização de computadores para o processamento de dados e o desenvolvimento de projetos exigia o conhecimento de programação. Entretanto, na atualidade, surgiram aplicativos que melhoraram a interface da criação de algoritmos, não havendo a necessidade do conhecimento em linguagem de programação e criação de códigos.

Um exemplo é o Dynamo, uma extensão para o Software Autodesk Revit de programação visual, ambos desenvolvidos pela Autodesk, mas de código aberto que permite aos usuários o poder de implementar e evoluir o software. Ele permite a manipulação de dados, modelagem geométrica, automação de processos e a criação de ligações entre múltiplos aplicativos.

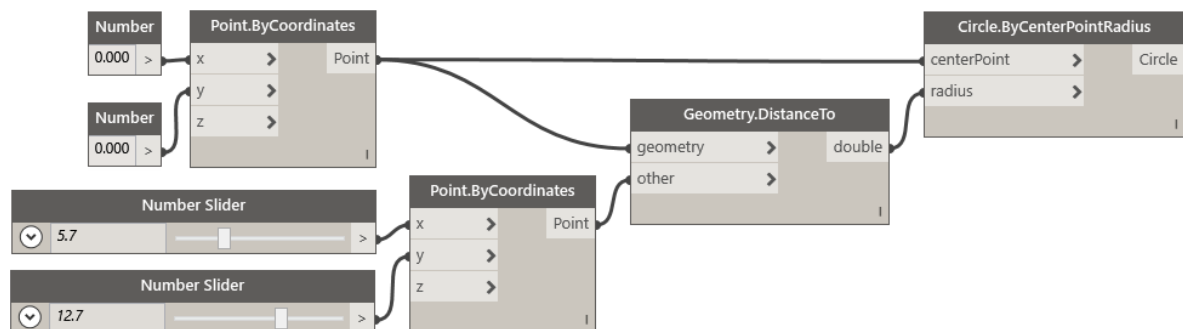
Softwares sem interface que trabalham direto com algoritmos e programação também estão presentes em vários programas como o rubyscript para Tribe Sketchup, Rhinoscript para o Rhinoceros entre outros.

Programação ou programação de computador é o ato de formalizar o processamento de uma série de ações em um programa executável. A programação depende da utilização de uma abstração das informações a serem inseridas de forma específica para se comunicar com o computador; essas abstrações são definidas na forma de linguagens de programação, como Javascript,

Python ou C++ (AUTODESK INC. 2016). E o aprendizado dessas linguagens é uma primeira barreira para sua utilização entre Designers.

Programação visual tem o mesmo processo que programação textual, mas as relações e instruções são definidas por meio de uma interface gráfica, na qual, ao invés de se digitar textos ligados por sintaxe, é feita a conexão entre os elementos por meio de “nós” pré-definidos. Na Figura 6 é demonstrada a programação visual, e na figura 7 o mesmo algoritmo em formato de programação textual. Por fim o resultado gráfico na Figura 8, de um mesmo algoritmo de um círculo que tem seu raio variando conforme distância de um ponto. A característica visual diminui a barreira inicial da linguagem de programação e consegue uma comunicação melhor com os designers (AUTODESK INC. 2016).

**Figura 6** - Exemplo de uma programação visual.

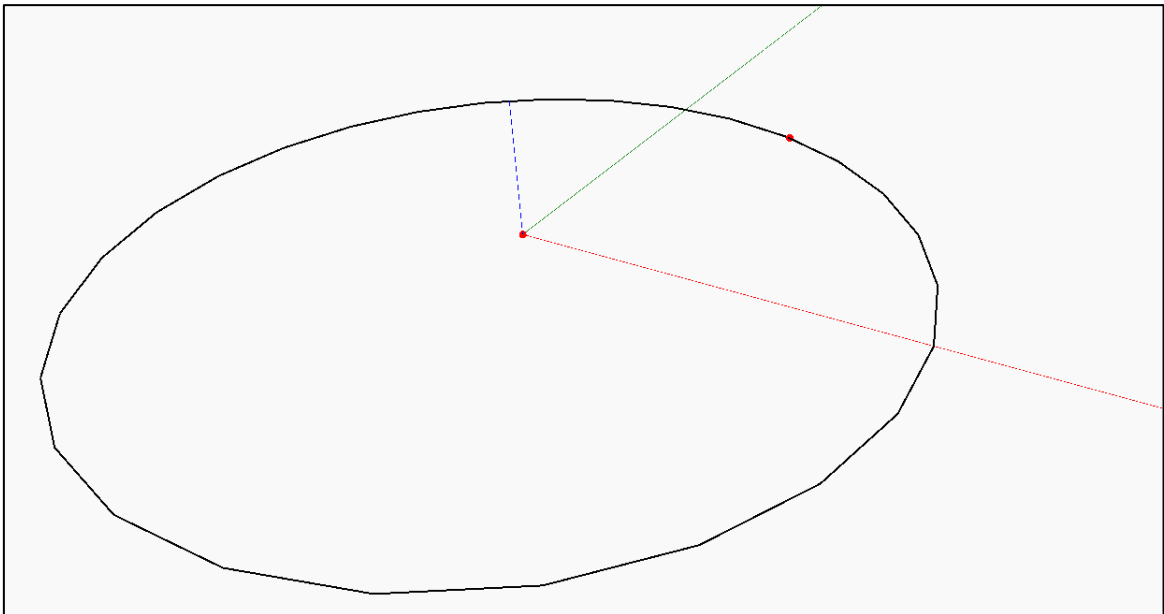


**Fonte:** Adaptado de AUTODESK INC. 2016.

**Figura 7** - Exemplo de programação textual.

```
x = 5.7;  
y = 11.5;  
  
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);  
  
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);  
  
myCircle = Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);
```

**Fonte:** Adaptado de AUTODESK INC. (2016).

**Figura 8** – Resultado gráfico

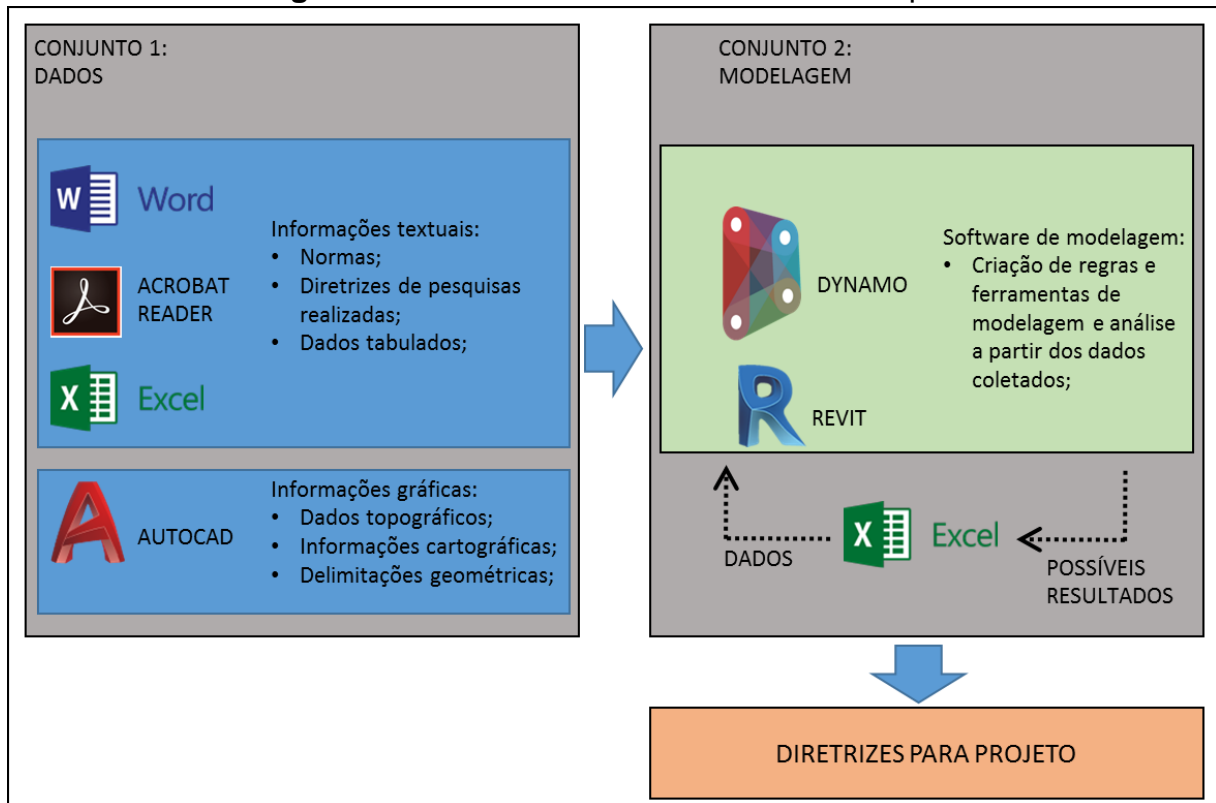
**Fonte:** Adaptado de AUTODESK INC. (2016).

Para o desenvolvimento do estudo empírico desta dissertação, foram utilizados dois conjuntos de softwares e plug-ins (Figura 9). O primeiro conjunto é composto por softwares que contêm informações coletadas e que serão utilizadas como base para modelagem, como arquivos de texto, contendo leis e diretrizes provenientes de pesquisas (Microsoft Word e arquivos em pdf), planilhas e tabelas (Microsoft Excel) e dados topográficos, geométricos e vetoriais (Autodesk Autocad). O segundo conjunto inclui os softwares e plug-ins para a modelagem, visualização e simulação, que foi feita com a utilização do Dynamo, que trabalha como uma extensão do Autodesk Revit, mas também permite a interoperabilidade

com arquivos de outros programas, reconhecendo e também gerando dados em planilhas de excel.

A escolha do plugin e dos softwares decorreu da familiaridade dessas interfaces pelo projetista, já que a plataforma criada pela Autodesk para o software Autocad é muito disseminada. Um dos objetivos do modelo é ser criado de modo que o usuário da ferramenta não necessariamente precise conhecer profundamente como criar algoritmos para resolver problemas específicos, apenas

**Figura 9 – Softwares utilizados no estudo empírico.**



conhecimento suficiente para utilizar e adaptar algoritmos existentes.

**Fonte:** do autor, 2016.

### 2.3.3. Sistemas associativos no processo de projeto

Gross (1985) define projeto como a exploração de um conjunto de restrições e as áreas de soluções alternativas que se ligam. Restrições representam regras de design, relações, convenções e leis naturais que devem ser mantidos. Variar as restrições e os objetivos é parte do processo de projeto. E destaca que a

utilização do computador se mostrou bastante útil na elaboração de formas tipológicas variáveis.

Segundo Andrade et al (2009), aplicativos computacionais que empregam o conceito de parametria permitem ao projetista explorar diferentes alternativas de soluções de projeto de forma rápida e segura. Novos objetos podem ser criados e reconstituídos sem a necessidade de apagar ou criar outro objeto.

Alvarado & Muñoz (2012) acrescentam, dentre as vantagens do projeto paramétrico, a maior capacidade de industrialização e a possibilidade de pré-fabricação de componentes, além dos aspectos cognitivos e operacionais no processo de projeto.

Goldberg (2006) diz que na modelagem paramétrica, uma das técnicas de design paramétrico que exploram geometrias associativas, na qual o design associativo está baseado (OXMAN, 2005), o designer não trabalha com formas ou sólidos no software paramétrico: tudo começa, e tem de ser construído, a partir de pontos. Mas isso inclui a habilidade de integrar funções e relações entre formas e até funções. Com isso o design resultante é a consequência do arranjo de condições que independem da geometria do design, das relações entre as geometrias e as relações entre as funções.

Goldberg (2006) ainda cita que a modelagem paramétrica traz um maior nível de controle sobre o design, e que o processo de design pode ser simplificado em termos de diferentes iterações, já que a mudança de um parâmetro afeta todas as funções que dependem dele, modificando o resultado final.

Woodbury (2010) compara a modelagem paramétrica com o meio tradicional de se projetar com papel, lápis e borracha, onde o lápis adiciona marcos e a borracha retirando, dentro de convenções para relacionar esses marcos. A **modelagem paramétrica** introduz uma mudança fundamental: “marcas”, que são partes de um projeto, se relacionam e mudam de forma coordenada. Agora, além de adicionar e subtrair, o projetista tem de relacionar e reparar. Relacionar exige pensamento explícito sobre o tipo de relação entre os objetos e a reparação ocorre após apagar um elemento, quando as partes que dependem do elemento apagado são relacionadas com as partes remanescentes.

#### 2.3.4. Exemplos de Implementação de Processos Associativos

Bergin et al (2012) trabalham com um sistema para customização em massa de residências em que combinam algoritmos de otimização com softwares de BIM (Building Information Modeling), criando uma “ferramenta” que permite que projetistas prescrevam de forma livre a partir do estabelecimento de limitações e relações algorítmicamente (ver figura 7);

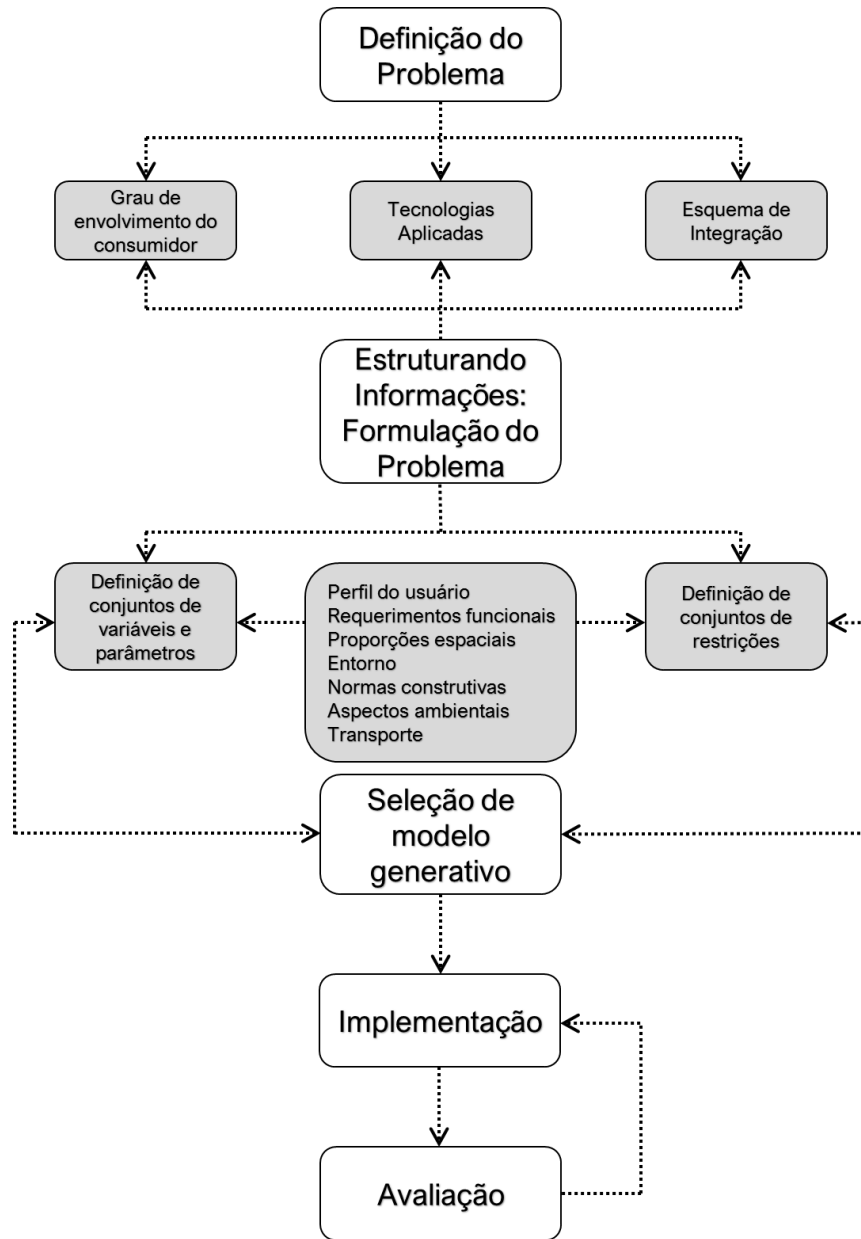
Segundo Bergin et al (2012), o trabalho promete pelo menos o aumento do número de opções disponíveis no design de customização em massa de residências e o aumento de viabilidade de customização em massa no mercado. Possibilita, ainda, a intervenção, não apenas de diferentes projetistas, mas também do público, no processo de projeto, além de evitar a monotonia da padronização.

O sistema gerado chamado de HAS (Housing Agency System), contém: modelos paramétricos e relações flexíveis que descrevem o espaço projetado, simulações para avaliação de cada iteração do espaço projetado, e metas estabelecidas que determinam soluções aceitáveis e guiam o sistema para resultados melhores ao comparar os resultados das simulações e consultas.

Peter Trummer e Martin Sobota (STELLMACH, 2007) trabalham com a identificação dos parâmetros a estudar, transformando aspectos qualitativos em parâmetros quantitativos, como tráfego, pobreza e crimes, e utilizando algoritmos para simular propostas para compreensão e visualização da complexa rede de relações formadas.

Friedman, Sprecher, Mohamed (2013) desenvolveram uma estrutura de processo para desenvolvimento de sistemas de projeto para customização em massa de residências (Figura 10). Esta estrutura sugere etapas para utilização de modelos generativos (algoritmos que podem ser em relação a gramática da forma, sistemas evolucionários, sistemas paramétricos, sistemas com base restritivas e sistemas combinados) para resolução de problemas na customização em massa de residências.

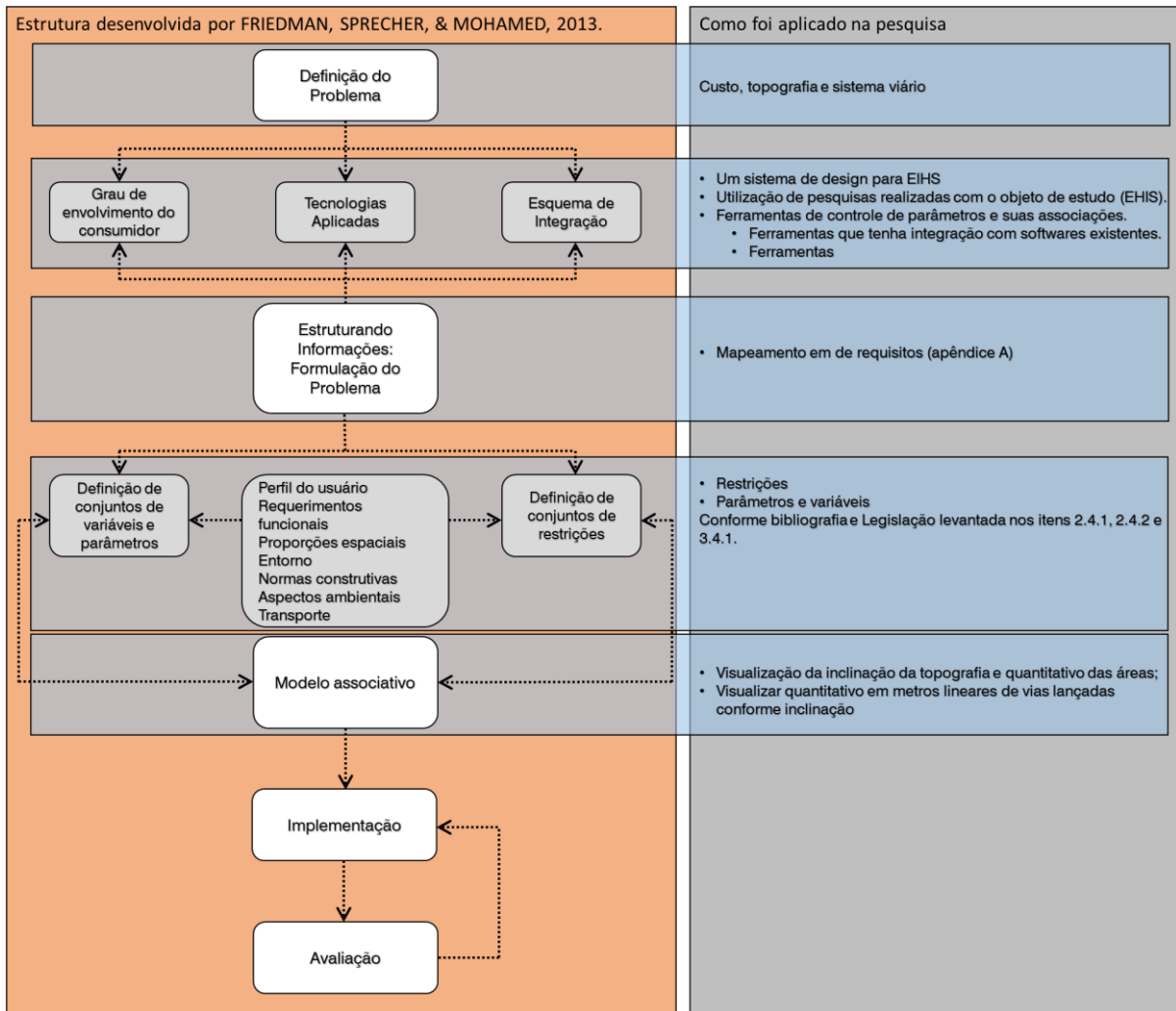
**Figura 10** – Estrutura do processo



**Fonte:** Traduzido e Adaptado de: (FRIEDMAN, SPRECHER, & MOHAMED, 2013)

Para o estudo desenvolvido nesta dissertação foi utilizada uma estrutura de processo baseado na estrutura desenvolvida por Friedman et al.(2013), mudando a problemática para a visualização das relações custo, topografia e sistema viário para EIHS (Figura 10).

**Figura 11 - Estrutura do processo de criação do modelo**



Fonte: Adaptado de: FRIEDMAN, SPRECHER, & MOHAMED, 2013.

## 2.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO

A revisão bibliográfica apresentada buscou primeiramente caracterizar o processo de projeto, seus problemas e estratégias para a solução dos mesmos, sendo possível destacar:

- A caracterização do projeto como um processo integrado (LAWSON, 2011), (TZORTZOPOULOS 1999) teve como objetivo a resolução de problemas de projetos a partir de um ciclo iterativo de tomadas de decisões utilizando a análise, síntese e avaliação.
- No entanto esses problemas não são lineares, nem bem definidos (SIMON, 1969), principalmente no início do processo de projeto pois surgem e se redefinem a medida que uma solução é adotada.

- Para resolver esses problemas, Rittel e Webber (1973), Schön (1983), Gross (1985), Voordt e Wegen (2005) e Lawson (2011), consideram muito importante a produção de possíveis soluções para ilustrar o problema, e enfatizam a interação do projetista com essa representação, mostrando a relevância que a percepção e cognição do projetista através de meios visuais tem no processo de projeto.
- Goldschmidt (2001), Tzortzopoulos (1999), Johnson et al (2008) e Ware (2008) discutem que visualização das informações expostas em meios visuais (Visual Thinking) como rascunhos, diagramas e gráficos contribui muito para o projetista compreender os problemas e servem como pontos de referência para o processo cognitivo, não sendo limitado pela capacidade humana de raciocínio.

A partir disso propõe-se a utilização do Design Digital, mais especificamente do design associativo, para visualizar relações entre parâmetros e a geração de gráficos que sirvam como referência e auxiliem o projetista a tomar decisões em aspectos que normalmente são difíceis de serem abordados devido a sua complexidade de processamento.

As principais características do Design Associativo levantados foram:

- O Design Associativo se insere no contexto do Design Digital em que Oxman (2005) diz que diferentemente do papel, a interação com o meio digital depende de elementos, regras e ferramentas computacionais.
- Terzidis (2003) e Gewely (2010) A utilização de algoritmos podem ajudar na utilização do poder computacional para resolução de problemas arquitetônicos.
- Segundo Oxman (2005) no Design Associativo, e Kolarevic (2000), Oosterhuis et al (2004) e Alvarado e Muñoz (2012) no que chamam de Design paramétrico, são declarados os parâmetros do objeto e suas relações de forma explícita, estabelecendo interdependências entre os objetos.
- Burry (2011), Meredith (2008) e Trummer (2011) dizem que todo projeto é em princípio paramétrico e o termo utilizado corretamente seria o design associativo, como Oxman (2006) coloca.

- Meredith (2008) e Nojimoto et al (2011) dizem que modificação dos valores de um parâmetro se propagam pelos objetos podendo simular diversas propostas mantendo as condições determinadas entre os parâmetros.
- Técnicas de design paramétrico como a modelagem paramétrica traz um maior nível de controle sobre o design, pois é possível a mudança de parâmetros no início do processo que afetam o resultado final mais complexo e detalhado.
- Por se tratar de um público utilizando basicamente tecnologia CAD para projetos, a partir da organização dos modelos de design digital feita por Oxman (2005) verificou-se que sistemas associativos configuram uma transição para sistemas generativos evolutivos e que sua utilização pode ser a transição para métodos mais avançados no futuro.
- E conseqüentemente por se tratar dessa transição de tecnologias, parte da modelagem desenvolvida no estudo empírico foi realizada de maneira manual, onde o projetista tem controle direto sobre a forma, mas modificando essa forma a partir da visualização de resultados da interação de parâmetros.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

#### 3.1. PESQUISA CONSTRUTIVA / DESIGN SCIENCE RESEARCH

Simon (1969) e, posteriormente, March e Smith (1995) fazem a distinção de estudos científicos em dois tipos de ciências: as naturais e as do artificial. Segundo esses autores as ciências naturais buscam compreender a realidade e fazem uso de métodos tradicionais de pesquisa nos domínios da física, biologia e das ciências sociais e comportamental. A ciência do artificial lida com criações humanas, como organizações e sistemas de informações, ou seja, fenômenos artificiais que podem ser tanto estudados como criados.

A pesquisa no âmbito da ciência do artificial é denominada de Pesquisa Construtiva por Lukka (2003) ou Design Science Research (DSR) por Van Aken (2004). Van Aken (2004) diz ainda que o DSR tem como objetivo o desenvolvimento de conhecimento para o projeto e construção de artefatos e que não desenvolve conhecimento para o leigo, mas sim para profissionais dentro de suas áreas de atuação.

Lukka (2003) ressalta que a pesquisa construtiva é um procedimento de pesquisa para produção de artefatos inovadores, com intenção de resolver problemas do mundo real e também fazer uma contribuição teórica para área em que é aplicada.

Segundo Lukka (2003) e Dresch et al (2015) artefatos podem ser entendidos como algo que é construído pelo homem - como modelos, diagramas, planos, estruturas organizacionais, produtos comerciais e design baseado em sistemas de informações, ou objetos artificiais que podem ser caracterizados em termos de objetivos, funções e adaptações. De acordo com Lukka (2003), uma das características de um artefato é que são inventadas e desenvolvidas, não descobertas. March e Smith (1995) definem quatro categorias de artefatos: constructos, modelos, métodos e instanciações.

O modelo, artefato desenvolvido nesta dissertação, é descrito por March e Smith (1995) como sendo um conjunto de proposições ou afirmações que

expressam relações entre constructos e, diferente de teoria, no desenvolvimento do modelo deve-se visar sua utilidade.

Os principais requisitos para pesquisa construtiva, segundo Lukka (2003), são:

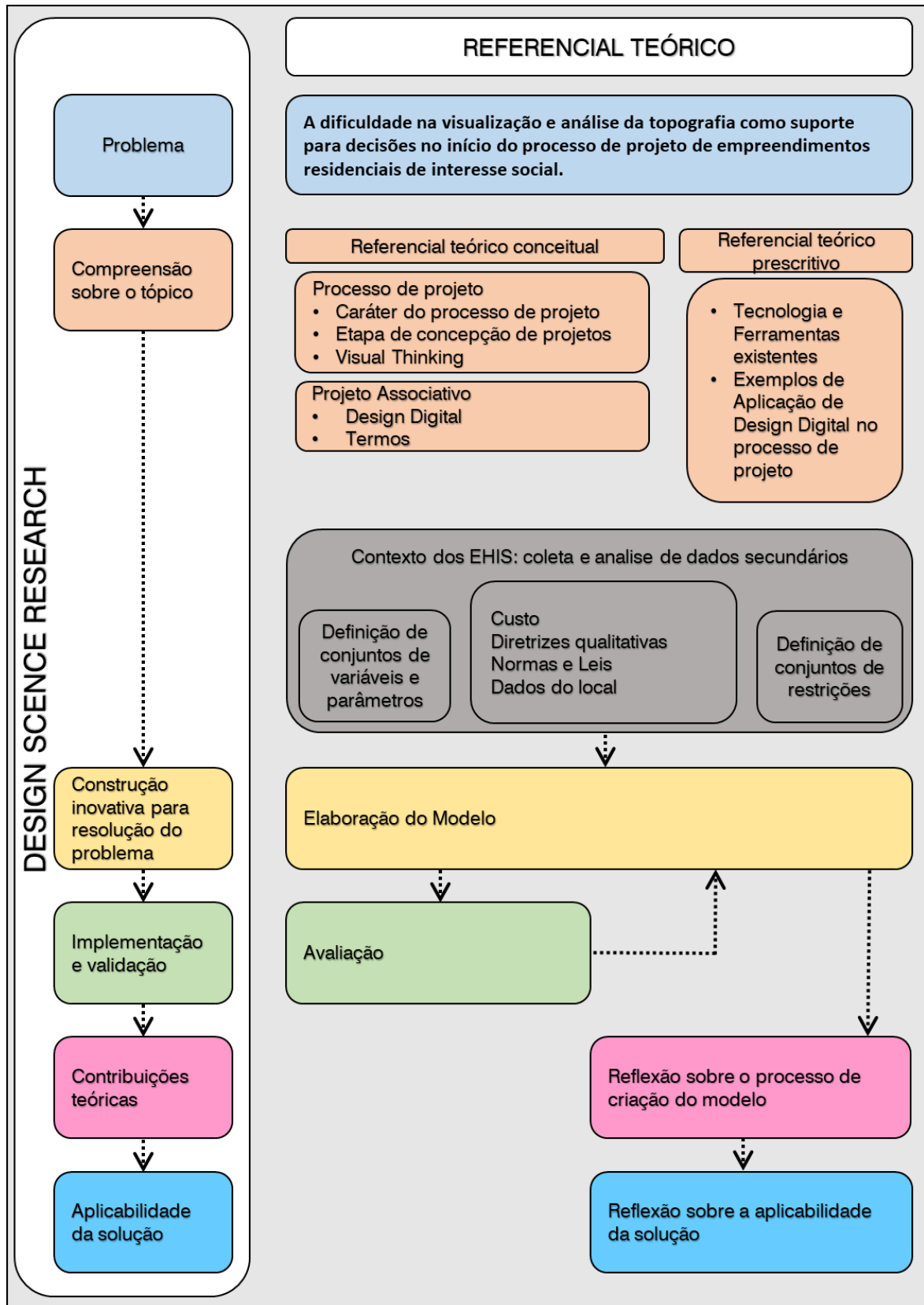
- Focar em problemas reais que possam ser resolvidos na prática;
- Obter uma compreensão geral sobre o tópico;
- Produzir um artefato inovador para resolver esse problema;
- Incluir uma tentativa de implementação do artefato desenvolvido de forma a avaliar sua aplicação na prática;
- Ter envolvimento e cooperação entre o pesquisador e os profissionais, em que se espera o aprendizado experimental;
- Ser explicitamente ligado ao conhecimento teórico;
- Refletir as conclusões empíricas de volta para teoria;

Para Dresch et al (2015) o DSR tem como finalidade conceber um conhecimento sobre como projetar, e não apenas aplicá-lo, e compreender o processo cognitivo por meio do qual foi elaborado o projeto que os define.

### 3.2. DELINEAMENTO DA PESQUISA

Seguindo os requisitos descritos por Lukka (2003), para pesquisa com DSR, foi delineado o processo de pesquisa e suas etapas para criação do modelo paramétrico que o trabalho se propõe a realizar (Figura 12).

Figura 12 – Delineamento da pesquisa



Fonte: do autor, 2016.

### 3.3. REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão bibliográfica foi baseada em livros e artigos enfocando, primeiramente, autores na área de processo de projeto e visual thinking como Alexander (1973), Gross (1985), Tzortzopoulos (1999), Goldschmidt (2001), Ware (2008), Lawson (2011), Gerber e Lin (2014) dentre outros visando contextualizar e delimitar a abrangência da pesquisa.

Em seguida foi analisada a literatura referente ao design associativo envolvendo autores como Kolarevic (2000), Terzidis (2003), Oostehuis, et al (2004), Oxman (2005), Goldberg (2006), Woodbury (2010), Mario Carpo (2011), Burry (2011), Trummer (2011), Alvarado & Muñoz (2012), entre outros com o intuito de:

- Compreender os conceitos, ferramentas e métodos existentes para processamento, gerenciamento e hierarquização de requisitos.
- Conhecer aplicações e limitações do design associativo na etapa de concepção do processo de projeto arquitetônico, caracterizando esta etapa quanto ao escopo de decisões a serem tomadas.
- Identificar e analisar processos de projeto voltados para organização de requisitos e criação de diretrizes básicas de concepção.
- Identificar ferramentas e softwares existentes que integram esses parâmetros de forma a criar modelos que sejam coerentes e não conflitantes entre si.
- Determinar um processo base e diretrizes para a implantação do sistema paramétrico.

Para a elaboração do modelo, houve a necessidade de se obter dados reais de um EHIS, de forma a também possibilitar, ao final, uma avaliação de utilidade do modelo proposto. O problema de pesquisa desta dissertação indicava a necessidade de obter dados que estabelecessem parâmetros qualitativos desejáveis para esse tipo de empreendimento (designado, na Figura 12, como coleta e análise de dados secundários). Esses dados estão descritos e justificados a seguir.

### 3.4. INFORMAÇÕES DO EHIS

#### 3.4.1. Local

O terreno utilizado para o desenvolvimento deste estudo exploratório foi destinado a um empreendimento habitacional de interesse social que conta com 220 unidades residenciais caracterizadas como habitações térreas unifamiliares, em uma área de 121.000,00m<sup>2</sup>.

O perímetro do terreno desenvolve-se na forma de um trapézio, com o lado sul de maneira irregular, devido ao fundo de vale. Sua topografia se desenvolve com dois sentidos de inclinação, sendo a parte norte com a declividade no sentido leste e a parte sul voltada para o fundo de vale (Figura 13).

### 3.5. COLETA E ANÁLISE DE DADOS SECUNDÁRIOS

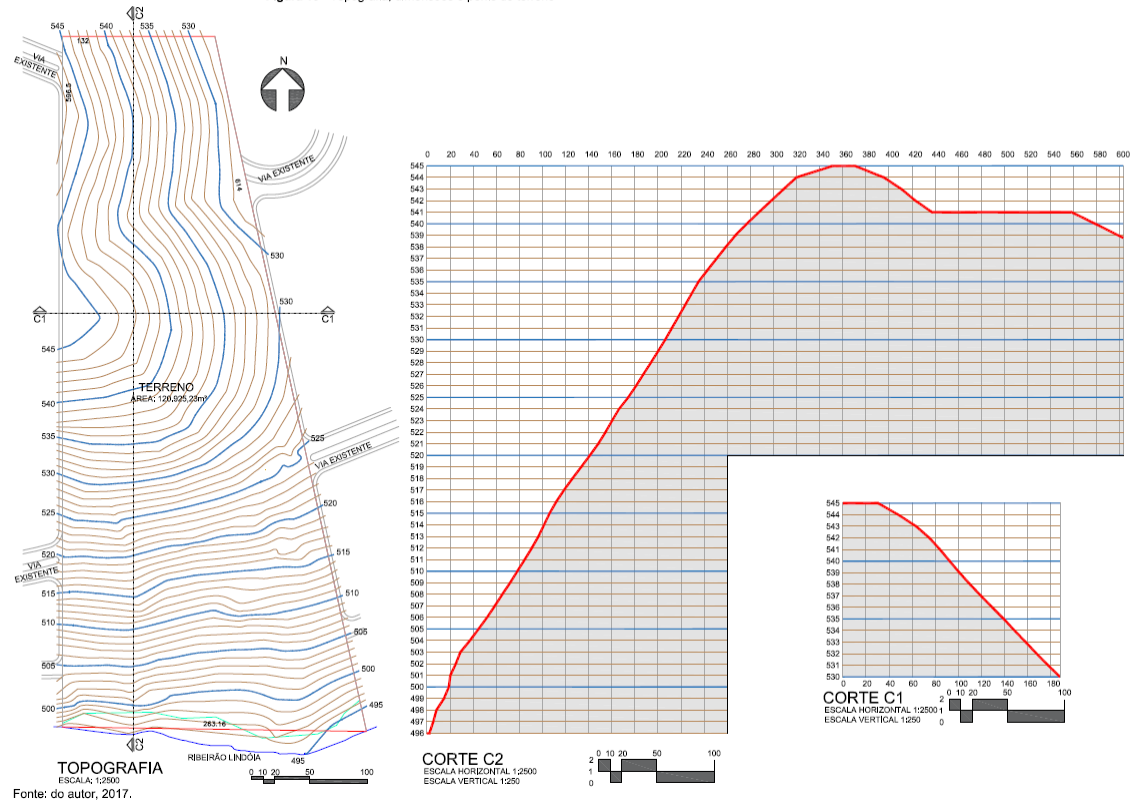
Consistiu em levantamento bibliográfico referente ao objeto de estudo empreendimentos residenciais de interesse social, em especial autores como Aragão (2014), Ayoub (2014), Shigueharu (2015), Vicentim (2015) entre outros que contribuíram com diretrizes qualitativas para o modelo. O objetivo desse levantamento foi buscar requisitos de projeto de EHIS para apoiar o desenvolvimento do modelo.

#### 3.5.1. Custo de Infraestrutura Urbana

Segundo Aragão (2014), três itens relacionados ao terreno influenciam no custo do EHIS: a condição física do terreno é fator determinante para definir custos de infraestrutura; a localização do terreno em relação a áreas urbanas consolidadas afeta o custo dos equipamentos institucionais, pois a inexistência de serviços comunitários nos arredores exige a reserva de terreno para tal; por fim é o custo do terreno que entra em conflito com o item anterior, devido a supervalorização de áreas próximas a áreas urbanizadas já consolidadas, os EHIS estão sendo instalados cada vez mais distantes das estruturas urbanas.

Figura 13 - Topografia, dimensões e perfis do terreno

42



Saito (2016) ao propor uma sistemática para análise do Custeio-Meta para EHIS, apontou indicadores para estimativa de custos de infraestrutura urbana, com base em revisão de literatura. Grande parte desses indicadores tem como parâmetro o comprimento de vias projetadas para o loteamento, o que implica na prevalência do efeito desse parâmetro sobre os custos dos elementos da infraestrutura urbana. Desta forma, no desenvolvimento do modelo, o comprimento de vias foi adotado como elemento fundamental na análise de custos.

### 3.5.2. Diretrizes Qualitativas

A definição dos parâmetros, variáveis e restrições foi feita com base em estudos que tratam de diretrizes qualitativas no contexto de EHIS, e estão apresentadas na tabela 2. Posteriormente, foram levantados parâmetros legais na localidade em que foi desenvolvido o presente estudo. Por fim, essas informações foram organizadas na Figura 14 da pesquisa, como forma de relacionar e hierarquizar todos os requisitos levantados.

Em relação aos espaços livres de uso público, Ayoub (2014) compila, em sua pesquisa, orientações de projeto para praças de EHIS.

Shigueharu (2015) sintetiza diretrizes projetuais para favorecer o fortalecimento do senso de comunidade em áreas de habitação de interesse social a partir de conceitos de caminhabilidade e da definição do uso solo. Os resultados desse estudo são considerados importantes porque afetam o índice de retenção das famílias no EHIS: quanto maior o senso de comunidade, menor a probabilidade de que as famílias abandonem o imóvel antes da quitação do financiamento.

**Tabela 2 – Diretrizes qualitativas**

AUTORES	DIRETRIZES PRESCRITIVAS		
ARAGÃO, Danilton Luis Lima Jesus, 2014.	Custo	Aquisição do terreno – 15% do custo total <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especulação imobiliária;</li> <li>• Localização;</li> </ul>	
		Infraestrutura – 16% do custo total + Parte do BDI <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condição física do terreno;</li> <li>• Equipamentos urbanos existentes;</li> </ul>	
		Unidades Habitacionais – 51% do custo total <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipologia e área construída não tem influência na venda;</li> <li>• Não há especulação imobiliária;</li> </ul>	
SHIGUEHARU, Mariana A. 2015.	Caminhabilidade	Utilizar o perímetro máximo de 800 metros para as quadras;	
		Alargar calçadas próximas a áreas de lazer a fim de possibilitar o seu uso para a prática de caminhadas e passeios contemplativos;	
		Incentivar o uso do pedestre, por meio de calçadas que apresentem caminhabilidade, acessibilidade e boa declividade	
VICENTIM, Thaisa Nunes. 2015.	Comércio	Estabelecer núcleo comercial para região.	
		Implantar espaços comerciais em áreas de baixa declividade;	
		Direcionar o fluxo de veículos para as áreas de comércio;	
		Garantir a abrangência total do comércio fixando um raio de 400m de alcance.	
AYOUB, Thamine de Almeida Ayoub.2014	Praças	Devem ser acessíveis a, no máximo, 750m de todos os pontos do bairro.	
		Os lotes residenciais devem ter frente voltada para as praças.	
		Praças menores: espaços íntimos e de sociabilização.	Lado maior com no máximo 25m, com assentos e vegetação.
		Praça maior: atividade de lazer	Lado maior com no máximo 150m, setorizadas.
			Um setor dotado de equipamentos como academia ao ar livre.

Fonte: do autor, 2017.

Por fim, a partir do monitoramento de estabelecimentos comerciais informais realizado no Residencial Vista Bela, Vicentim (2015) estabelece diretrizes para o controle do comércio de maneira indiscriminada pela área residencial.

Pela dimensão do empreendimento, as vias estruturais, arteriais e coletoras já são atendidas pelas vias traçadas a partir das restrições. Além disso,

Shigueharu (2015) propõe a preferência na construção de vias estreitas para diminuir o fluxo e velocidade de veículos, privilegiando o pedestre, de forma a proporcionar maior senso de comunidade. Por isso, apenas vias locais serão lançadas no projeto.

### 3.5.3. Legislação

Para o levantamento de requisitos de origem legal, que se caracterizam como diretrizes prescritivas para implantação do empreendimento, foram consultadas as seguintes leis municipais e diretrizes listadas na Tabela 3.

- Lei nº11.672 de 24 de Julho de 2012 que dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos no Município de Londrina e dá outras providências (PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA 2012).
- Lei nº12.236 de 29 de Janeiro de 2015 que dispõe sobre o Uso e a Ocupação do Solo no Município de Londrina e dá outras providências (PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA 2015).
- Projeto de Lei de 19 de Julho de 2013 que regulamenta as Zonas Especiais de Interesse Social (PREFEITURA DE LONDRINA, 2013).
- Lei nº12.237 de 29 de Janeiro de 2015 que dispõe sobre o Sistema viário de Londrina e dá outras providências (PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA 2015).
- Lei nº11.471 de 5 de Janeiro de 2012 que institui o Código Ambiental do Município de Londrina (PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA 2012).

**Tabela 3 – Requisitos de Leis Municipais**

LEIS MUNICIPAIS	REQUISITOS PRESCRITIVOS			
Lei nº11.672/2012 – Parcelamento do Solo	Vias	Vias com no mínimo 4 faixas a 700m de qualquer lote.		
		Ciclovias em vias Estruturais, arteriais, coletoras e Anel de Integração.		
		Continuidade do traçado existente nas adjacências do lote.		
	Maior dimensão da quadra: 250m. Exceto quadras maiores de 15.000m <sup>2</sup> , lindeiras a rios, ao longo de rodovias, e outras barreiras.			
	Áreas de domínio público: 35% do total a ser parcelado para áreas maiores que 20.000m <sup>2</sup> e 15% para áreas menores que esse valor.	Áreas livres de uso público 7%;	50% da área em terreno único, com declividade menor que 15%.	
		Áreas institucionais 3%;	Acesso por via de 15 metros de largura.	
Lotes	Profundidade mínima 15m + 1,5m a cada ponto percentual acima de 5% de inclinação.			
	Largura mínima 5m + 0,5m a cada ponto percentual acima de 10% de inclinação.			
Lei nº12.236/2015 – Uso e a Ocupação do Solo	Lotes	Até 25% seguindo usos permitidos da ZR3.		
		75% das unidades para HIS.		
	Área máxima de quadra: 20.000m <sup>2</sup> .			
Projeto de Lei de 19 de Julho de 2013 – Zonas Especiais de Interesse Social	Área mínima do lote: 250m <sup>2</sup> com Subdivisão com data mínima de 125m <sup>2</sup> .			
	Frente mínima e largura média: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5m para meio de quadra;</li> <li>• 10m para esquinas;</li> </ul>			
Lei nº12.237/2015 – Sistema Viário	Vias estruturais e anel de integração: caixa de via de 40 a 50m, perfil: calçadas, faixa de estacionamento e faixas de rolamento em cada sentido com ciclovias no canteiro central.			
	Vias arteriais: caixa de via de 30 a 34m, perfil: calçadas, faixa de estacionamento e faixas de rolamento em cada sentido com ciclovias no canteiro central.			
	Vias coletoras a cada 350m (caixas de via de 18 a 20m, formado por calçadas, pista com faixa de estacionamento e rolamento em cada sentido do tráfego, podendo ter ciclofaixa).			
	Vias locais com caixa de via de 15m a 17m.			
	Ciclovias com largura mínima de 1,2m por sentido de tráfego.			
	Vias projetadas, que constituem prolongamento de trechos existentes, deverão seguir a mesma hierarquização.			
Lei nº11.471/2012 – Código Ambiental	Área de preservação permanente ao longo de rios, córregos, nascentes, lagos e reservatórios. EM faixa marginal de 30m.			

**Fonte:** do autor, 2017.

#### 3.5.4. Organização das Informações para Elaboração do Modelo

Para criação dos algoritmos é necessário conhecer as relações de interdependência entre parâmetros para determinação das associações. Para tanto, os requisitos e diretrizes coletados foram organizados, por semelhança ou complementação de conteúdo das fontes, na forma de um mapa (Figura 14), no qual foram estabelecidas hierarquia e relações de interdependência entre os elementos e determinadas restrições, parâmetros e variáveis a serem aplicadas no modelo e a serem utilizadas para o lançamento de vias conforme Figura 15.

Este mapa não só permitiu determinar os parâmetros a serem utilizados nos modelos desenvolvidos, mas pode ser utilizado como referência para a formulação de outros algoritmos.

A partir da construção do mapa, e diante da complexidade dessas relações e do tempo disponível para a finalização desta dissertação, optou-se por restringir o desenvolvimento do modelo a um elemento considerado essencial e determinante dos custos do EHIS, tendo em vista as condicionantes desse tipo de empreendimento já discutidas.

O modelo foi, então, elaborado com vistas a permitir análise visual da relação do sistema viário com a topografia que mantém relação direta com os custos: quanto mais inclinadas e mais extensas forem as vias, maior será o custo de infraestrutura, devido à maior movimentação de terra, aumento do uso de contenção nas divisas e aumento do número de poços de visita nas redes de água e esgoto.

Por outro lado, a redução da declividade das vias favorece algumas diretrizes qualitativas, como por exemplo, a caminhabilidade descrita por Shigueharu (2015).

FIGURA 14

Figura 14 - MAPEAMENTO REQUISITOS PARA EHS

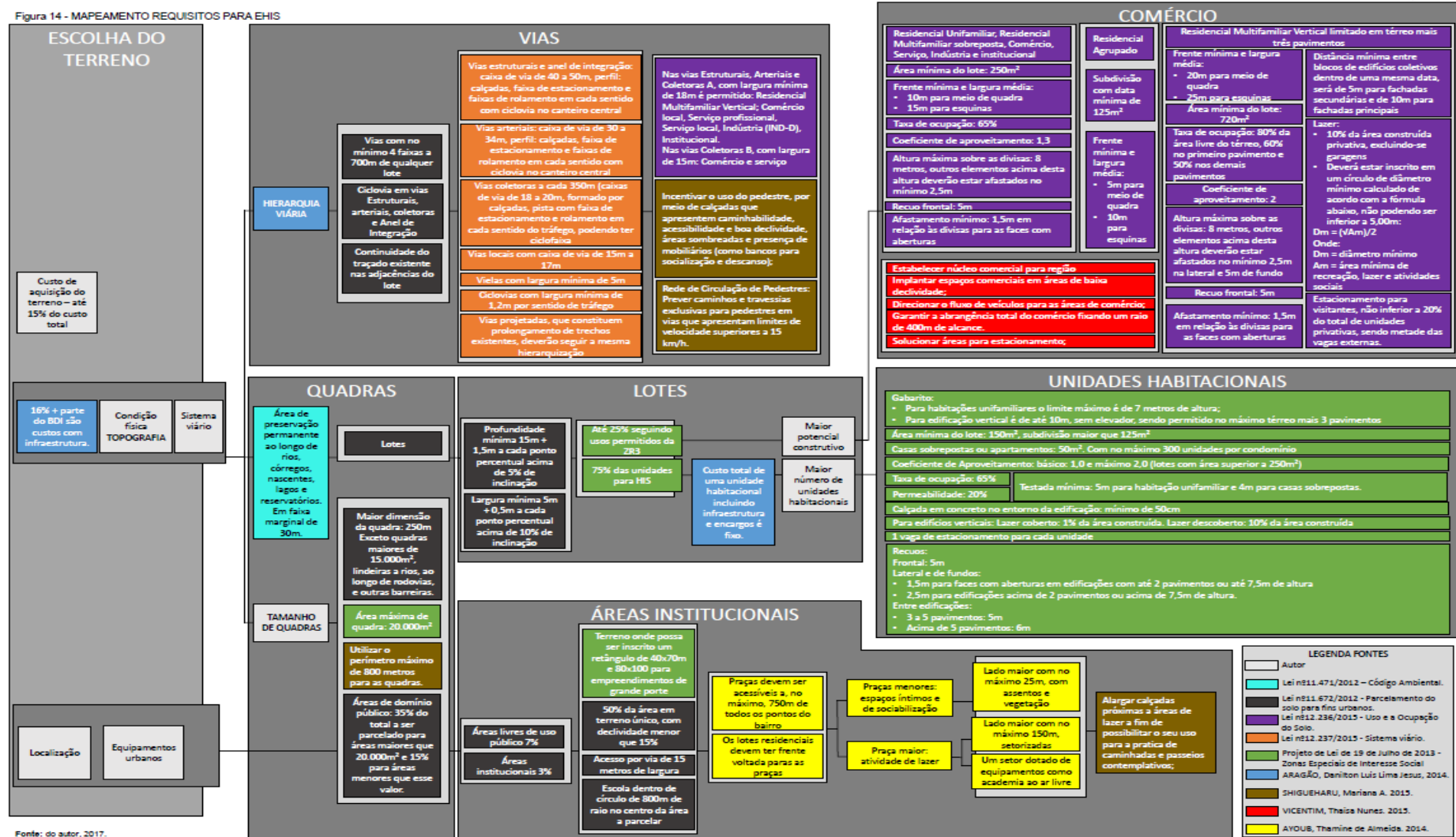
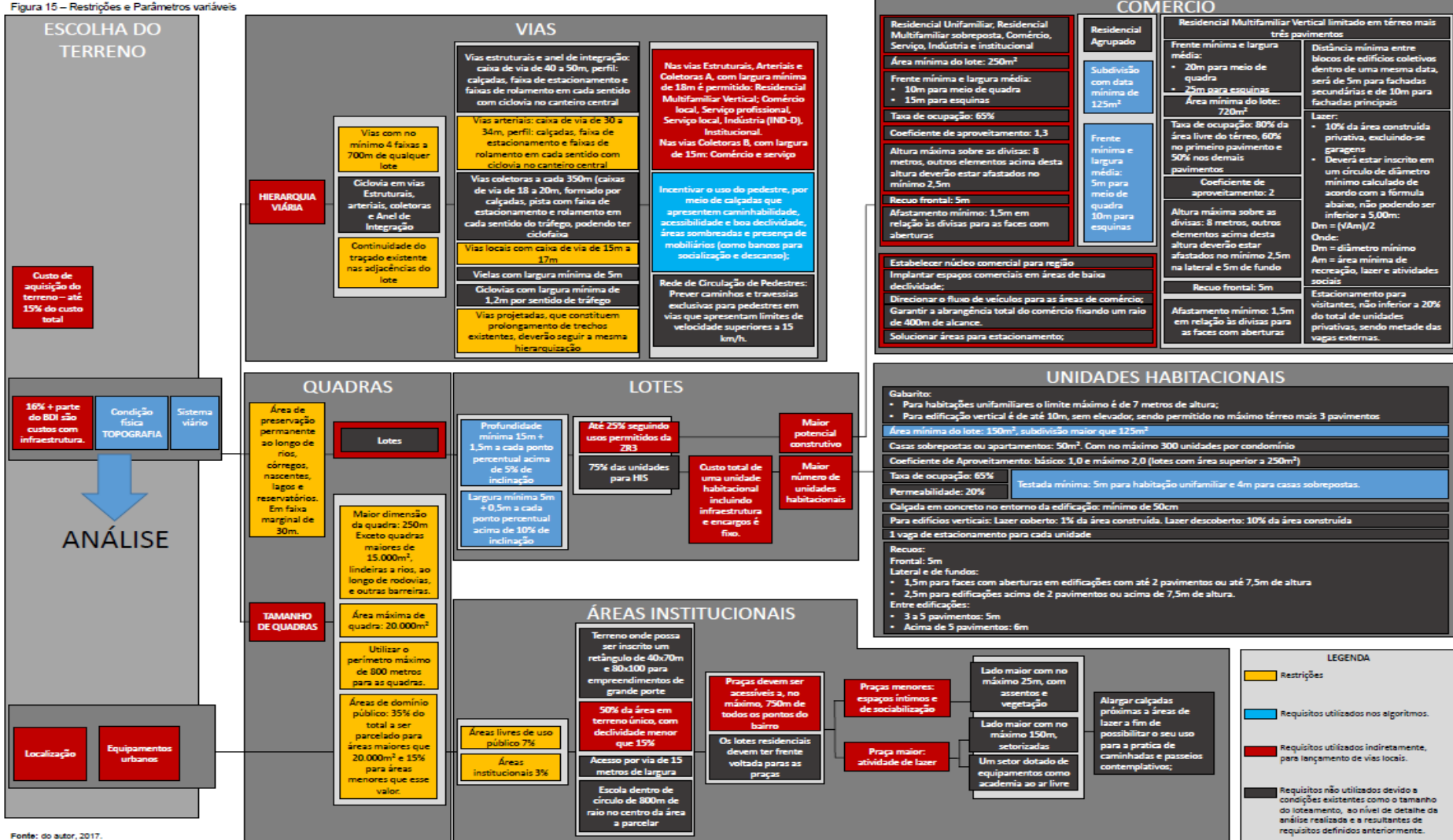


FIGURA 15

Figura 15 – Restrições e Parâmetros variáveis



### 3.6. ELABORAÇÃO DO MODELO

O artefato desenvolvido consiste em um modelo parametrizado de loteamento para EHIS, a partir da formulação de algoritmos para avaliação da topografia do terreno e visualização de relações entre a topografia e o sistema viário.

O modelo foi desenvolvido em etapas, listadas abaixo, cujos procedimentos e ferramentas serão detalhados no capítulo 4:

- Escolha das ferramentas, com base na revisão de literatura (capítulo 2);
- Levantamento de dados em relação ao objeto de estudo, requisitos normativos e diretrizes projetuais;
- Análise e organização dos requisitos por meio do mapeamento de requisitos e diretrizes (Figura 14);
- Estabelecimento de restrições e variáveis;
- Formulação do algoritmo para avaliação de topografia, mapeando e quantificando inclinações;
- Aplicação do algoritmo em um estudo de estudo (terreno destinado a EHIS);
- Formulação do algoritmo para avaliação do sistema viário em relação a topografia;
- Aplicação do algoritmo no caso estudado considerando-se as vias de acordo com o projeto executado;
- Organização dos resultados em planilhas e geração de gráficos apresentando as inclinações das vias projetadas com relação ao terreno natural, visando avaliar os impactos da proposta nos custos de execução das vias;
- Aplicação do algoritmo no caso estudado, com lançamento de vias propostas pelo autor a partir de diretrizes qualitativas descritas no item 3.5.2 e do feedback visual em tempo real das vias na topografia;
- Organização dos resultados em planilhas e geração de gráficos, apresentando as inclinações das vias projetadas

com relação ao terreno natural, visando avaliar os impactos da proposta nos custos de execução das vias;

### 3.7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a construção do artefato foi realizada a avaliação do mesmo como parte do DSR. Segundo March e Smith (1995) um modelo deve ser avaliado segundo sua fidelidade com fenômeno real, plenitude, nível de detalhe, operacionalidade, robustez, consistência interna, generalidade, eficiência e facilidade de uso.

O modelo foi avaliado em duas etapas: a primeira, feita pelo próprio autor no desenvolvimento e formulação do modelo, e a segunda, por um profissional do mercado, especialista na execução de EHIS e responsável pelo empreendimento adotado como caso nesta dissertação, para considerações quanto a utilidade do modelo, sua aplicabilidade e eficácia. Por se tratar de uma pesquisa construtiva a participação do autor no desenvolvimento do modelo não implica em problema para pesquisa como descrito no item 3.1.

O especialista foi selecionado devido a sua forte atuação profissional, há cerca de 25 anos, no desenvolvimento de EHIS, em Londrina e região, participação nas pesquisas em torno do objeto de estudo, e disponibilidade em participar desta pesquisa, em específico, para a avaliação do modelo. Tem formação em Engenharia Civil, exerce a função de Diretor técnico de empresa privada na área da construção civil.

A avaliação pelo especialista foi realizada por meio de uma entrevista não estruturada em 12 de Junho de 2017. Primeiramente foi apresentado o modelo, seu desenvolvimento, funcionamento, aplicações e resultados obtidos, para então o avaliador realizar as observações em relação ao mesmo.

Cabe salientar que o especialista forneceu levantamento topográfico e projeto de loteamento para área em que o modelo foi aplicado, o que permitiu

comparar os resultados do modelo com sua própria experiência no projeto do loteamento.

## **4. ELABORAÇÃO DO MODELO**

### **4.1. DEFINIÇÃO DO CONJUNTO DE RESTRIÇÕES**

A partir do mapeamento de requisitos (Figuras 14 e 15) e diretrizes, foram determinadas as restrições para o terreno estudado, apresentadas na Tabela 4.

Foi observado que no início do processo de projeto é preciso verificar condicionantes estruturais e de contorno estabelecidas pela legislação urbanística existente.

No caso do terreno estudado, a Lei nº11.672 exige que haja continuidade do traçado das vias existentes nas adjacências do lote. Além disso, a existência de área de preservação permanente no limite sul do terreno requer vias ao longo da faixa de preservação e a observância do código ambiental municipal, instituído pela lei nº11.471. Segundo esta lei, as áreas de preservação permanente devem corresponder, no caso do terreno estudado, a uma faixa de 30 metros ao longo do Ribeirão Lindóia a partir do nível mais alto de suas margens.

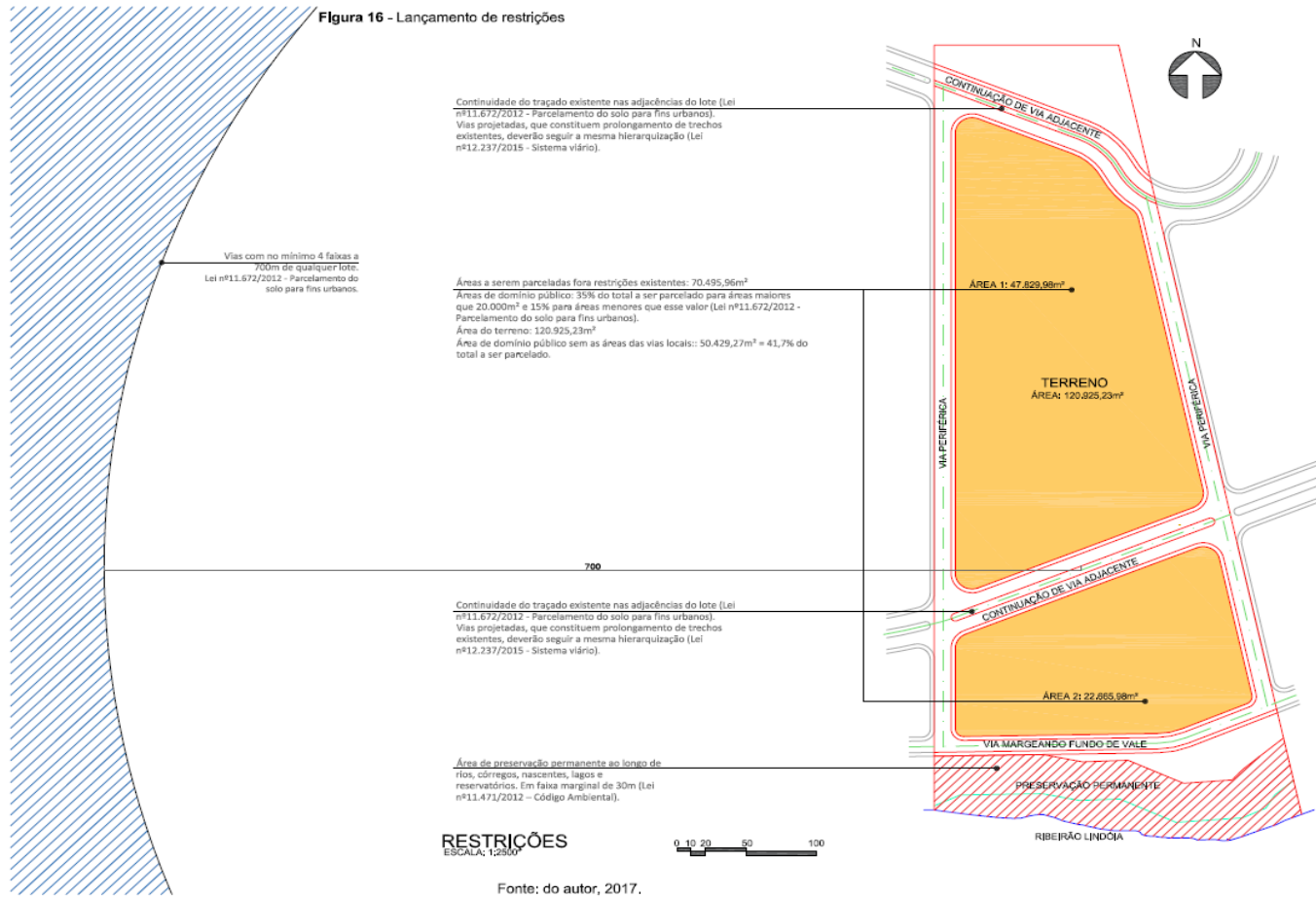
**Tabela 4 – Restrições**

RESTRICÇÕES	UTILIZAÇÃO
Área de preservação permanente ao longo de rios, córregos, nascentes, lagos e reservatórios. Em faixa marginal de 30m.	Faixa marginal ao longo do Ribeirão Lindóia.
Continuidade do traçado existente nas adjacências do lote.	Continuidade das vias adjacentes.
Vias projetadas, que constituem prolongamento de trechos existentes, deverão seguir a mesma hierarquização.	
Vias com no mínimo 4 faixas a 700m de qualquer lote.	Distância de abrangência da via Arterial.
Vias arteriais: caixa de via de 30 a 34m, perfil: calçadas, faixa de estacionamento e faixas de rolamento em cada sentido com ciclovia no canteiro central	Valores máximos que serão utilizados em conjunto com dimensões dos lotes para o lançamento das vias.
Vias locais com caixa de via de 15m a 17m.	
Maior dimensão da quadra: 250m Exceto quadras maiores de 15.000m <sup>2</sup> , lindeiras a rios, ao longo de rodovias, e outras barreiras.	
Área máxima de quadra: 20.000m <sup>2</sup> .	
Utilizar o perímetro máximo de 800 metros para as quadras.	
Áreas de domínio público: 35% do total a ser parcelado para áreas maiores que 20.000m <sup>2</sup> e 15% para áreas menores que esse valor.	

**Fonte:** do autor, 2017.

A partir dessas restrições principais para o lançamento de vias, foram demarcadas as vias exigidas na figura 16.

Ao lançar todas as restrições de vias e preservação ambiental, a área útil do terreno foi reduzida para 70.495,96m<sup>2</sup>, ou 58,29% da área total. Segundo a Lei nº11.672/2012, áreas de domínio público deverão corresponder a, no mínimo, 35% da área do terreno. Para viabilizar o empreendimento, é necessário que o parcelamento do solo permita a utilização do máximo da área restante para as unidades habitacionais, sendo necessário, portanto, o lançamento do menor número de vias locais possível.



#### 4.2. DEFINIÇÃO DO CONJUNTO DE PARÂMETROS E VARIÁVEIS

Para a análise do sistema viário com a topografia, recorte adotado neste estudo, os requisitos e diretrizes que auxiliaram no lançamento das vias são apresentados na Tabela 5 e os requisitos e diretrizes utilizados diretamente nos algoritmos são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 5** – Requisitos que auxiliaram no lançamento das vias.

REQUISITOS E DIRETRIZES	UTILIZAÇÃO
Até 15% do custo total do empreendimento para aquisição do terreno.	Único requisito que envolve especulação imobiliária, e precisa de um equilíbrio com o custo de infraestrutura e aproveitamento do terreno para viabilizar o empreendimento
Entre 16% e 34% do custo total do empreendimento para Infraestrutura	Considerando um custo e lucros constantes para o empreendimento, quanto menor o custo de infraestrutura, mais recursos são possíveis de serem alocados para a unidade habitacional.
Nas vias Estruturais, Arteriais e Coletoras A, com largura mínima de 18m é permitido: Residencial Multifamiliar Vertical; Comércio local, Serviço profissional, Serviço local, Indústria (IND-D), Institucional. Nas vias Coletoras B, com largura de 15m: Comércio e serviço	A possibilidade se locar estabelecimentos comerciais no empreendimento.
Até 25% seguindo usos permitidos da ZR3	
Garantir a abrangência total do comércio fixando um raio de 400m de alcance.	
Custo total de uma unidade habitacional incluindo infraestrutura e encargos é fixo.	É necessário o maior número de unidades habitacionais possível.
Área de domínio público: 50% da área em terreno único, com declividade menor que 15%.	Locar espaços públicos em local com menor declividade no terreno.

**Fonte:** do autor, 2017.

**Tabela 6** – Requisitos e diretrizes utilizados para desenvolvimento dos modelos.

REQUISITO E DIRETRIZES	UTILIZAÇÃO
Condição física do terreno: Topografia.	Análise de inclinação da topografia do terreno.
Incentivar o uso do pedestre, por meio de calçadas que apresentem caminhabilidade, acessibilidade e boa declividade, áreas sombreadas e presença de mobiliários (como bancos para socialização e descanso);	Lançamento de vias de maneira que tenha baixa declividade.
Área mínima do lote: 150m <sup>2</sup> , subdivisão maior que 125m <sup>2</sup>	Como visto na tabla anterior que é necessário o maior número possível de Unidades habitacionais, utilizando a área mínima do lote como fixa é possível ter uma relação entre o comprimento e largura do terreno para determinar o tamanho da quadra.
Testada mínima: 5m para habitação unifamiliar e 4m para casas sobrepostas.	Valores mínimos para largura dos lotes

**Fonte:** do autor, 2017.

#### 4.3. MODELOS ASSOCIATIVOS

Primeiramente foi desenvolvido um algoritmo para coloração de objetos (linhas e superfícies) com inclinação em relação a um plano horizontal com o objetivo de analisar a inclinação do sistema viário. Entretanto, verificou-se que o modelo resultante também poderia ser utilizado em uma etapa anterior, auxiliando na escolha do terreno. Com isso, os modelos desenvolvidos foram separados em modelo de análise de topografia para viabilidade técnica e modelo para visualização da relação das vias com a topografia.

O modelo proposto tem como base a análise de dados topográficos a partir de um levantamento topográfico, que é o ideal mas nem sempre se tem o levantamento nesta etapa. Como alternativa, é possível fazer uso de outras fontes baseadas em técnicas de aerofotogrametria como Cartas topográficas, fornecidas pela prefeitura do município ou o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Google Earth em conjunto com o software Sketchup e ainda dados do Open Street Map (OSM) que coleciona um acervo de dados geográficos e os divulgam de forma gratuita.

#### 4.3.1. MODELO DE ANÁLISE DE TOPOGRAFIA PARA VIABILIDADE TÉCNICA

Para a formulação do modelo foram definidos alguns objetivos:

- Demarcação da Topografia segundo gradiente de inclinação
- Cálculo de áreas segundo inclinação de topografia. Ex.: Áreas com mais de 30% de inclinação e sua proporção em relação à área total do terreno.
- Possibilidade de exportar valores em planilhas de Excel, para vincular com outros valores, como custo.

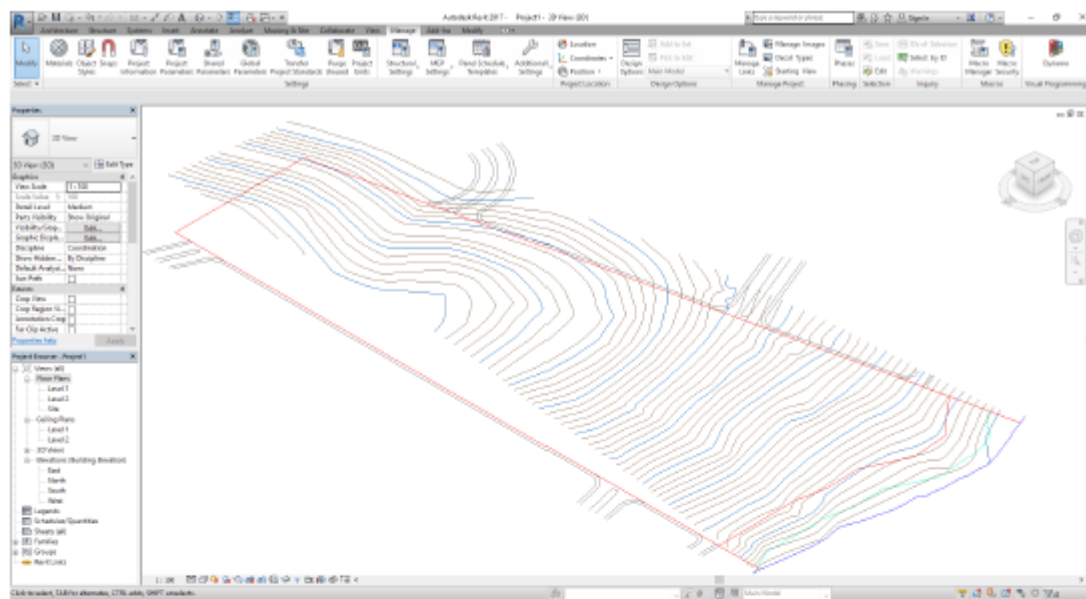
Primeiramente foram utilizados dados topográficos junto com parâmetros para o cálculo da inclinação relacionando com cores, para uma visualização geral do terreno.

O modelo apresentado na Figura 18 se configura da seguinte maneira:

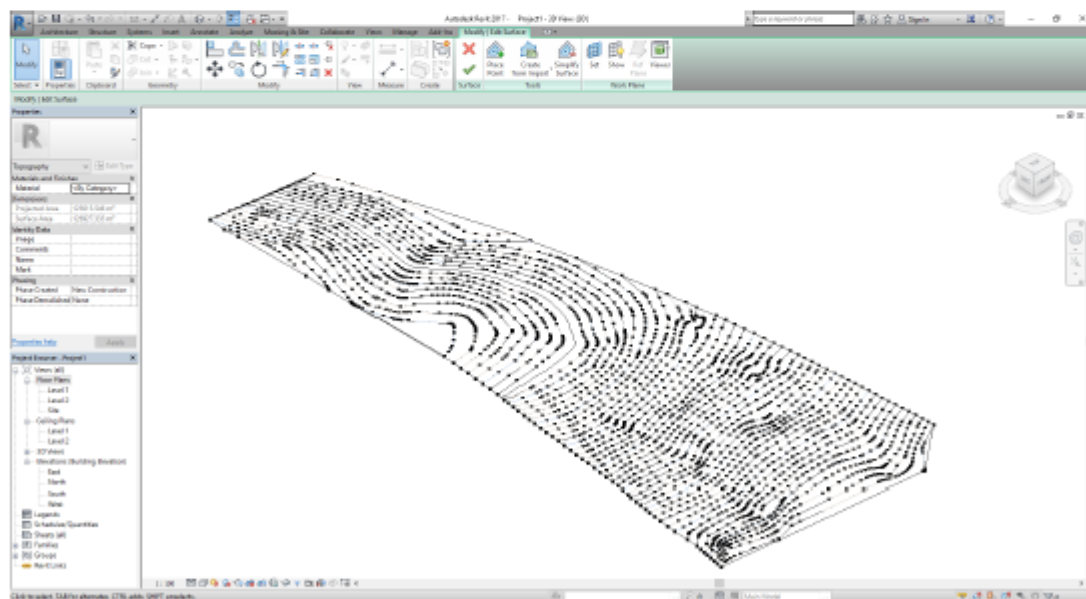
- Importação dos dados topográficos (no caso o levantamento topográfico em Autocad) para o Revit e criação da superfície topográfica conforme Figura 17.
- Processamento dos dados topográficos, transformando a superfície do terreno em faces triangulares conforme itens 1 e 2 da Figura 18;
- Em cada face triangular é traçado um vetor perpendicular à sua face em que o plugin chama de “normal” e calculado o seu ângulo conforme item 3 da Figura 18;
- Em paralelo ao cálculo dos ângulos de cada face é feita configuração das cores a serem utilizados conforme item 4 da Figura 18.
- O valor resultante do ângulo determina a cor da face conforme item 5 da Figura 18.
- O resultado mostra que quanto mais vermelho maior é a inclinação e quanto mais verde, mais plano.

FIGURA 17

Figura 17 – Preparação dados topográficos



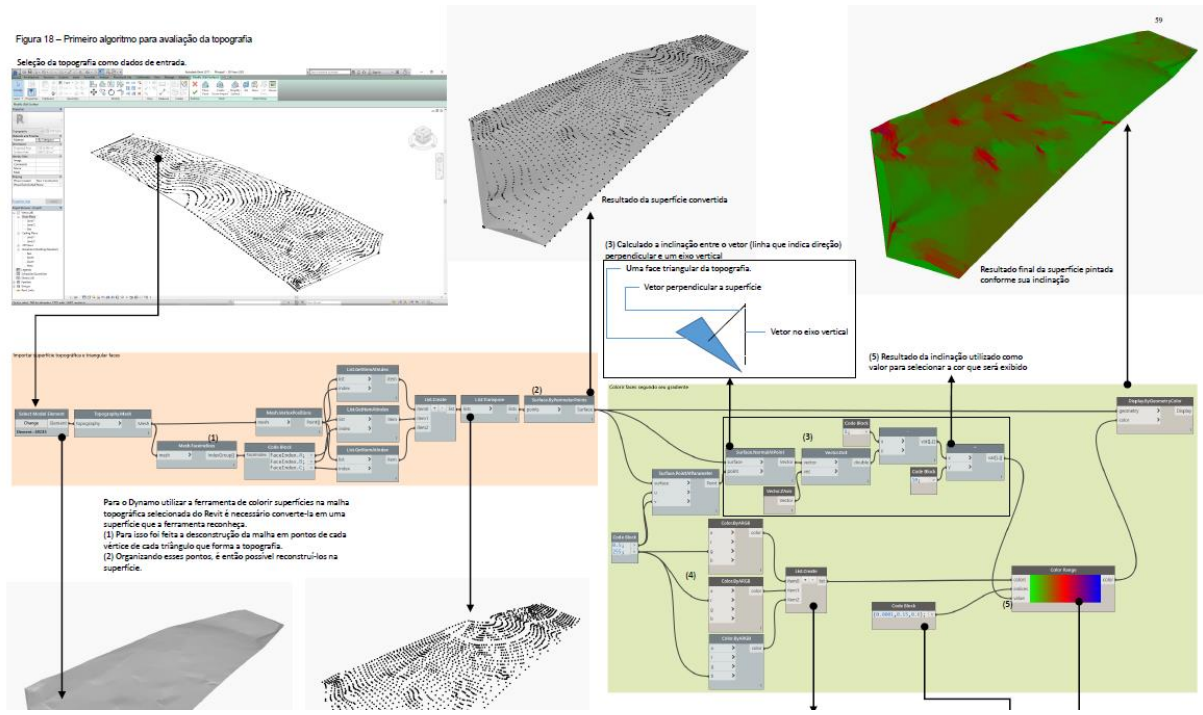
1 - Importação de curvas de nível do CAD para o Software Revit.



2 – Preparação dos dados: Criação de superfície topográfica com as curvas importadas, através da ferramenta Toposurface do Revit.

Fonte: do autor, 2017.

FIGURA 18



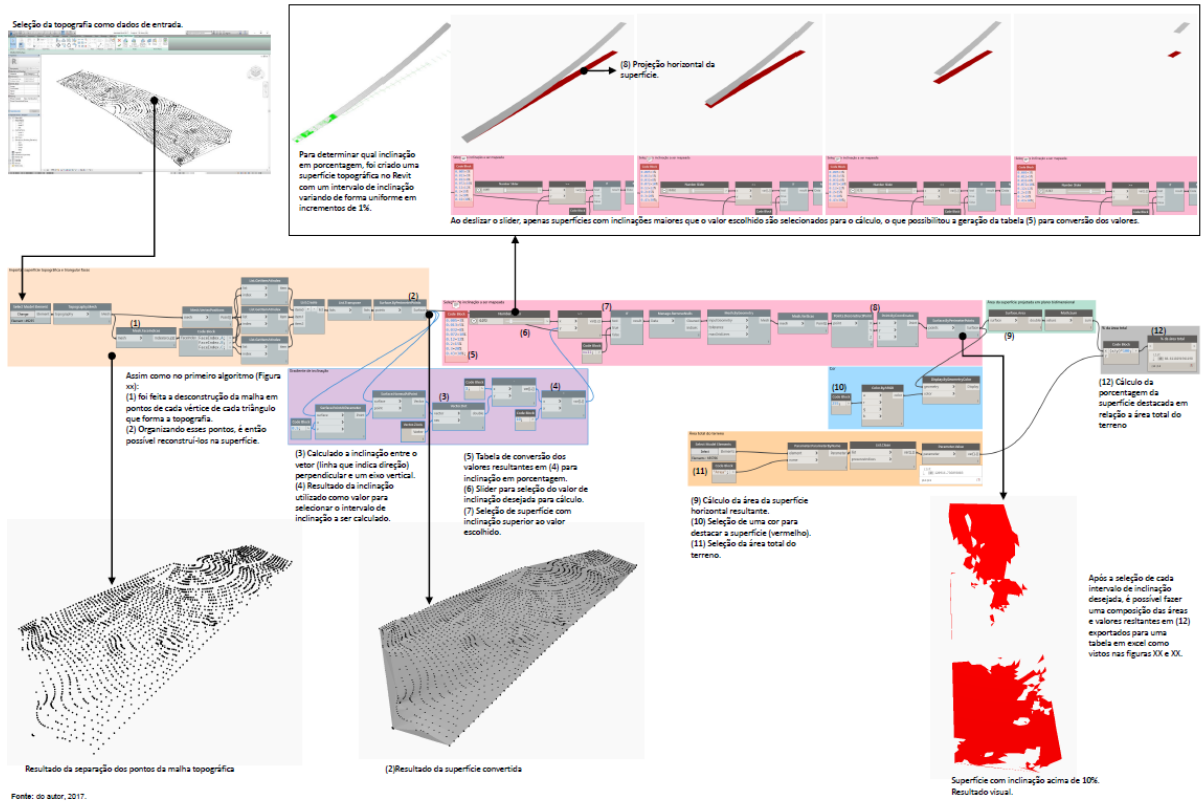
Este modelo exhibe visualmente os resultados, mas não traz dados numéricos para se ter precisão dos resultados. Só é possível comparar inclinações entre partes do terreno e não entre terrenos diferentes.

Para a utilização desses dados de modo a trazer resultados numéricos possíveis em cálculos de custos e retornos, o modelo apresentado na Figura 19 procura separar intervalos de inclinação e calcular sua área, da seguinte forma:

- Utilizando o algoritmo criado anteriormente (Figura 18) como base, com o processamento dos dados topográficos, transforma-se a superfície do terreno em faces triangulares e calcula-se o ângulo por meio do vetor perpendicular à face do triângulo conforme itens de 1 a 4 da Figura 19;
- Foi feita seleção de um intervalo de inclinação específico com base em condicionantes conforme itens de 5 a 7 da Figura 19;
- Calculou-se sua área projetada em um plano horizontal conforme item 8 da Figura 19;
- Calculou-se a porcentagem da superfície destacada em relação a área total do terreno conforme itens de 9 a 12 da Figura 19;
- Exporta-se o resultado para planilha;

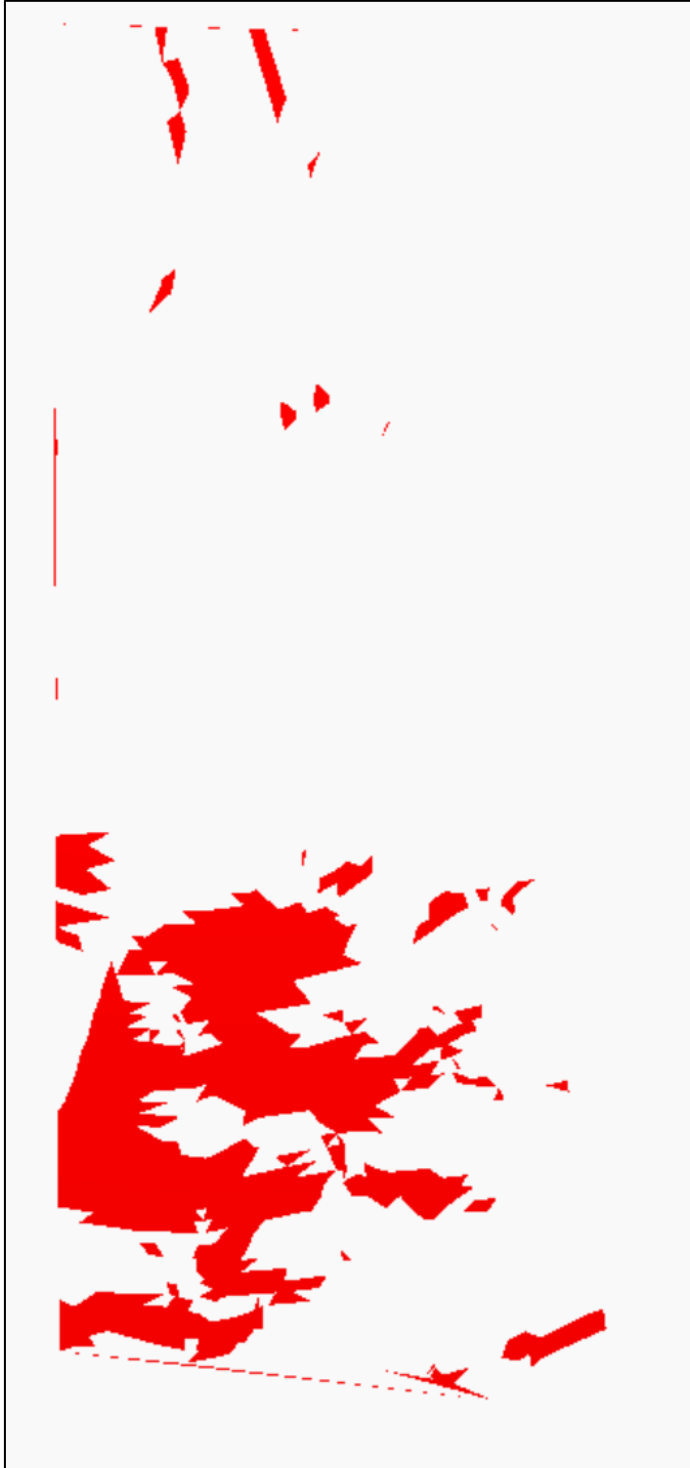
FIGURA 19

Figura 19 – Algoritmo para avaliação da topografia por intervalo de inclinação.



A Figura 20 apresenta o resultado, em que as áreas foram separadas por intervalo de inclinação e na Figura 21 uma composição de todos os intervalos lançados e resultando no gráfico da Figura 22:

**Figura 20** - Resultado visual do algoritmo

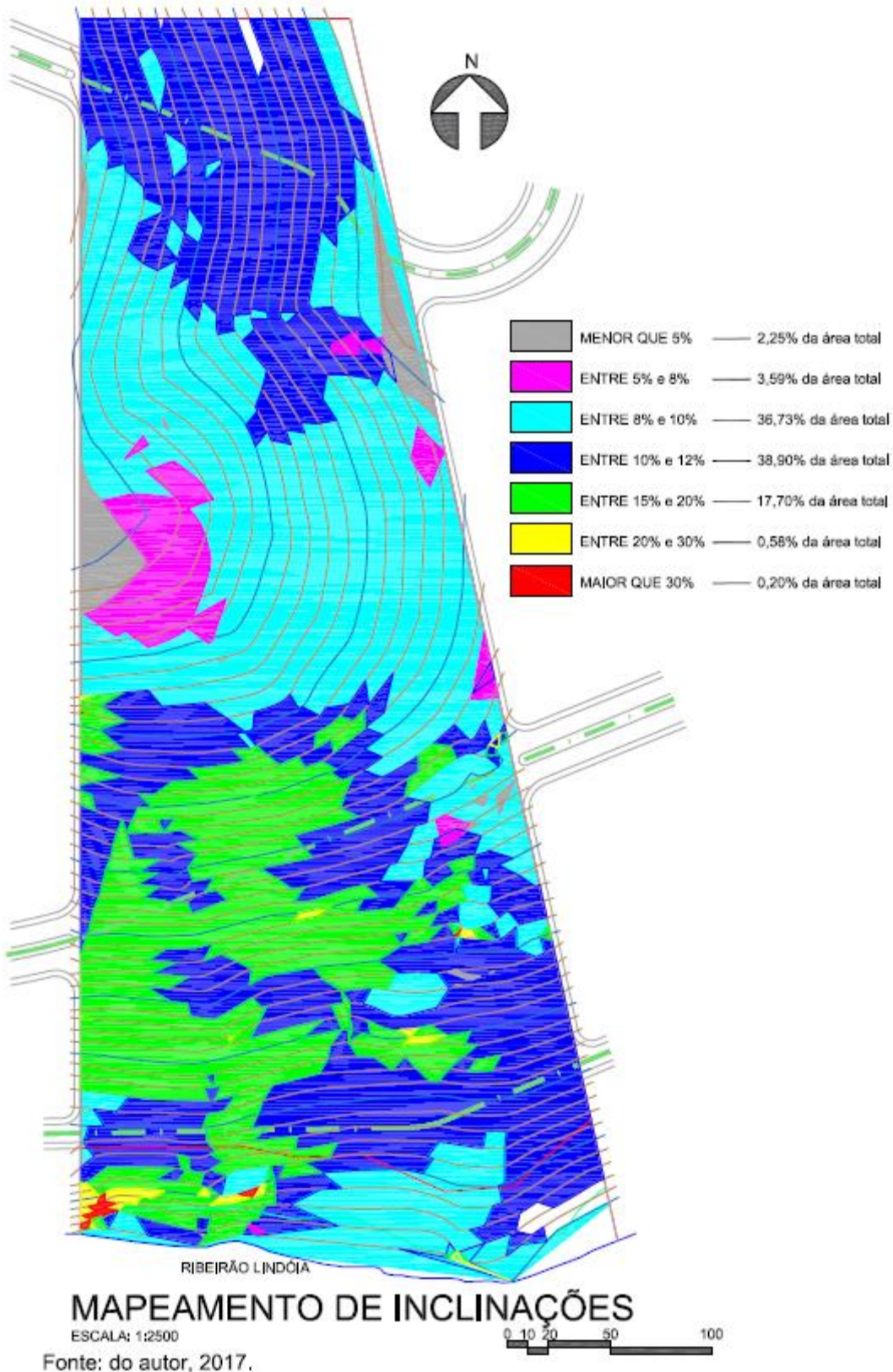


**Fonte:** do autor, 2016.

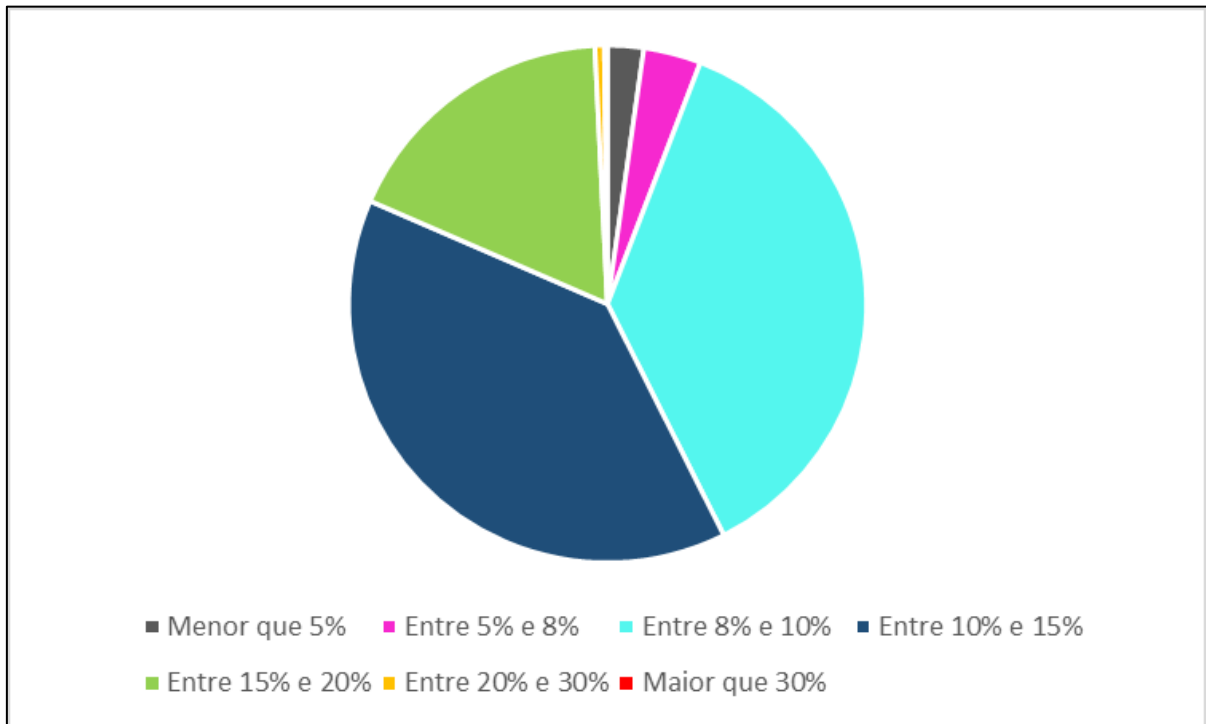
FIGURA 21

**Figura 21** - Composição com todos os Intervalos de Inclinação.

B3



**Figura 22** - Gráfico gerado a partir da análise de inclinação do terreno.



**Fonte:** do autor, 2016.

O algoritmo é processado apenas com a superfície topográfica como dado de entrada. Os dados topográficos foram importados de arquivos .dwg e a superfície gerada com ferramenta de topografia do Revit, para uma análise simplificada.

Com o resultado do modelo, é possível visualizar todos os intervalos de inclinação e sua respectiva proporção, fornecendo informações importantes para uma avaliação preliminar dos custos de movimentação de terra e de execução de infraestrutura urbana no terreno analisado. Este mapeamento pode também ser utilizado como referência para atendimento a diretrizes de projeto vinculadas ou restritas pela declividade do terreno, como a Lei nº11.672/2012 que trata do parcelamento do solo. Esta Lei estabelece que 50% das áreas destinadas a uso público devem estar em terreno com declividade inferior a 15%. Como exemplo, no terreno estudado, essas áreas poderiam ser projetadas na parte superior da via estrutural, visível pela coloração azul clara, rosa e cinza que demarcam áreas com inclinação mais baixa.

#### 4.3.2. Modelo para Visualização da Relação das vias com a Topografia

Para a criação do modelo foram definidos alguns objetivos:

- Demarcação das vias segundo gradiente de inclinação através de cores;
- Separação da via em segmentos por intervalos de inclinações e posterior contabilização;
- Possibilidade de exportar valores em planilhas de Excel, para vincular com outros valores, como custo.
- Possibilidade de se ajustar vias de forma a avaliar diferentes cenários com a visualização dos resultados.

Para o primeiro traçado das vias foi utilizado projeto executado para o local (Figura 23), cedido pela empresa Terra Nova Engenharia.

O modelo então para análise foi criado para visualizar e quantificar suas inclinações (Figura 24) seguindo a seguinte ordem:

- Processamento dos dados topográficos, transformando a superfície do terreno em faces triangulares conforme itens 1 e 2 da Figura 24;
- Em paralelo, o processamento dos eixos das vias, importando as linhas em formato .dwg no Revit e carregando essa geometria no Dynamo conforme item de 3 da Figura 24;
- Projeção das vias na superfície da topografia conforme itens 4 a 5 da Figura 24;
- O cálculo das inclinações da via e sua coloração correspondente conforme itens de 6 a 13 da Figura 24;
- Contabilização do comprimento de trechos segundo intervalo de inclinação conforme itens de 15 a 19 da Figura 24;
- Possível exportação do resultado para planilha conforme item de 20 da Figura 24;

# FIGURA 23

Figura 23 - Projeto Existente

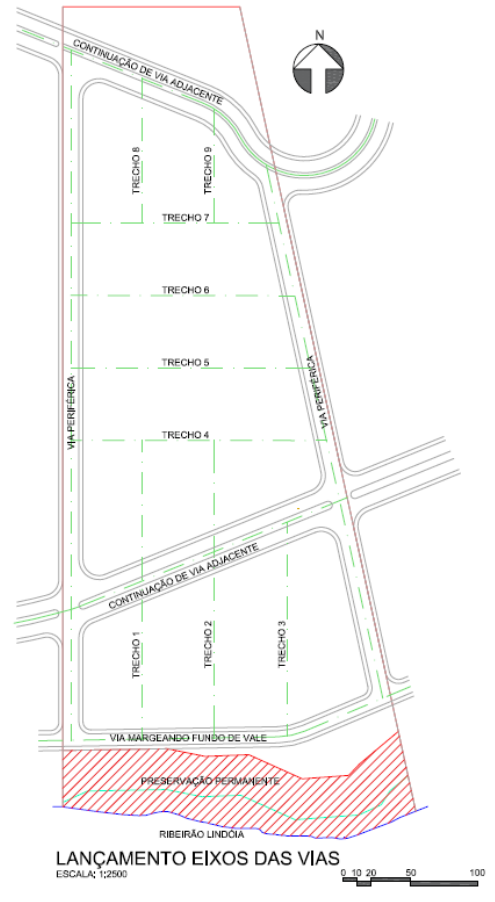
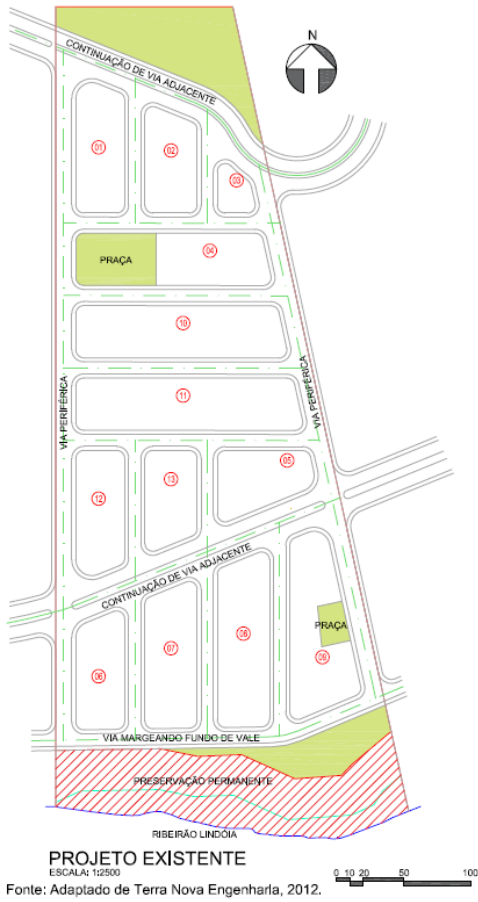
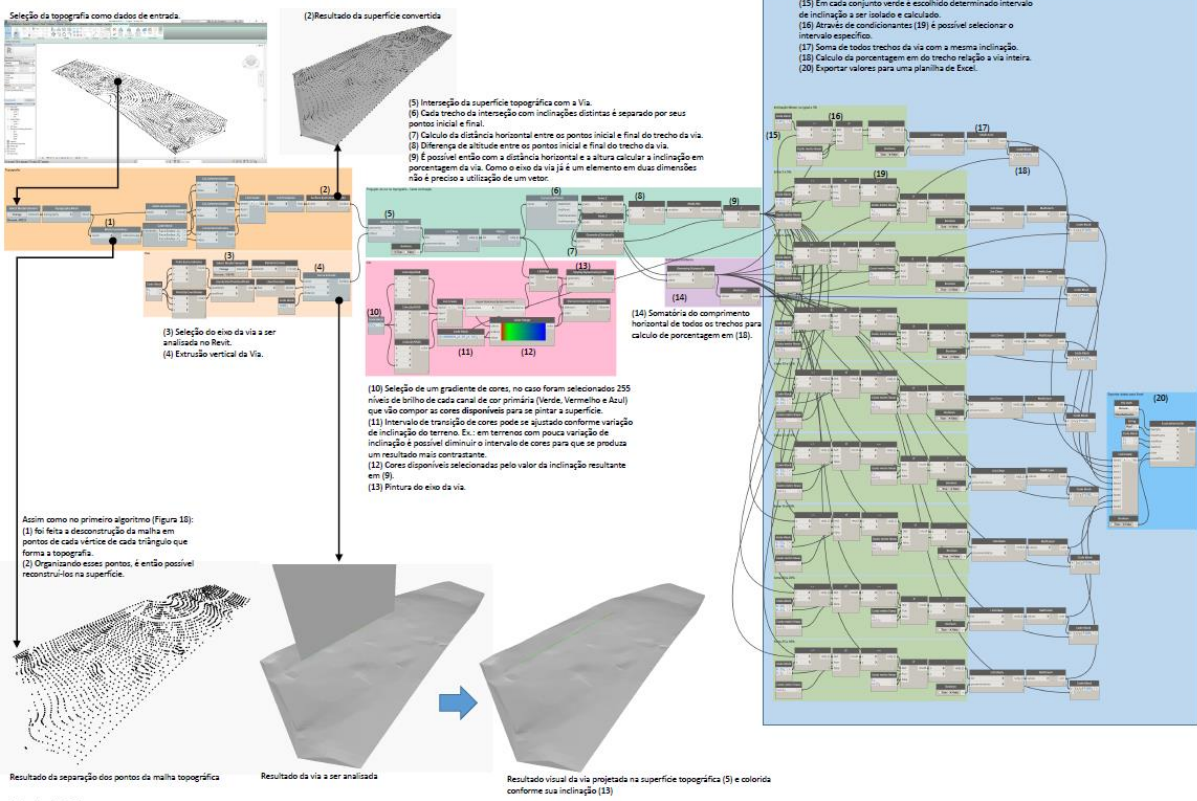


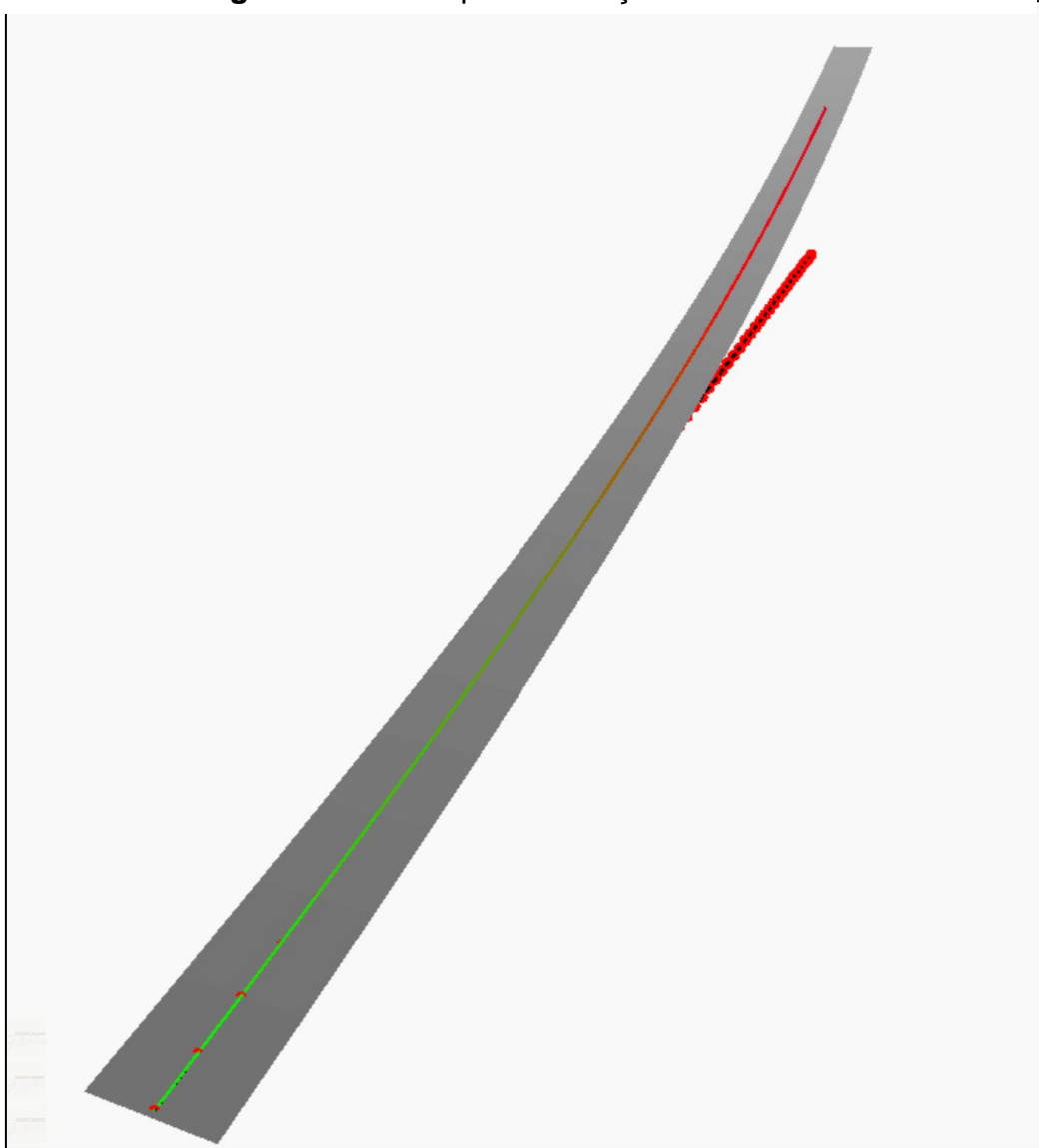
FIGURA 24

Figura 24 – Algoritmo para cálculo da inclinação das vias.



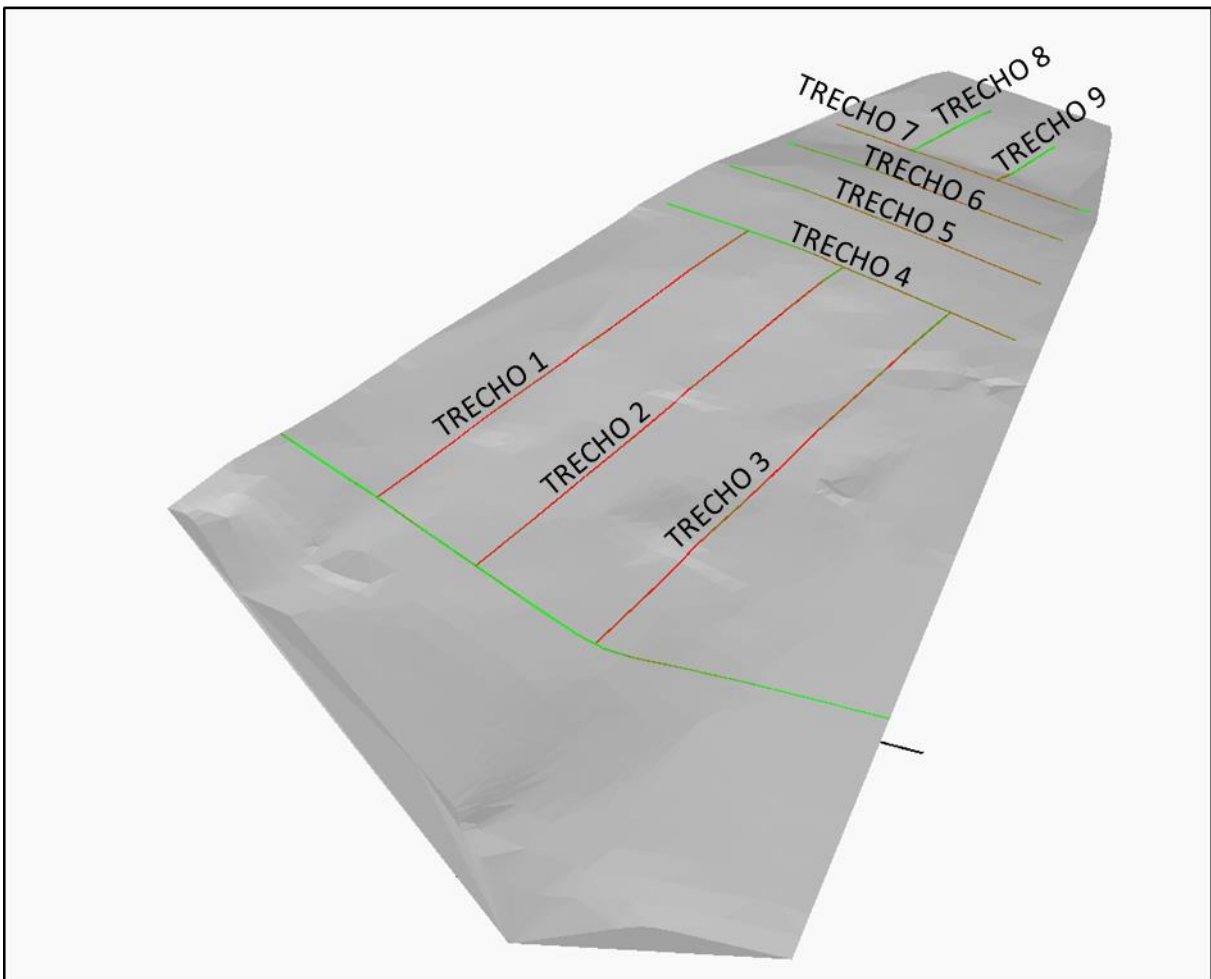
Primeiro o algoritmo foi aplicado em uma superfície teste com a inclinação aumentando 1% a cada trecho com o objetivo de validar os resultados do algoritmo (Figura 25). Após a validação foi importado no algoritmo o terreno e vias obtendo-se

**Figura 25 - Teste para validação de valores**



os resultados vistos na Figura 26, Tabela 7 e Figura 27.

**Fonte:** do autor, 2016.

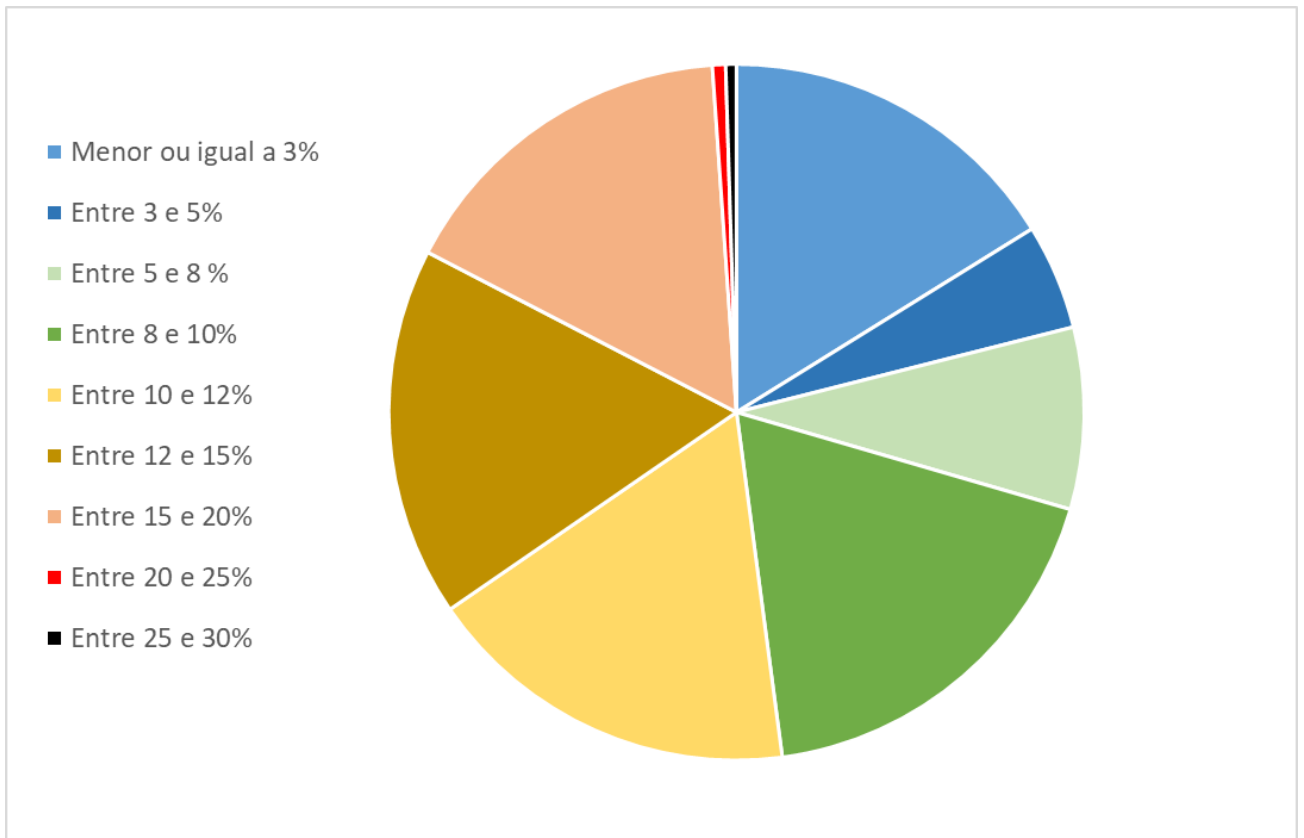
**Figura 26 - Resultado Visual**

Fonte: do autor, 2016.

Inclinação	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 5	Trecho 6	Trecho 7	Trecho 8	Trecho 9	Total	%
Menor ou igual a 3%	0,00	0,00	0,00	77,27	5,61	6,40	0,16	87,44	65,66	242,55	16,16%
Entre 3 e 5%	0,00	4,73	0,00	4,25	37,87	7,13	0,00	19,45	0,00	73,43	5%
Entre 5 e 8%	0,00	12,52	0,00	30,17	19,27	47,51	16,18	1,04	0,00	126,68	8%
Entre 8 e 10%	3,26	0,00	9,92	74,53	67,56	33,09	68,05	0,00	19,55	275,97	18%
Entre 10 e 12%	16,45	4,08	45,09	4,79	49,11	73,47	69,97	0,00	0,00	262,95	18%
Entre 12 e 15%	83,01	113,56	57,43	0,00	0,00	0,00	3,89	0,00	0,00	257,89	17%
Entre 15 e 20%	122,04	81,58	40,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,38	16%
Entre 20 e 25%	0,60	4,59	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,19	1%
Entre 25 e 30%	0,00	3,71	3,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,45	0,50%
<b>Total</b>	<b>225,35</b>	<b>224,76</b>	<b>160,94</b>	<b>191,00</b>	<b>179,42</b>	<b>167,59</b>	<b>158,26</b>	<b>107,94</b>	<b>85,22</b>	<b>1500,48</b>	<b>100,00%</b>

**Tabela 7 – Dados exportados para planilha.**

Fonte: do autor, 2016.



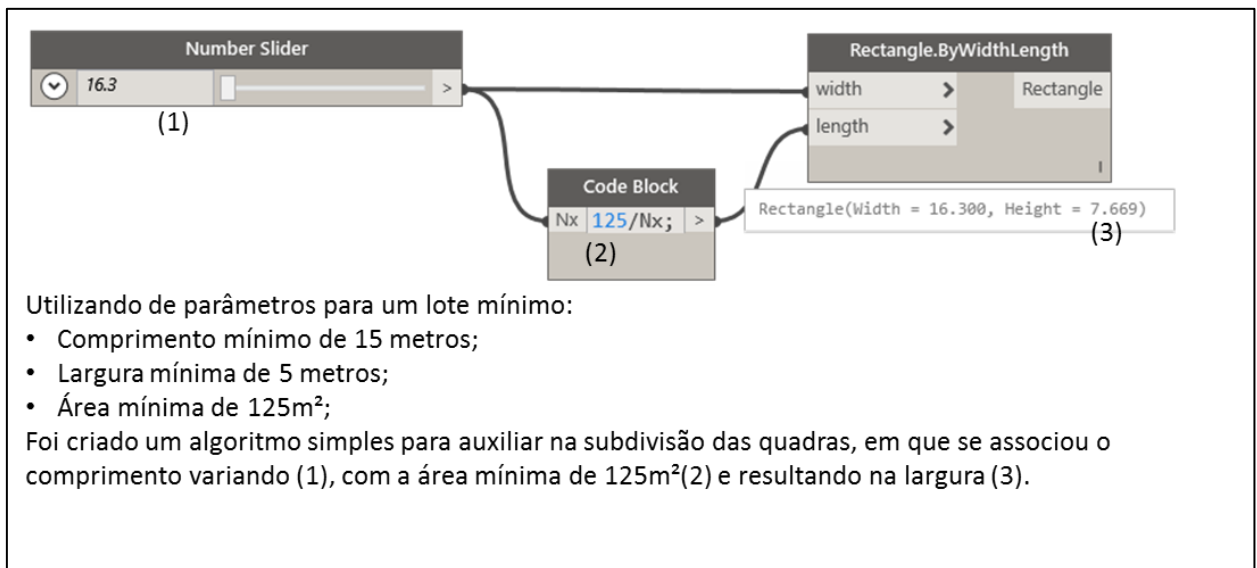
**Figura 27** - Gráfico resultante dos dados da tabela 6.

**Fonte:** do autor, 2016.

Para simplificar os dados de entrada no algoritmo, foram utilizados apenas os eixos das vias, descartando a necessidade de se lançar um projeto detalhado, com largura das vias e calçadas, de forma a facilitar a análise. Outra vantagem do lançamento apenas dos eixos das vias, é o fato de poderem ser lançadas em CAD, reduzindo dificuldades por parte de projetistas não familiarizados com o software e plugin, o que possibilitaria a sua implantação imediata, com pouco treinamento e baixo impacto no funcionamento das empresas e instituições.

Após o resultado da primeira análise (Tabela 7 e Figura 27) foi feito o lançamento de outro cenário modificando vias a partir da visualização do resultado obtido na primeira tentativa. Para o lançamento das vias foram utilizados algoritmos com funções matemáticas para determinar o tamanho do lote a partir da sua largura e comprimento (Figura 28) e conseqüente dimensões de quadras e distanciamento de vias.

**Figura 28** - Algoritmo que relaciona comprimento e largura de um lote

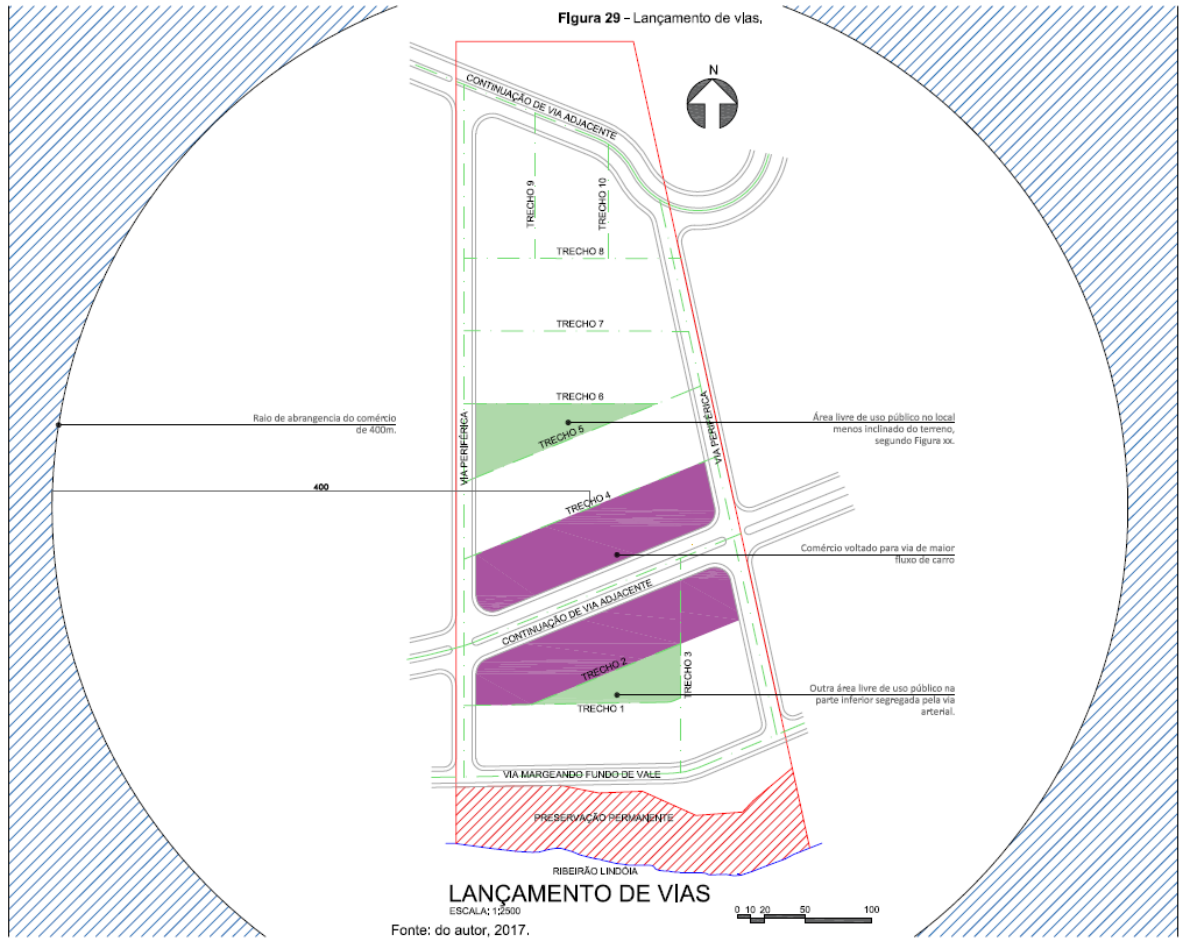


Fonte: do autor, 2016.

Para esse novo lançamento de vias (Figura 29) foram adotadas algumas diretrizes a partir do mapeamento de requisitos (Figura 15) e Tabela 6:

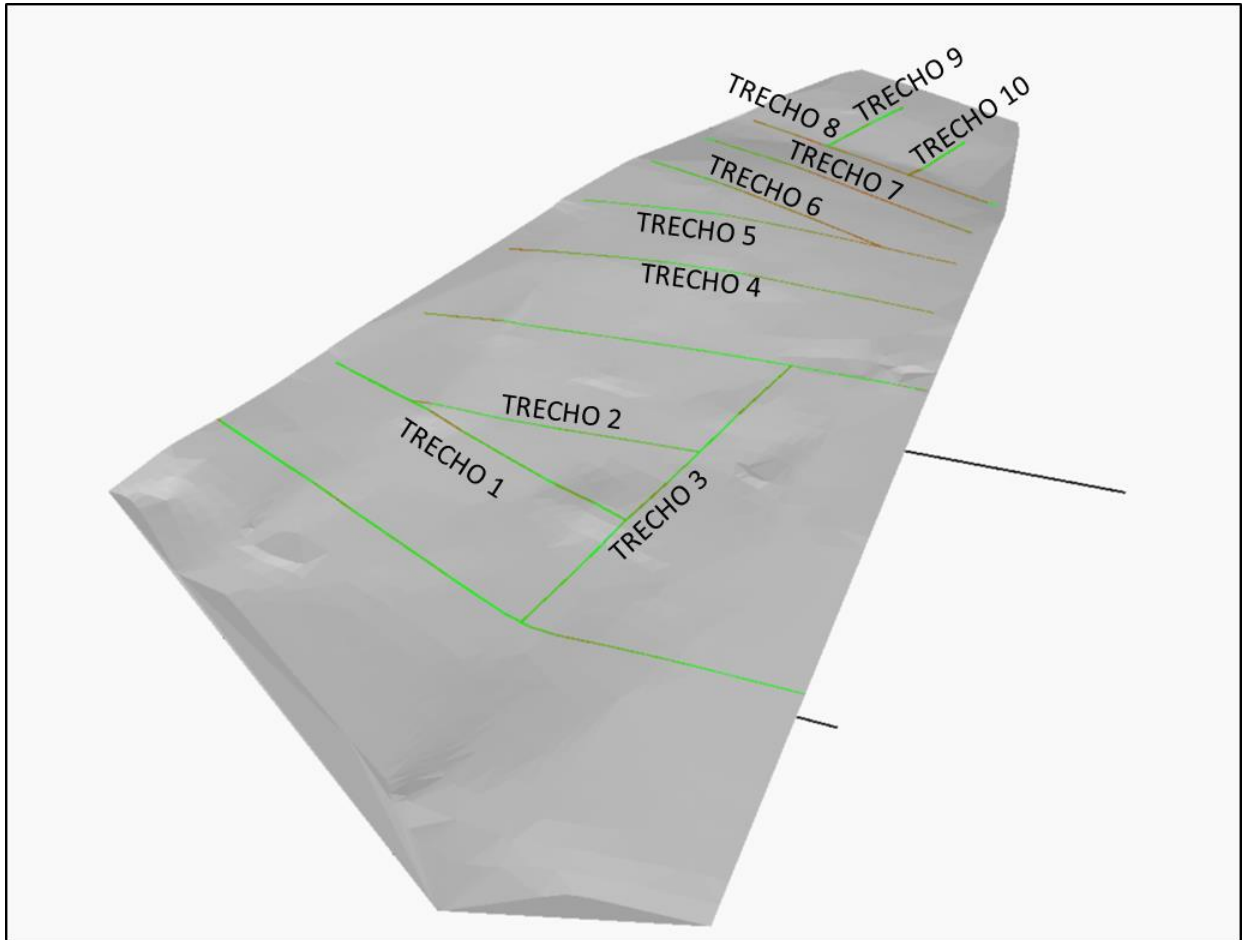
- Estabelecer núcleo comercial
  - Segundo a Lei nº12.236/2015 de Uso e a Ocupação do Solo, é permitido nas vias estruturais, Arteriais e Coletoras o uso de comércio local e serviço.
  - Vicentim (2015) pede que abrangência do comércio tenha 400m de alcance.
  - Segundo o Projeto de Lei de 19 de Julho de 2013 de Zonas Especiais de Interesse Social, até 25% dos lotes podem ter o uso seguindo a Zona Residencial 3, que permite o comércio.
- Áreas livres de uso público
  - Área com declividade menor que 15%

FIGURA 29



Esse novo lançamento de vias resultou em vias mais planas (Tabela 7 e figuras 30 e 31). Como o modelo associativo permite que modificações nos parâmetros das vias alterem de forma automática o resultado do modelo, é possível desenvolver simulação de diversos cenários tendo feedback visual e de impactos quantitativos de forma imediata.

**Figura 30 - Resultado visual da modificação**

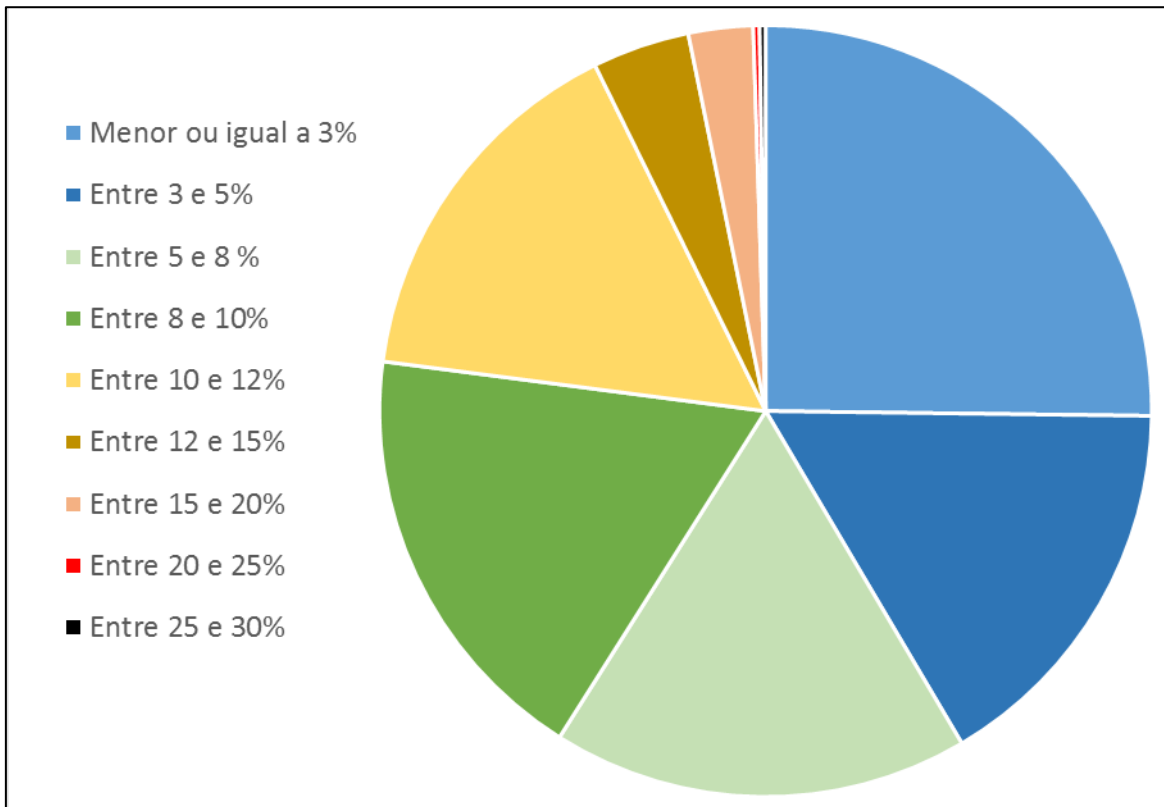


Fonte: do autor, 2016.

Inclinação	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 5	Trecho 6	Trecho 7	Trecho 8	Trecho 9	Total	%
Menor ou igual a 3%	0,00	0,00	0,00	77,27	5,61	6,40	0,00	87,44	65,66	242,38	15,52%
Entre 3 e 5%	0,00	4,73	0,00	4,25	37,87	7,13	16,18	19,45	0,00	89,61	6%
Entre 5 e 8 %	0,00	12,52	29,29	30,17	19,27	47,51	68,05	1,04	0,00	207,84	13%
Entre 8 e 10%	3,26	0,00	26,27	74,53	67,56	33,09	69,97	0,00	19,55	294,23	19%
Entre 10 e 12%	16,45	4,08	45,42	4,79	49,11	73,47	3,89	0,00	0,00	197,20	13%
Entre 12 e 15%	83,01	113,56	72,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	269,38	17%
Entre 15 e 20%	122,04	81,58	40,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,38	16%
Entre 20 e 25%	0,60	4,59	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,19	1%
Entre 25 e 30%	0,00	3,71	3,74	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	7,45	0,48%
<b>Total</b>	<b>225,35</b>	<b>224,76</b>	<b>222,29</b>	<b>191,00</b>	<b>179,42</b>	<b>167,59</b>	<b>158,09</b>	<b>107,94</b>	<b>85,22</b>	<b>1561,66</b>	<b>100,00%</b>

**Tabela 8 – Dados exportados para planilha.**

Fonte: do autor, 2016.



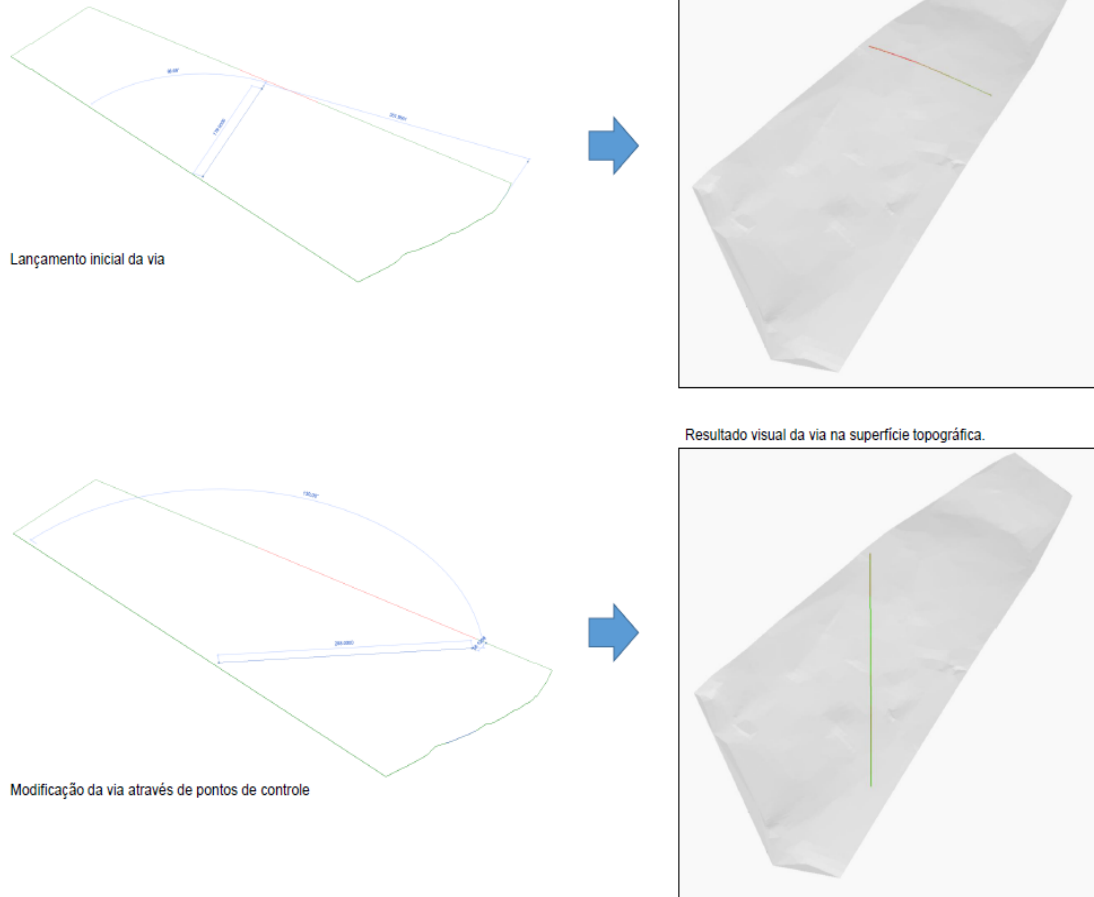
**Figura 31** - Gráfico Resultante

**Fonte:** do autor, 2016.

Assim que a via é selecionada pelo algoritmo, ela é identificada como um elemento importado do software Revit. Assim, a menos que ele seja deletado, é possível modificá-lo no próprio software Revit, deslocando, modificando seu tamanho e ângulo, e ao mesmo tempo atualizar os resultados do algoritmo (figuras, e planilhas de excel) sem a necessidade de recarregar a via ou atualizar planilhas manualmente (Figura 32).

## FIGURA 32

Figura 32 – Modificação das Vias com atualização automática dos resultados.



## 5. AVALIAÇÃO DO MODELO E DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS: RESULTADOS

Foram desenvolvidos dois modelos: o primeiro para avaliação de topografia de terrenos (Figura 33) e o segundo para avaliação da inclinação de vias (Figura 34).

Ao longo do estudo verificou-se que:

- A coleta e organização dos dados coletados são partes importantes na problematização do projeto, como observam Peña e Parshall (2001), antes mesmo da criação do modelo e utilização das ferramentas e softwares;
- Devido ao recorte da pesquisa, determinados pela limitação do pesquisador na utilização da ferramenta de modelagem paramétrica e com o objetivo de diminuir o número de parâmetros e variáveis, o modelo não abrangeu o desenho do lote tampouco o projeto da unidade habitacional: sabe-se que esses dois elementos influenciam o lançamento de vias feita no estudo;
- A eficiência e abrangência dos modelos desenvolvidos podem ter sido afetados pelo grau de domínio, por parte do pesquisador, no uso das ferramentas utilizadas. Os algoritmos e modelos foram desenvolvidos em um período de aproximadamente 3 meses, e a aplicação do modelo para análise de um projeto pode ser feita em um dia, mas o aprendizado e domínio da ferramenta para aplicação em outros problemas de projeto pode ser extenso e deve ser considerado;
- Ao longo do estudo, verificou-se que o mapeamento apresentado na Figura 14 foi fundamental para a formulação dos algoritmos e, conseqüentemente, dos modelos.
- A princípio visava-se o desenvolvimento de um modelo apenas para a visualização das relações entre topografia e sistema viário, na tentativa de gerar referências visuais, base do Visual Thinking descrito por Goldschmidt (2001) e Ware (2008); No entanto, durante a formulação dos algoritmos identificou-se a possível utilização do modelo para apoiar a escolha do terreno, com uma análise prévia

da topografia. No caso de EHIS, essa análise também pode ser utilizada para monitoramento, planejamento e fiscalização por órgãos regulamentadores dos empreendimentos;

- O modelo foi criado pensando na utilização por projetistas que não tem conhecimento das ferramentas de design associativo, de forma a preservar ou facilitar a tomada de decisões e geração ou lançamento do projeto pelo projetista. Para tanto, buscou-se a simplificação dos dados a serem inseridos no software (apenas os eixos das vias). Uma das características do design associativo segundo Meredith (2008) e Nojimoto et al (2011) é a propagação de modificações de valores de um parâmetro pelos objetos que compõe o projeto, o que permite que a simplificação dos dados inseridos no modelo possa carregar ou adicionar posteriormente informações mais detalhadas do objeto lançado, como calçada, via de rolagem, espessuras entre outros.
- A utilização do modelo associativo descrito por Oxman (2005) permitiu a geração da visualização dos dados decorrentes desses projetos. E, como Terzidis (2003) e Gewely (2010) colocam, o processamento de dados e tarefas repetitivas feito pelo computador, permitiram e facilitaram modificações e ajustes do projeto, de forma ágil e precisa;

FIGURA 33

Figura 33 – Panorama geral do Primeiro modelo para avaliação da topografia

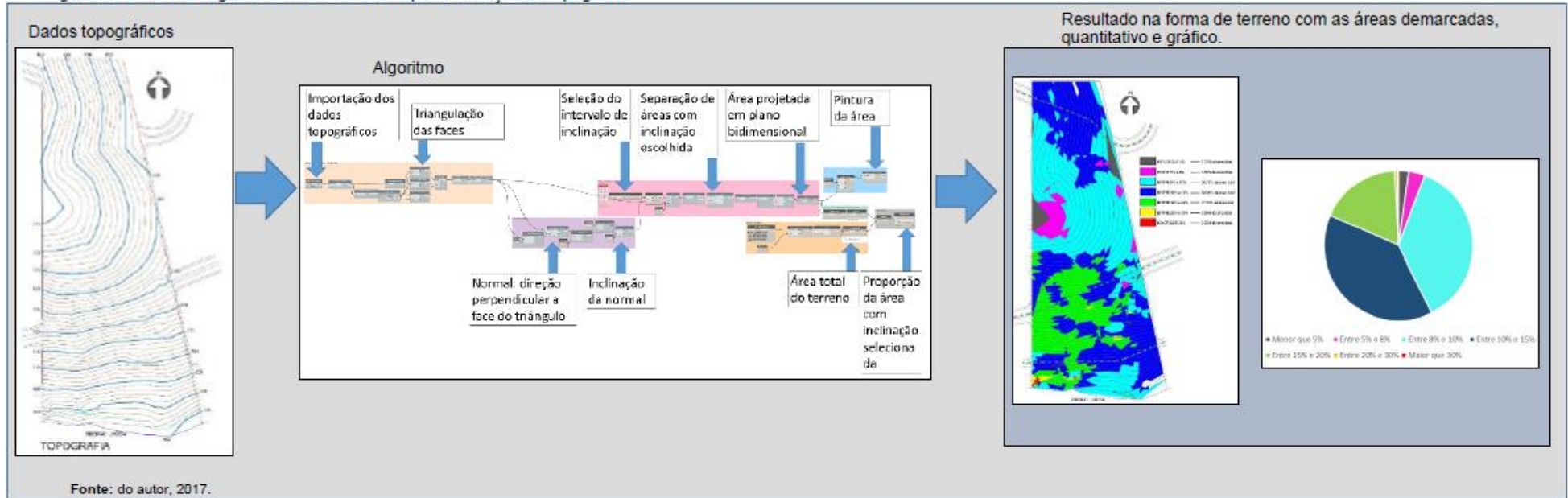
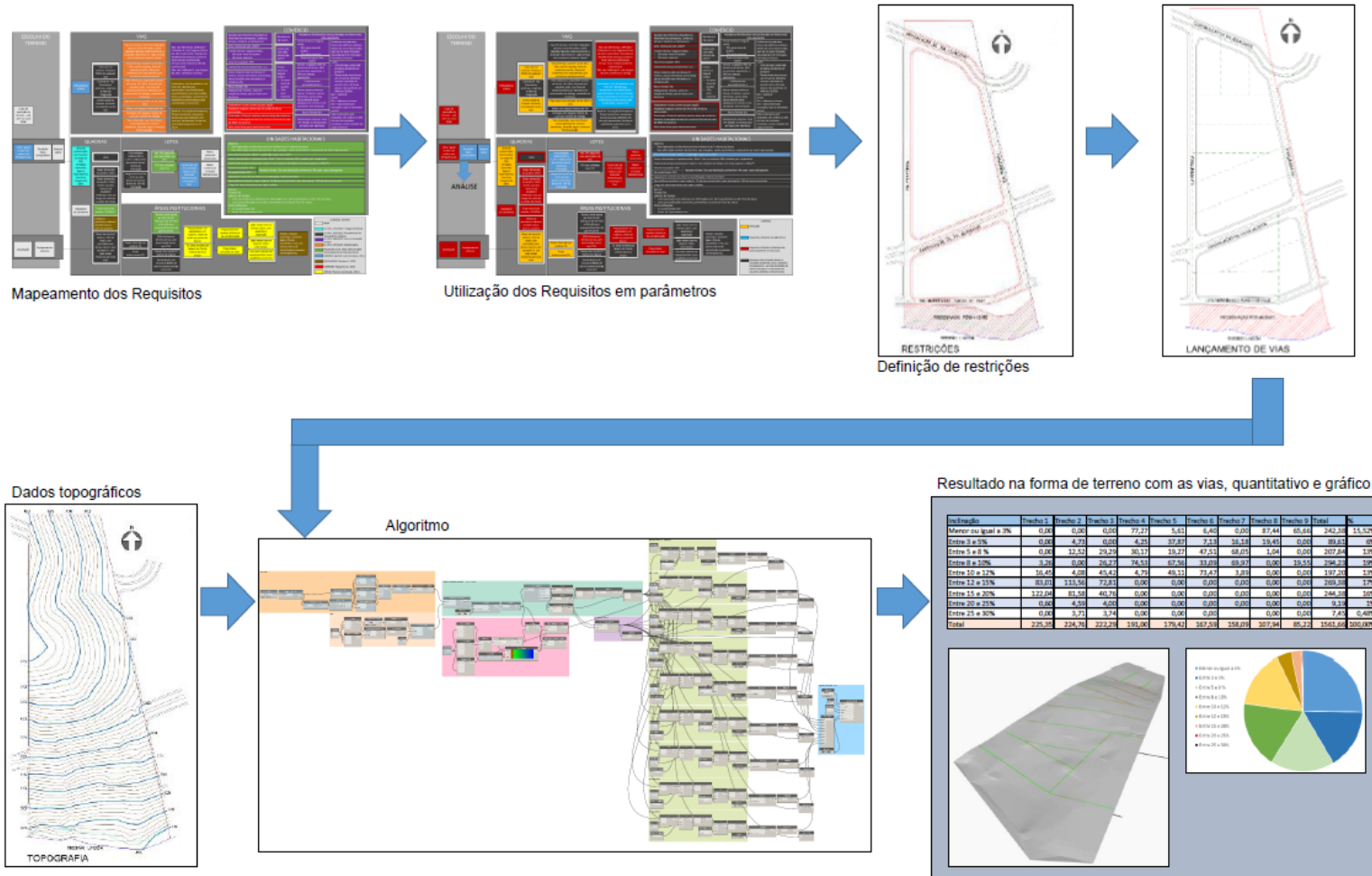


Figura 34 – Panorama geral do Primeiro modelo para avaliação da Vias.



Fonte: do autor, 2017.

Para a avaliação realizada pelo especialista, conforme descrito no item 4.6, foi feita uma apresentação presencial do modelo, abordando seu desenvolvimento e a aplicação do mesmo no terreno, cujos dados foram fornecidos pelo avaliador.

De uma forma geral, o avaliador considerou o modelo bastante útil para racionalizar o traçado das vias e, portanto, apoiar o desenvolvimento do projeto de loteamento. Considerou importante o uso do modelo para apoiar a seleção de terrenos para EHIS, por se tratar de um ponto crítico da viabilidade econômica, para o empreendedor. Seguem abaixo tópicos da avaliação feita pelo Avaliador

- O avaliador destacou a possibilidade de se utilizar dados topográficos de fontes como Prefeitura Municipal e Sketchup pois para avaliação inicial de escolha de terrenos dificilmente se tem levantamento topográfico realizado;
- Segundo o avaliador, a gradação mais importante de inclinação é a partir de 15%, pois é um limite exigido pelos órgãos públicos para as vias. E destacou que provavelmente esse valor será mais restrito no futuro, diante da escassez de terrenos para empreendimentos sociais, o que acarretará em possíveis aumentos no movimento de terra;
- O modelo seria muito útil para justificativas e exposição de propostas de empreendimentos para órgãos públicos;
- O avaliador considerou necessário compreender de forma mais aprofundada o processamento do modelo para permitir interpretação dos resultados de forma mais precisa;
- O modelo seria útil para negociação de terrenos, pois atualmente a avaliação da topografia é feita in loco e apenas visualmente. Ao ilustrar e visualizar os resultados do modelo, é possível ter dados para decidir a aquisição ou não do terreno. O avaliador sugeriu a utilização de um coeficiente de depreciação para áreas com inclinações muito altas;
- Diante dos resultados positivos apresentados, o avaliador explicitou o desejo de o modelo também gerar soluções e propostas de

projeto, apesar de reconhecer que isso demandaria maior cuidado na interpretação dos resultados;

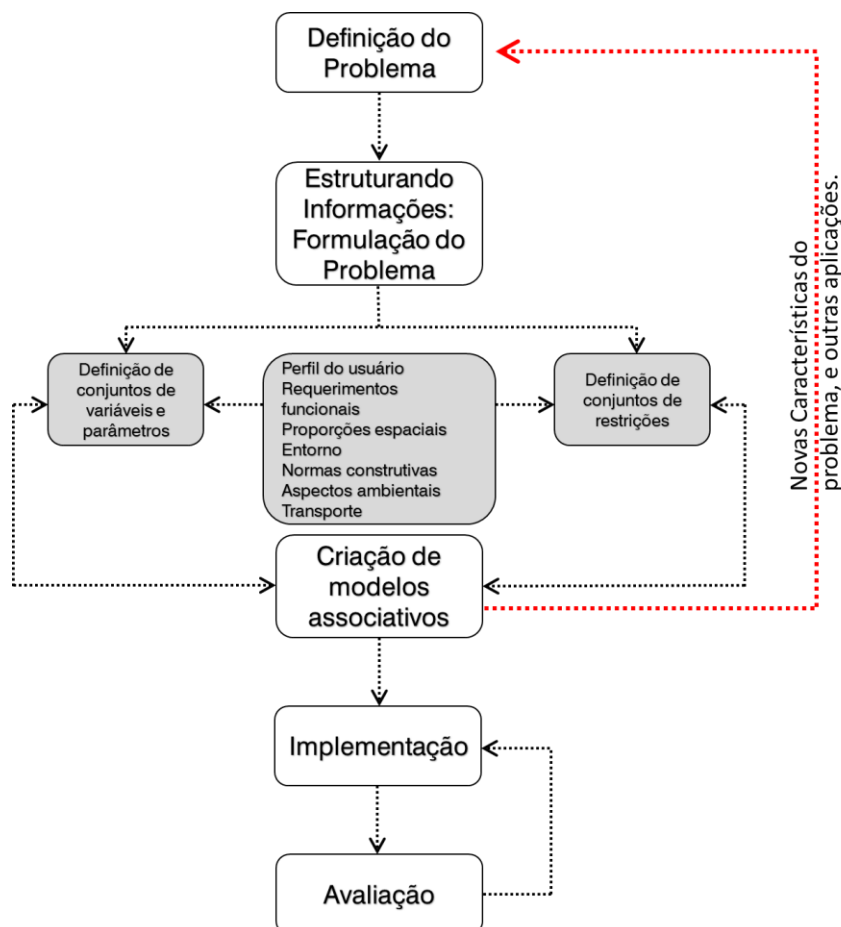
- Destacou, por fim, que o modelo seria uma ferramenta útil para órgãos fiscalizadores avaliarem projetos;

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de sistemas paramétricos, algoritmos e processamento computacional no projeto como forma de gerar elementos visuais de referência, mostrou-se viável, e podem ser consideradas:

- A estrutura de processos para criação do modelo adaptada de Friedman, Sprecher, Mohamed (2013), mostra a importância da caracterização do problema a ser abordado e da organização dos dados e requisitos. Mas durante o desenvolvimento dos modelos observou-se que a criação dos algoritmos também ajuda na caracterização do problema, ou como foi o caso a descoberta de outros problemas (Figura 35);

**Figura 35** – Estrutura final do processo para criação do modelo.



Fonte: do autor, adaptado de Friedman, Sprecher, Mohamed (2013).

- Os resultados obtidos indicam que o modelo permite que dados topográficos e custos de infra estrutura urbana sejam analisados em etapas iniciais do processo de desenvolvimento de um empreendimento.
- A utilização do modelo gerou resultados que auxiliaram não só na tomada de decisão de projeto, mas também como meio de justificar essas decisões e até um meio de se negociar a aquisição de terrenos;
- De forma específica para o modelo criado, a falta de dados históricos de custos de infraestrutura, assim como citado por Saito (2016), impossibilitou a utilização dos dados visualizados pelo modelo na estimativa do custo para o empreendimento;
- Mesmo com a utilização de softwares e plug-ins em uma plataforma conhecida como a Autodesk, a aprendizagem para utilização da ferramenta não é facilitada pois não há muitos cursos disponíveis. Por outro lado, há uma comunidade virtual para troca de informações e ajuda crescente de usuários do Dynamo;
- Aprender a interface do Dynamo foi apenas uma parte do processo: para geração de dados visuais foi necessário coletar e organizar dados, além do ordenar os programas e a interação com outros softwares para manipulação desses dados;
- A estratégia da pesquisa de se utilizar propostas criadas de maneira tradicional para o modelo analisar foi adequada e verificou-se que a utilização de modelos generativos é eficaz para geração de referências visuais, mas é fundamental compreender adequadamente os algoritmos para uma interpretação correta dos resultados;
- A utilização do Excel para organizar os dados resultantes auxiliou na geração de relatórios e gráficos, além de possibilitar a utilização de planilhas e operações matemáticas existentes como de orçamento e cronogramas, devolvendo esses resultados para o modelo;

- Essa interação entre softwares permite a utilização de ferramentas familiares ao projetista, mas ao mesmo tempo exige uma coordenação precisa entre os arquivos de trabalho, pois a sobreposição de dados e duplicação de arquivos foram vistos durante o desenvolvimento da pesquisa;

O trabalho também levanta alguns questionamentos:

- Assim como Goldschmidt (1991) coloca que a habilidade ou fluência do indivíduo na produção de sketches contribui para a atividade de pensamento visual, a proficiência do indivíduo com softwares de modelagem paramétrica afeta a qualidade de informações que os modelos podem mostrar?
- Seria o design digital um caminho para popularizar a maior qualidade projetiva de modo mais impessoal?

Espera-se que este estudo incentive a utilização de novas tecnologias para desenvolvimento de projeto, abrindo um pouco o leque de aplicações possíveis do design digital, não apenas para atender quantitativamente da demanda por moradia, mas também reduzir o custo, aumentar a qualidade e agregar valor à EHIS.

O trabalho tem como contribuição uma aplicação muito particular no desenvolvimento de um EHIS, aplicadas às condições locais existentes da cidade de Londrina, mas com resultados que demonstram sua aplicabilidade em outros contextos, indicando a possibilidade de evolução para sistemas com processos generativos.

Cabe também ressaltar que os algoritmos criados não são específicos do terreno trabalhado, podendo ser utilizados em outras áreas, e até outros contextos.

Essa possibilidade de generalização da aplicação do modelo para outros contextos de análise de topografia e parcelamento do solo foi percebida, já que parte dos parâmetros utilizados não são exclusivos de EHIS, e mesmo os que são, têm as mesmas características, apenas os valores mudam.

Como sugestões para futuras pesquisas que podem dar continuidade a este trabalho, apresenta-se:

- A pesquisa e criação de bando de dados de custos para possibilitar a estimativa de gastos através do modelo;
- A criação de modelos mais completos que abrangem a divisão dos lotes e até a edificação, além de abordar parâmetros como conforto ambiental, densidade demográfica, sistemas de transporte público, customização em massa, entre outros;
- A busca de novas fontes para coleta de informações topográficas como em banco dados geográficos, ou até a criação da superfície topográfica a partir de fotogrametria a partir de imagens de drones;
- A utilização de outros softwares e plug-ins para criação do modelo além de outras técnicas de design digital como generativa evolutiva.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, Christopher. Notes on the Synthesis of Form. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1973.
- ALVARADO, Rodrigo Garcia, and Jaime Jofre MUÑOZ. "The Control Of Shape: Origins Of Parametric Design In Architecture in Xenakis, Gehry and Grimshaw." METU Journal of the Faculty of Architecture, Junho 01, 2012: 107-118.
- ANDRADE, Max Lira Veras Xavier de, e Regina Coeli RUSCHEL. "Building Information Modeling (BIM)." Em O processo de projeto em arquitetura da teoria à tecnologia, por Doris Catharine Cornelie Knatz KOWALTOWSKI, Daniel de Carvalho MOREIRA, João Roberto Diego PETRECHE e Márcio Minto FABRICIO, 80-100. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- ARAGÃO, Danilton Luis Lima Jesus. Subsídios para aplicação do custeio-meta na etapa de concepção de unidades habitacionais de interesse social no âmbito do PMCMV. Londrina : Universidade Estadual de Londrina, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações. Rio de Janeiro, 1995.
- Autodesk Inc. The Dynamo Primer. 2015. [http://dynamoprimer.com/en/05\\_Geometry-for-Computational-Design/5-4\\_curves.html](http://dynamoprimer.com/en/05_Geometry-for-Computational-Design/5-4_curves.html) (acessado em Dezembro 16, 2016).
- AUTODESK INC. What is Visual Programming?. 2016. [http://dynamoprimer.com/en/01\\_Introduction/1-1\\_what\\_is\\_visual\\_programming.html](http://dynamoprimer.com/en/01_Introduction/1-1_what_is_visual_programming.html). (acessado em Dezembro 17, 2016).
- AYOUB, Thamine de Almeida Ayoub. Conjuntos Habitacionais e Espaços Livres: Correlações Socioespaciais e Orientações Projetuais. Londrina: Dissertação de Mestrado em Metodologia de Projeto - Universidade Estadual de Londrina, 2014.
- BERGIN, Michael, and Kyle STEINFELD. "Housing Agency System (HAS): Multi-criteria Satisficing & Mass-customization of Homes." OFFSITE: Theory and practice of Architectural Production. 2012 Association of Collegiate Schools of Architecture (ACSA) Fall Conference / Modular Building Institute Regional Industry Meeting. Philadelphia: Association of Collegiate Schools of Architecture, Inc., 2012. 93-97.
- BROD, Gustavo Alcantara, Janice de Freitas PIREZ, and Adriane Borda Almeida SILVA. "Um ensaio para inserção do conceito de processos generativos digitais em estágios iniciais da formação em arquitetura." XVI Congresso SIGRADI: forma(in)formação. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2012. 611-614.
- BURRY, Mark. Scripting Cultures: Architectural design and programming. Chichester: John Wiley and Sons, Ltd, 2011.
- CARPO, Mario. The Alphabet and The Algorithm. Londres: The MIT Press, 2011.

DO, Ellen Yi-luen & GROSS, Mark Donald. Drawing as a means to design reasoning. Workshop on Visual Representation, Reasoning and Interaction in Design. Palo Alto: University of Washington, 1996.

DRESCH, Aline, LACERDA, Daniel Pacheco & ANTUNES, José Antonio Valle Junior. Design Science Research. Porto Alegre: Bookman, 2015.

EASTMAN, Chuck, Charles M. EASTMAN, Paul TEICHOLZ, Rafael SACKS, e Kathleen LISTON. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

FLORIO, Wilson. Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura. TIC 2007 - III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

FLORIO, Wilson. Croquis de concepção no processo de projeto em Arquitetura. *Exacta*, 2010: 373-383.

FRIEDMAN, Avi, SPRECHER, Aaron & Basem Eid MOHAMED. "A framework for Developing Design Systems Towards Mass Customization of Housing." *The International Journal of Architectonic, Spacial and Enviromental Design (Common Ground) Volume 6* (2013).

GERBER, David Jason & LIN, Shih-Hsin Eve. Designing in complexity: simulation, integration, and multidisciplinary design optimization for architecture. In *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, Vol. 90(8), 936-959. The Society for Modeling and Simulation International, 2014.

GEWELY, Maha H. El. Algorithm Aided Architectural Design (AAAD): House gen: fallingwater toolbox v 1.0. 5th ASCAAD conference 2010 : CAAD, cities, sustainability. Marocco: Robert Gordon University, 2010. 117-125.

GOLDBERG, Sergio A. Computational Design of Parametric Scripts for Digital Fabrication of Curved Structures. *International Journal of Architectural Computing, IJAC* 4, no. 3 (2006): 99-117.

GOLDSCHMIDT, Gabriela. The Dialectics of Sketching. *Creativity Research Journal*, Janeiro 1991: 123-143.

\_\_\_\_\_. Visual analogy: A strategy for design reasoning and learning. In *Design knowing and learning: Cognition in design education*, by Charles EASTMAN, Mike MCCracken and Wendy NEWSTETTER, 199-220. Oxford: Elsevier, 2001.

GOMES, Danilo Fernando de Oliveira. "Investigando as Ações de Problematização no Processo de Projeto de Arquitetura." Dissertação de Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento - Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2009.

GROSS, Mark Donald. Design as Exploring Constraints. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1985.

\_\_\_\_\_. Roles for Computing in Schools of Architecture and Planning. *Journal of Architecture Education* Vol. 48, Setembro 1994: 56-64.

HERBERT, Daniel M. Graphic Processes in Architectural Study Drawings. *Journal of Architectural Education*, Setembro 1992: 28-39.

\_\_\_\_\_. *Architectural Study Drawings*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

JOHNSON, Gabe, GROSS, Mark Donald, HONG, Jason & Ellen Yi-Luen DO. Computational Support for Sketching in Design: A Review. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 2008: 1-93.

KALLINIKOS, Jannis. On the computational rendition of reality: artefacts and human agency. *Organization*, Março 2009: 183-202.

KOLAREVIC, Branko. *Architecture in the Digital Age*. New York e Londres: Spon Press: Taylor & Frances, 2005.

—. *Digital Architectures*. ACADIA 2000: Eternity, Infinity and Virtuality. Washington: Association for Computer-Aided Design in Architecture, 2000. 251-256.

KOWALTOWSKI, Doris C.C.K., & MOREIRA, Daniel de Carvalho. O Programa de Necessidades e a Importância de APO no Processo de Projeto. ENTAC 2008 – XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: geração de valor no ambiente construído: inovação e sustentabilidade. Fortaleza, 2008. 1-10.

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

LUKKA, Kari. *The Constructive Research Approach*. Anais-Publications of the Turku School of Economic and Business Administration. 2003.

MARCH, Salvatore T. & SMITH, Gerald F. DESIGN AND NATURAL SCIENCE RESEARCH ON INFORMATION TECHNOLOGY. *Decision Support Systems* 15 (1995): 251-266.

MENGES, Achim & AHLQUIST, Sean. *Computational Design Thinking*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2011.

MEREDITH, Michael. *From Control to Design*. 1. Nova York: Actar-D, 2008.

MITCHELL, William J. "Constructing complexity." *Proceedings of the Tenth International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures*. Vienna: Springer, Dordrecht, 2005. 41-50.

MUELLER, Volker. "Conceptual Design Tools: Establishing a framework for specification of concept design tools." *Digitizing Architecture: Formalization and Content - 4th International Conference Proceedings of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design (ASCAAD 2009)*. Manama, 2009. 103-120.

NOJIMOTO, Cyntia, TRAMONTANO, Marcelo & Renato Luiz Sobral ANELLI. Design Paramétrico. xv congresso SIGRADI. Santa fe: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - Universidad Nacional del Litoral, 2011. 456-460.

ONL . BYYU - Made to Measure. 2014. <http://byyu.onl.eu/body-chair/> (acessado em Janeiro 23, 2017).

OOSTERHUIS, Kas. Kas Oosterhuis. Dezembro 1, 2016. <http://www.oosterhuis.nl/?p=145> (acessado em Dezembro 14, 2016).

OOSTERHUIS, Kas, Henriette BIER, Cas AALBERS, and Sander BOER. File to Factory and Real Time Behavior in ONL-Architecture. Fabrication: Examining the Digital Practice of Architecture, Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture and the 2004 Conference of the AIA Technology in Architectural Practice Knowledge Community. Cambridge, 2004. 294-305.

OXMAN, Rivka. Theory and design in the first digital age. Design Studies, Maio 2005: 229-265.

PENÃ, Willian Merriweather, and Steven A. PARSHALL. Problem Seeking: An Architectural Programming Primer. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001.

POMPERMAYER, Karine Regina. Qualidades Espaciais Urbanas: Uma Nova Proposta ao Empreendimento Habitacional do PMCMV - Residencial Vista BEla. Trabalho Final de Graduação Interdisciplinar : Universidade Estadual de Londrina, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA. Lei nº10.637. Londrina, 2008.

—. Lei nº11.471. Londrina, 2012.

—. Lei nº11.672 - Parcelamento do Solo. Londrina, 2012.

—. Lei nº12.236 . Londrina, 2015.

—. Lei nº12.237 . Londrina, 2015.

RITTEL, Horst W. J., & WEBBER, Melvin M. Dilemmas in a General Theory of Planning. Policy Sciences 4. nº2, 1973: 155-169.

SAITO, Celso. Estudo para a determinação dos custos-meta em empreendimentos habitacionais de Interesse Social no Programa Minha Casa Minha Vida. Dissertação de Mestrado em Metodologia de Projeto. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2016.

SCHON, Donald. The Reflective practitioner. New York: Basic Books, 1983.

SCHUMACHER, Patrik. Introduction. AD - Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century, Março / Abril 2016: 8-17.

SHIGUEHARU, Mariana A. O senso de comunidade no conjunto habitacional São Lourenço - Londrina - PR. Dissertação de Mestrado em Metodologia de Projeto. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2015.

SIMON, Herbert Alexander. *The Sciences of the Artificial*. Cambridge: The MIT Press, 1969.

STELLMACH, Thomas, *Associative Design @ Berlage*. 2007. IN *Dysturb.net*, <http://www.dysturb.net/index.php?s=trummer>. (acessado em Julho 16, 2015).

TERZIDIS, Kostas. *Expressive Form: A conceptual approach to computational design*. London and New York: Spon Press, 2003.

TRUMMER, Peter. "Associative Design, From Type to Population." In *Computational Design Thinking*, by Achim MENGES and AHLQUIST Sean, 179-197. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2011.

TZORTZOPOULOS, Patrícia. *Contribuições para o Desenvolvimento de um Modelo do Processo de Projeto de Edificações em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

VAN AKEN, Joan Ernst. *Management Research on the Basis of the design Paradigm: the Quest for Field-tested and Grounded Technological Rules*. *Journal of Management Studies* 41, 2004: 219-246.

VICENTIM, Thaisa Nunes. *Análise do comércio e serviço nos empreendimentos do Programa Minha Casa Minha vida: Estudo de caso do Residencial Vista Bela*. Dissertação de Mestrado em Metodologia de Projeto. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2015.

VOORDT, Theo Van Der & WEGEN, Herman B. R. Van. *Architecture in use. An introduction to the programming, design and evaluation of buildings*. . Oxford: Elsevier, Architectural Press. Summary., 2005.

WARE, Core. *Visual Thinking: for Design*. Burlington: Elsevier Inc., 2008.

WOODBURY, Robert. *Elements of Parametric Design*. Abingdon and New York: Routledge, 2010.