

CAROLINA SCHERRER MALAMAN

**APLICAÇÃO DE LÓGICA FUZZY NA ELABORAÇÃO DE
PLANTA DE VALORES GENÉRICOS.**

PRESIDENTE PRUDENTE

2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

APLICAÇÃO DE LÓGICA *FUZZY* NA ELABORAÇÃO DE PLANTA DE VALORES GENÉRICOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas para a obtenção do Título de mestre em Ciências Cartográficas pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Presidente Prudente-SP.

Orientador: Prof. Dr. Amilton Amorim.

PRESIDENTE PRUDENTE

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

M196a Malaman, Carolina Scherrer.
Aplicação de lógica fuzzy na elaboração de planta de valores genéricos /
Carolina Scherrer Malaman. - Presidente Prudente : [s.n.], 2014
85 f. : il.

Orientador: Amilton Amorim
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Planta de Valores Genéricos. 2. Lógica *Fuzzy*. 3. Regressão Linear. I.
Amorim, Amilton. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências
e Tecnologia. III. Título.

BANCA EXAMINADORA



PROF. DR. AMILTON AMORIM
ORIENTADOR



PROF. DR. NORBERTO HOCHHEIM
UFSC



PROFA. DRA. VILMA MAYUMI TACHIBANA
UNESP/FCT



CAROLINA SCHERRER MALAMAN

Presidente Prudente (SP), 25 de outubro de 2013.

Resultado: APROVADO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas bênçãos durante a trajetória desta pesquisa e em toda minha vida.

Aos meus amados pais, Eliana e Hipólito, meus irmãos, Fernando e Felipe, e meu namorado Rhenan, por serem minha base e meu porto seguro. Pelo amor, dedicação e apoio incondicional.

A minha amiga e companheira Raquel, que se tornou uma irmã durante os sete anos de convivência, sempre demonstrando uma amizade verdadeira que vou levar durante a vida toda.

Aos companheiros e amigos de pós-graduação, pela companhia, pela troca de conhecimento e pelos momentos de descontração.

Ao Prof. Amilton Amorim pela orientação desde a graduação. Por compartilhar parte do seu conhecimento, pela dedicação, paciência e por acreditar no meu trabalho.

A todos os professores do Departamento de Cartografia, que contribuíram para minha formação, sempre dispostos a passar os seus conhecimentos.

RESUMO

A lógica *fuzzy* é uma ferramenta apropriada para lidar com variáveis incertas e pode contribuir consideravelmente com as técnicas atualmente utilizadas nas avaliações imobiliárias já que, devido a alguns fatores como mudanças de compradores e vendedores de um imóvel para outro, as variáveis que definem o valor são difíceis de serem modeladas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é testar, buscando melhorias, a utilização da lógica *fuzzy* como uma alternativa para a avaliação de imóveis e geração da PVG, propondo um novo método para modelar o mercado imobiliário, diferente dos métodos tradicionais. A proposta metodológica consistiu em investigar o uso da lógica *fuzzy* para a geração de modelos para avaliação imobiliária e para isso, foram estimados, seguindo o método convencional, modelos de regressão linear para a inferência do valor visando comparar, com o melhor modelo estimado, os resultados obtidos com a modelagem *fuzzy*. A comparação entre os resultados mostrou que a utilização da lógica *fuzzy* é satisfatória e o método utilizando regressão linear pode ser substituído ou os dois métodos podem ser complementares. Sabendo que a avaliação imobiliária é a principal etapa na geração de uma Planta de Valores Genéricos, apresentou-se um método para a representação cartográfica da PVG a partir de um modelo de superfície com o intuito de proporcionar uma melhor apresentação cartográfica para as PVG's e uma aproximação mais justa ao valor real do terreno.

Palavras-chave: Planta de Valores Genéricos, lógica *fuzzy*, regressão linear.

ABSTRACT

The fuzzy logic is a tool suitable for dealing with uncertain variables and it can contribute considerably with the techniques currently used in property valuation given that, due to some factors such as changes of buyers and sellers of a property to another, the variables that define the value are difficult to be modeled. In this context, the aim of this work is to test, seeking improvements, the use of fuzzy logic as an alternative for the assessment of real estate and generation of PGV, proposing a new method for modeling the real estate market, different from traditional methods. The methodological proposal was to investigate the use of fuzzy logic to generate models for real estate appraisal and for that, linear regression models were estimated, following the conventional method, to the inference of value in order to compare the results given by fuzzy modeling with the best linear regression model. The comparison, between the results, showed that the use of fuzzy logic is satisfactory and the linear regression method can be replaced or the two methods can be complementary. Knowing that the real estate appraisal is the main step in the generation of a Generic Values of Plant, it was presented a method for PGV's cartographic representation from a surface model in order to provide a better cartographic presentation for the PGVs and a fairer approximation to the real value of the property.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: PVG do município de Ribeirão Pires - SP.	20
Figura 2: PVG do município de Ribeirão Pires - SP.	22
Figura 3: PVG do município de Governador Valadares – MG.	23
Figura 4: PVG do município de São José dos Campos – SP.....	24
Figura 5: PVG do município de Marília – SP.	25
Figura 6: Função triangular. Fonte: Berveglieri (2011).	38
Figura 7: Função trapezoidal. Fonte: Berveglieri (2011).	39
Figura 8: Função Guassiana. Fonte: Berveglieri (2011).	39
Figura 9: Função sigmoideal. Fonte: Berveglieri (2011).	40
Figura 10: Representações qualitativas. Fonte: Martinelli (2003).	43
Figura 11: Representações ordenadas. Fonte: Martinelli (2003).....	44
Figura 12: Etapas envolvidas no desenvolvimento do trabalho.	45
Figura 13: Esquema para a modelagem do sistema <i>fuzzy</i>	46
Figura 14: Localização de Álvares Machado no estado de São Paulo.	47
Figura 15: Área de estudo em Álvares Machado.	48
Figura 16: Parte dos dados disponibilizados.	49
Figura 17: Distribuição dos pontos da amostra de campo em azul e pontos de verificação em vermelho.	50
Figura 18: Teste de normalidade dos resíduos por Anderson-Darling.	53
Figura 19: Teste de homocedasticidade.	53
Figura 20: Funções de pertinência para T_DIST.....	58
Figura 21: Princípio da nebulosidade.	59
Figura 22: Funções de pertinência para T_PADRAO.	60
Figura 23: Funções de pertinência para T_TOPO.	61
Figura 24: Funções de pertinência para ZONA_COMER.....	62
Figura 25: Classificação dos valores da amostra. Valores menores (tons de azul) nas periferias e valores maiores (tons de vermelho) no centro.	63
Figura 26: Funções de pertinência para X.	64
Figura 27: Funções de pertinência para Y.	64
Figura 28: Funções de pertinência para VMLTC.	65
Figura 29: Exemplos de regras no Matlab 5.3.	66
Figura 30: Métodos de implicação, agregação e “defuzzyficação”.	68

Figura 31: Exemplo de inferência de um valor.	69
Figura 32: Modelo de superfície gerado por interpolação.....	71
Figura 33: Representação tridimensional do modelo gerado.	72
Figura 34: Modelo de superfície no mapa do município.....	73
Figura 35: Seleção do terreno de interesse.	74
Figura 36: Representação das variações dos terrenos.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Requisitos para tamanho da amostra. Fonte: ABNT (2004).	37
Tabela 2: Estatísticas do modelo de regressão 1.	52
Tabela 3: Análise de Variância (ANOVA) do modelo de regressão 1.....	52
Tabela 4: Correlação entre as variáveis independentes.	54
Tabela 5: Raiz do EMQ dos resíduos para os seis modelos nas duas situações e R-quadrado.	56
Tabela 6: Valores obtidos para 4 imóveis utilizando os 2 modelos.	70
Tabela 7: Valores em reais calculados através do modelo de superfície.....	74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.1.3 Estrutura do trabalho	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Cadastro Técnico Multifinalitário	17
2.2 Planta de Valores Genéricos	18
2.3 Mercado Imobiliário	26
2.4 Avaliação Imobiliária	27
2.5 Métodos de avaliação imobiliária	28
2.5.1 Métodos para identificar o valor de um bem, dos seus frutos e direitos	28
2.5.1.1 Método comparativo de dados de mercado	28
2.5.1.2 Método involutivo	29
2.5.1.3 Método evolutivo	29
2.5.1.4 Método de capitalização de renda	29
2.5.2 Métodos para identificar o custo de um bem	30
2.5.2.1 Método da quantificação do custo	30
2.5.2.2 Método comparativo de custo de reprodução de benfeitorias	30
2.5.3 Avaliação em massa	30
2.6 Modelos de regressão	31
2.7 Variáveis utilizadas na avaliação imobiliária	33
2.8 Amostragem	35
2.9 Lógica <i>Fuzzy</i>	37
2.10 Cartografia	42
3. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO	45
3.1 Considerações Iniciais	45
3.2 Área teste	47
3.3 Fonte de dados	48
3.4 Estimativa do modelo de regressão	50
3.5 Estimativa do modelo <i>fuzzy</i>	57

3.6	Comparação entre os modelos	69
3.7	Apresentação dos resultados – PVG	70
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
4.1	Conclusões	76
4.2	Recomendações para trabalhos futuros.....	77
	REFERÊNCIAS	78
	ANEXO A	83
	ANEXO B	85

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, com a criação da Lei de Responsabilidade Fiscal – LRF – (Lei complementar nº. 101/00) que disciplina atos administrativos e o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº. 10.257/2001) que regulamenta instrumentos de desenvolvimento urbano, os municípios passaram a se preocupar mais com o seu sistema cadastral. Assim, tem se tornado cada vez mais necessário aos órgãos administrativos das cidades, fazer um mapeamento de toda sua área urbana, o que envolve o levantamento de dados descritivos e geográficos e uma avaliação detalhada dos imóveis a fim de estabelecer uma base para cobrança justa de impostos. Na tributação imobiliária urbana essa base é, normalmente, uma Planta de Valores Genéricos - PVG.

A Planta de Valores Genéricos consiste em um documento cartográfico e descritivo que representa a distribuição espacial dos valores dos imóveis em cada região da cidade, normalmente apresentados por face de quadra. Este documento tem por finalidade não só servir como base de dados para a tributação, mas também para todo o processo de planejamento urbano, como conhecimento da riqueza da cidade e dos bairros, para definições das diretrizes de desenvolvimento previstas no Plano Diretor Municipal e de prioridades de investimentos (AVERBECK, 2003).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece, pela NBR 14653, as regras específicas para a avaliação de imóveis urbanos, que é uma das etapas da geração da PVG, informando as diretrizes básicas para a realização desse tipo de trabalho. A NBR 14653-1, que trata dos procedimentos gerais para a avaliação de bens, indica alguns métodos que devem ser utilizados para isso e a escolha pelo mais adequado vai depender, basicamente, da natureza do bem avaliando, da finalidade da avaliação e da disponibilidade, qualidade e quantidade de dados obtidos no mercado.

Dos métodos propostos pela ABNT o mais utilizado é o Método Comparativo Direto de Dados do Mercado, no qual o valor do imóvel é obtido comparando-se as características do bem avaliando com as de outros imóveis semelhantes que foram negociados no mercado.

Tendo em vista a dificuldade de se encontrar elementos semelhantes, são utilizados, para a formação de preços, métodos que levem à representação do comportamento do mercado imobiliário. A ABNT sugere duas metodologias básicas para o tratamento dos dados, o tratamento por fatores de homogeneização e a metodologia

científica, com uso da regressão linear. A metodologia científica é adotada pela maioria e bastante desenvolvida no Brasil, porém outras ferramentas são permitidas (redes neurais artificiais, lógica *fuzzy*, regressão espacial, etc.) desde que fundamentadas.

Segundo González (2002), a regressão linear apresenta alguns inconvenientes que resultam na diminuição da precisão das estimativas, indicando a necessidade de aperfeiçoamento. A busca por métodos alternativos justifica-se pela importância econômica e social do mercado imobiliário e pelas possíveis consequências da imprecisão nas mensurações realizadas neste campo, ou seja, os prejuízos econômicos e sociais decorrentes dos erros cometidos nas estimativas do valor de mercado dos imóveis. Esses modelos podem ser empregados na definição de planos diretores, em estudos de viabilidade econômica de novas construções, nas estimativas para liberação de financiamentos, nas desapropriações e na tributação imobiliária, sendo que as avaliações incorretas podem causar erros no planejamento urbano ou na avaliação da viabilidade econômica.

Diversos trabalhos vêm sendo publicados propondo novas alternativas para melhorar, não só as técnicas de avaliação de imóveis, mas diversas áreas relacionadas: Mello e Santello (2012) apresentam um método de apoio à decisão para a avaliação de imóveis utilizando lógica *fuzzy*; Moraes (2008) utiliza ferramentas de lógica *fuzzy* para avaliar a qualidade ambiental em áreas urbanas recuperadas; e Cay e Iscan (2011) apresentam um método de redistribuição de terra utilizando lógica *fuzzy*.

Diferentemente da lógica booleana, na lógica *fuzzy* não existe somente respostas extremas. Ela permite atribuir um grau de aproximação da solução exata e assim inferir algo que seja necessário. A lógica *fuzzy* surgiu há mais de 40 anos visando resolver problemas de controle e automação, porém, devido a adaptabilidade e proximidade com problemas do mundo real, foi crescendo com o passar dos anos e se expandindo para diversas aplicações como Geoprocessamento, Medicina, Análise de Riscos, Avaliações, Controle de Qualidade, entre outras.

Na avaliação imobiliária as variáveis (proximidade ao centro, característica da região onde está localizado, padrão do imóvel, etc.) que definem o valor são difíceis de serem estimadas e podem variar de avaliador para avaliador ou de comprador para vendedor, tornando-se variáveis incertas. A lógica *fuzzy* é uma ferramenta apropriada para lidar com variáveis incertas e pode contribuir com as técnicas atualmente utilizadas nas avaliações imobiliárias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é testar a utilização da lógica *fuzzy* como uma alternativa para a avaliação de imóveis e geração da PVG, propondo um novo método para modelar o mercado imobiliário, diferente dos métodos tradicionais, buscando melhorar a transparência nas decisões e a capacidade de entendimento sobre os valores no mercado imobiliário.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica referente aos métodos e técnicas para avaliação imobiliária, elaboração de Planta de Valores Genéricos e lógica *fuzzy*;
- Gerar um modelo para estimativa de valores de terrenos utilizando regressão linear;
- Explorar o uso da lógica *fuzzy* para a geração de modelos para avaliação imobiliária;
- Comparar os métodos de regressão linear e lógica *fuzzy* a partir dos resultados obtidos;
- Apresentar um método para geração da PVG utilizando um modelo de superfície.

1.1.3 Estrutura do trabalho

Esta dissertação é composta por cinco capítulos. O capítulo 1 trata de uma introdução do trabalho, apresentando uma visão geral sobre o assunto, os objetivos e a motivação para o desenvolvimento do mesmo.

O capítulo 2 fornece uma revisão da literatura contendo os seguintes conceitos: Cadastro Técnico Multifinalitário; Planta de Valores Genéricos; conceitos de avaliação imobiliária como métodos de avaliação, características do mercado imobiliário e variáveis envolvidas na avaliação; modelos de regressão; conceitos de amostragem; lógica *fuzzy*; e finalmente uma breve apresentação sobre cartografia.

No capítulo 3 são apresentados os materiais e a metodologia utilizada para atingir os objetivos propostos.

O capítulo 4 discute os resultados obtidos a partir da metodologia proposta, ou seja, a utilização de lógica *fuzzy* e modelos de superfície na avaliação imobiliária e conseqüente geração da planta de valores genéricos.

Finalmente, o capítulo 5 apresenta as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cadastro Técnico Multifinalitário

De forma geral, dados são consideradas observações que representam quantidades, ações ou objetos que, isoladamente, possuem significado de pouca relevância, contudo quando são interpretados, organizados, manipulados ou processados, produzem informações valiosas, que permitem realizar ações e tomar decisões mais precisas.

O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) é uma ferramenta que armazena e auxilia na análise dos dados econômicos (valor do imóvel e do imposto), geométricos (localização, forma e dimensões da parcela), jurídicos, sociais (perfil do proprietário e outros) e ambientais de um determinado lugar geográfico. Esses dados são obtidos, geralmente, através de censos e outros levantamentos específicos.

Para PHILIPS (1996), o Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) possui fins como:

- Base para a cobrança justa de impostos;
- Auxiliar a posse da propriedade;
- Base para um melhoramento do registro de terras;
- Reforma agrária;
- Base para projetos de desenvolvimento: construção de estradas, projetos de economia hidrográfica (irrigação, drenagem, plantas hidroelétricas, águas subterrâneas, etc.), planejamento de novos povoados, planejamento para o desenvolvimento urbano, base para a geografia regional, base para planejamento na remodelação das propriedades (para construções, ruas, etc.);
- Base para a manutenção atualizada dos mapas topográficos básicos e gerais.
- Classificar e visualizar problemas no âmbito da saúde, educação, habitação, assistência social, obras, etc.

O CTM, por meio da informatização de um banco de dados público sobre as propriedades municipais, permite a visualização, de forma gráfica e organizada, em um

sistema cartográfico preciso e de qualidade, auxiliando no desenvolvimento dos diversos processos econômicos, jurídicos e técnicos envolvidos na dinâmica das cidades (PEREIRA; LOCH, 2009).

Nas administrações públicas e privadas, o CTM tem se mostrado cada vez mais eficaz por permitir estruturar uma grande quantidade de informações com múltiplas finalidades e organizá-las espacialmente através de mapas temáticos ou outras saídas cartográficas (planta geral do município, planta de valores, planta de referência cadastral, etc.). Partindo do pressuposto de que o conhecimento é a força decisiva na reorganização da produção e do espaço, pode-se dizer que o CTM veio preencher uma lacuna indispensável para o planejamento e gestão. (PEREIRA; LOCH; GEISSLER, 2008)

Pelo acervo de dados que proporciona e pela potencialidade de ser um fornecedor de recursos para suporte financeiro, como é o caso do IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) e ITBI (Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis), ter um CTM torna-se um importante instrumento para o planejamento proporcionando, dentre outras coisas, elementos para controle de zoneamento que estabelecem ocupação racional e desejável dos solos urbanos, desestimulando a especulação imobiliária (LOCH, 1995).

2.2 Planta de Valores Genéricos

A ABNT define a Planta de Valores Genéricos de imóveis urbanos como um conjunto de valores básicos unitários de imóveis urbanos, compreendendo terrenos, edificações e glebas devidamente homogeneizados, de acordo com critérios técnicos e uniformes quanto à contemporaneidade, aos atributos físicos dos imóveis, às características das respectivas zonas, à infraestrutura, aos equipamentos comunitários, aos níveis de atividades existentes, às possibilidades de desenvolvimento e às posturas legais para uso e ocupação do solo (MEDVEDCHIKOFF, 2009).

Segundo MELO (2001), “entende-se por Planta de Valores Genéricos a representação cartográfica delimitada pela zona urbana de um município, onde se materializa o zoneamento intra-urbano estabelecido de acordo com as características físicas, ambientais e socioeconômicas desta região para fins tributários. Desta forma, delimitam-se as regiões homogêneas, às quais podem ser atribuídos índices correspondentes à valorização segundo as zonas identificadas; sendo tais índices os

qualificadores do espaço urbano utilizados no cálculo do valor venal do imóvel”; os quais também podem ser referenciados cartograficamente (MURGEL FILHO, 2005).

Segundo Averbeck (2004), uma PVG proporciona, dentre outros, os seguintes benefícios diretos ao cidadão:

- Publicidade dos valores de mercado dos imóveis, evitando que a população desinformada seja explorada ou ludibriada;
- Valores ajustados ao mercado, de forma uniforme e sem prejudicar ou beneficiar determinado grupo de proprietários;
- Possibilidade de aplicação de uma política tributária transparente e com justiça fiscal;
- Diminuição da sonegação de IPTU, ITBI, IR e outros tributos;
- Aumento da arrecadação, principalmente do ITBI, e aplicação desses recursos em benefício do cidadão;
- Possibilidade de diminuição dos impostos, em razão do aumento da arrecadação.

Para a elaboração de uma PVG é necessário adotar um processo de avaliação que compreenda as características básicas dos imóveis da cidade, de modo que o modelo adotado permita a avaliação de todos os imóveis. Essa avaliação deve ser real, atual, referida a uma mesma data e uniforme.

Uma PVG deve sempre buscar o cumprimento de alguns princípios para que seus objetivos sejam alcançados da melhor forma possível. Dentre esses princípios, pode-se destacar, primeiramente, o princípio da uniformidade que busca uma igualdade entre os valores realizados pela avaliação e os valores de mercado. Outro princípio buscado é o da atualidade, que se refere à data dos dados analisados. Para respeitar este princípio, todos os dados têm que estar relacionados à mesma época. O último princípio é o da realidade, o qual aponta que o valor a ser buscado na avaliação é o valor de mercado, isto é, a quantia mais provável pela qual se negociaria com conhecimento e prudência, numa data de referência, dentro das condições do mercado vigentes (IBAPE SP, 2005).

Uma planta de valores bem elaborada consegue dar suporte ao órgão municipal em diversas atividades, dentre as quais a mais visada pela maioria das Prefeituras, a arrecadação via tributos imobiliários, que engloba os impostos relacionados à transmissão de bens imóveis (ITBI) e o imposto predial e territorial urbano (IPTU). (DALAQUA, 2007).

As plantas de valores podem ser classificadas de acordo com suas formas de apresentação, tabulares e cartográficas.

As plantas de valores tabulares são aquelas utilizadas pela grande maioria dos municípios brasileiros, onde os valores unitários são tabulados e referidos à face de quadra ou ao trecho de logradouro. Essa forma de apresentação tem uma ampla disseminação, porém sua aplicabilidade é menor, pois não permite uma visão espacial da ocupação e valorização do solo nem a identificação de áreas homogêneas ou pólos de valorização. Mesmo que a tabela de valores esteja disponível em meio digital, esta metodologia não se presta convenientemente para a utilização em documentos cartográficos. A Figura 1 mostra um exemplo de uma planta de valores tabular para o município de Ribeirão dos Pires – SP, onde o valor do metro quadrado é definido de acordo com o logradouro.

PLANTA DE VALORES GENÉRICOS DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PIRES (VALORES POR METRO QUADRADO)		
CÓDIGO	NOME DA RUA	VALOR
DISTRITO DA SEDE		
4/1	RUA "C"	87,90
6/1	RUA "D"	70,32
7/1	RUA ABEL DE OLIVEIRA	41,02
8/1	RUA ABÍLIO BATISTA DA SILVA	29,30
9/1	RUA ABRAÃO EID	117,25
10/1	AV. ACÁCIA	17,58
11/1	RUA ACHILES RECHELLI	87,90
18/1	ACHILES LITTIERI	222,69
13/1	RUA AÇUCENA	17,58
14/1	RUA ADA MORTARI	351,61
15/1	RUA SANTA ADELAIDE	29,30
16/1	RUA ADELINA GAMEIRO	64,46
17/1	RUA ADIB EID	117,20
18/1	RUA ADOLPHO NAPOLI	128,92
19/1	RUA ADOLPHO JOANE ZAMPOL	234,41
20/1	RUA AFONSO PENA	77,94
21/1	RUA AFONSO RANGEL DE CARVALHO	117,20
22/1	RUA AFONSO ZAMPOL	410,19
23/1	RUA AFRÂNIO PEIXOTO	1.367,90
24/1	RUA AGNALDO BANDONI FILHO(PARTE)	107,24
	RUA AGNALDO BANDONI FILHO(PARTE)	117,20
25/1	RUA AGOSTINHO PEREIRA DE FIGUEIREDO	341,65
26/1	RUA AGOSTINHO REBECHI	58,60
27/1	RUA AGUIDA IORI SORTINO	351,61
28/1	RUA ALADIM	123,06
29/1	RUA ALBERTO CINQUETTI	246,13
30/1	RUA ALBINA MILANI GALLO	351,61
31/1	RUA ALBION	128,92
32/1	RUA ALBUQUERQUE LINS	47,02
33/1	RUA ALCANTARA MACHADO	146,50
34/1	TRAV. ALDEIZA	175,80
35/1	RUA ALDO MORTARI	263,71
36/1	RUA ALEMANHA	205,10
37/1	RUA ALEXANDRE DE MELLO E FARO	322,31
38/1	RUA ALEXANDRE DE MELLO	58,60

Figura 1: PVG do município de Ribeirão Pires - SP.

Fonte: http://ceaam.net/rbp/legislacao/leis/imgs/1993_L3668.pdf

As Plantas de Valores em forma de documentos cartográficos são representadas por um mapa temático das zonas homogêneas de valores unitários de terrenos. A PVG, quando concebida como um produto cartográfico, apresenta diversas vantagens para se observar fenômenos de mercado, pois eles são evidenciados através de feições em um mapa, tais como zonas homogêneas, curvas isotímias e pólos de valorização (MURGEL FILHO, 2005).

Segundo MÖLLER (1995), as zonas homogêneas são aquelas que apresentam a mesma evolução durante um determinado período de tempo, manifestada pelo padrão construtivo das edificações. As curvas isótimas é o lugar geométrico dos pontos de igual valor, permitindo a visualização dos valores como uma superfície de valores, assim como as curvas de nível que permitem a visualização do relevo ou superfície topográfica. Os pólos de valorização são pontos ou linhas a partir dos quais a distribuição dos valores se dá de uma forma decrescente, podendo ser principais ou secundários. Normalmente, os centros comerciais configuram pólos pontuais e em cidades balneárias, a orla marítima é um pólo linear (MURGEL FILHO, 2005).

A forma mais utilizada para apresentação das PVGs na forma cartográfica é através das zonas homogêneas. Normalmente, são utilizadas as divisões de distritos, bairros, condomínios ou setores censitários como separação das áreas de mesmos valores.

A Figura 2 mostra a planta de valores do município de Ribeirão dos Índios – SP onde os setores representam as zonas homogêneas.

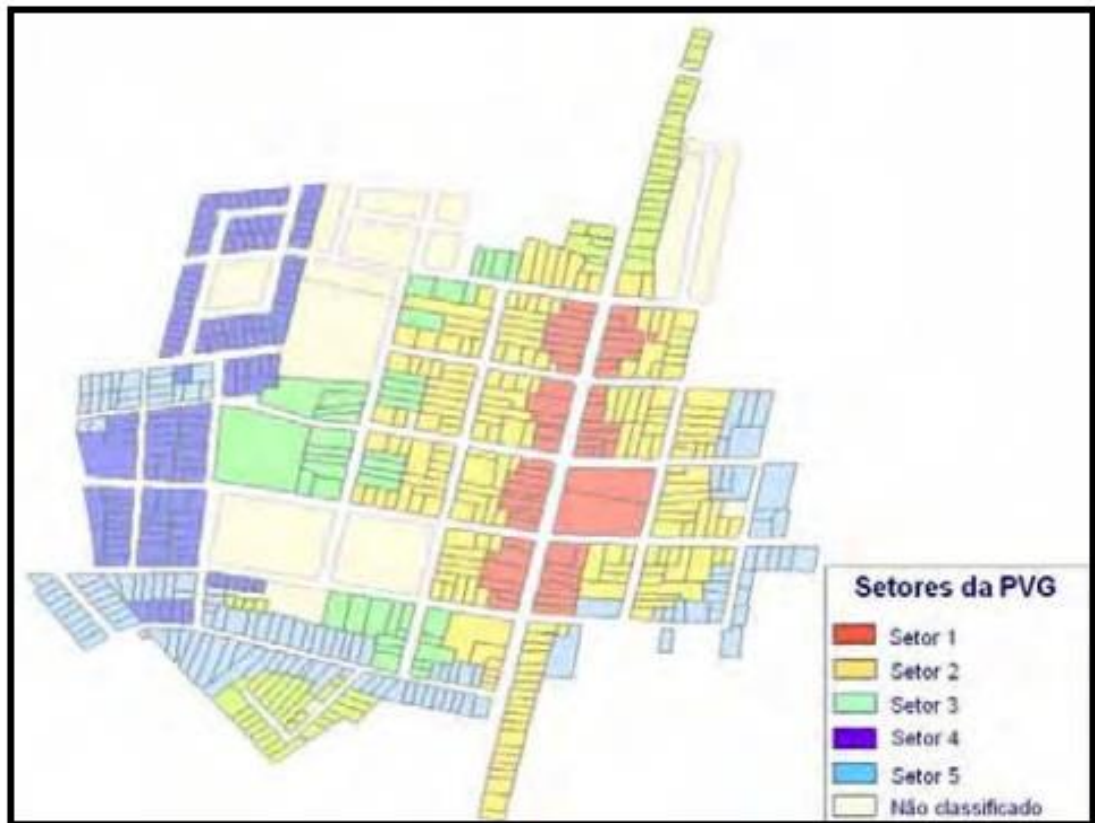
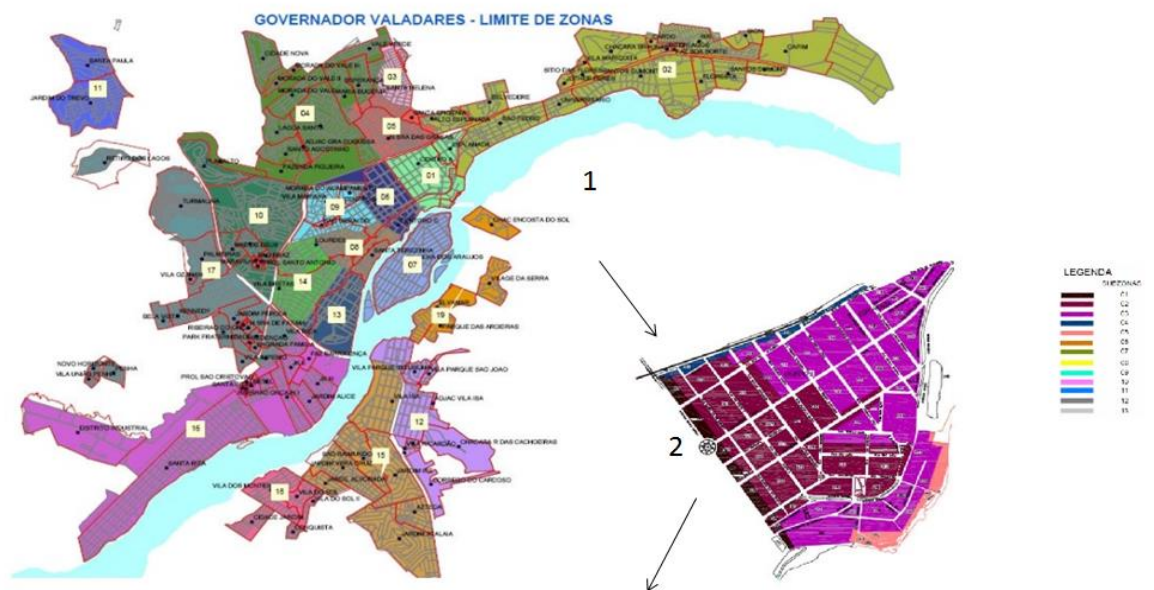


Figura 2: PVG do município de Ribeirão Pires - SP.

Fonte: Dalaqua (2007).

Como já mencionado anteriormente, as PVG não possuem apenas a finalidade de cobrança de impostos, elas podem servir como base para outras finalidades relacionadas ao planejamento urbano, como investigar qual região é mais valorizada e por qual motivo, qual região precisa de mais investimentos, entre outras. Além disso, é fundamental que seja divulgado um documento para o entendimento não só do poder público como também de toda população.

As Figuras de 3 a 6 mostram alguns exemplos de como as PVG vem sendo apresentadas pelas prefeituras.



SETORIZAÇÃO PROPOSTA PARA 2013							ZONA: 01		
subzona (2013)	SETOR (2013) (R\$/m²)	SETOP (R\$/m²)					Topografia	(AT) - Área Típica (m²)	Observações
		(1) Declive	(2) Aclive	(3) Declive Acentuado	(4) Plano	(5) Aclive Acentuado			
1	1175	1175	1175	1175	1175	1175	Plano	400	Frente para a Av. Minas Gerais
2	920	920	920	920	920	920	Plano	400	
3	620	375	375	375	620	375	Plano	400	
4	420	420	420	420	420	420	Plano	400	
5	375	420	420	375	470	375	Aclive/Declive	300	

Figura 3: PVG do município de Governador Valadares – MG.

Fonte: <http://www.valadares.mg.gov.br>

A Figura 3 apresenta a PVG do município de Governador Valadares – MG que pode ser interpretada da seguinte maneira: dividiu-se o município em zonas (1), cada zona foi dividida em subzonas (2) e para cada subzona definiu-se o valor de acordo com as características dos imóveis (3).

LISTAGEM DE VALORES UNITÁRIOS POR M² DE TERRENO			
SETOR	LOGRADOURO	LOTEAMENTO ...Vir / m²/	
QUADRA			
100001	R HUMAITA	CENTRO	482,12
100001	R DOLZANI RICARDO	CENTRO	344,89
100001	AV MADRE THEREZA	CENTRO	344,89
100001	TV FRANCISCO ALMADA	CENTRO	344,89
100002	AV MADRE THEREZA	CENTRO	482,12
100002	PCA AFONSO PENA	CENTRO	522,70
100002	R RUBIAO JUNIOR	CENTRO	303,11
100002	TV FRANCISCO ALMADA	CENTRO	344,89
100003	R HUMAITA	CENTRO	482,12
100003	AV DR NELSON D'AVILA	JD VALE PARAISO	688,58
100003	R DOLZANI RICARDO	CENTRO	344,89
100003	R SEN SALGADO FILHO	CENTRO	412,92
100004	R HUMAITA	CENTRO	482,12
100004	AV DR NELSON D'AVILA	JD VALE PARAISO	688,58
100004	R DOLZANI RICARDO	CENTRO	344,89
100004	PCA AFONSO PENA	CENTRO	482,12
100006	R CEL JOSE MONTEIRO	CENTRO	550,14
100006	PCA AFONSO PENA	CENTRO	385,46
100006	R XV DE NOVENBRO	CENTRO	825,81
100006	R DR RUI DORIA	CENTRO	344,89
100007	R CEL JOSE MONTEIRO	CENTRO	550,14
100007	PCA CON LIMA	CENTRO	1100,30
100007	TV JOAO DIAS	CENTRO	275,67
100007	R XV DE NOVENBRO	CENTRO	1100,30
100007	AV SAO JOSE	CENTRO	385,46
100008	AV SAO JOSE	CENTRO	385,46
100008	TV JOAO DIAS	CENTRO	275,67
100018	PCA PE JOAO	CENTRO	385,46
100018	R SETE DE SETEMBRO	CENTRO	550,14
100018	R XV DE NOVENBRO	CENTRO	825,81
100018	R SEBASTIAO HUMEL	VL SANTOS	550,14
100018	R SIQUEIRA CAMPOS	VL MARIA	482,12
100020	R VILACA	CENTRO	206,45
100020	AV TEOTONIO VILELA	CENTRO	206,45
100020	AV MAL FLORIANO PEIXOTO	CENTRO	206,45
100021	R VILACA	CENTRO	206,45
100021	AV MAL FLORIANO PEIXOTO	CENTRO	206,45
100021	R ANTONIO DE PAULA FERREIRA	CENTRO	206,45
100022	AV MAL FLORIANO PEIXOTO	CENTRO	206,45
100022	R VILACA	CENTRO	206,45
100022	R ANTONIO DE PAULA FERREIRA	CENTRO	206,45
100022	R CLAUDINO PINTO	CENTRO	206,45
100023	R CLAUDINO PINTO	CENTRO	206,45
100023	R VILACA	CENTRO	385,46
100023	AV MAL FLORIANO PEIXOTO	CENTRO	385,46
100023	PCA MAURICIO ANISSE CURY	CENTRO	482,12
100024	AV MAL FLORIANO PEIXOTO	CENTRO	619,37
100024	R FRANCISCO PAES	CENTRO	385,46
100024	R DOLZANI RICARDO	CENTRO	385,46
100024	R VILACA	CENTRO	412,92
100024	PCA MAURICIO ANISSE CURY	CENTRO	482,12
100025	R FRANCISCO PAES	CENTRO	385,46
100025	R RUBIAO JUNIOR	CENTRO	688,58
100025	AV MAL FLORIANO PEIXOTO	CENTRO	688,58
100025	R VILACA	CENTRO	482,12
100025	PCA DR JOAO MENDES	CENTRO	385,46

Figura 4: PVG do município de São José dos Campos – SP.

Fonte: http://www.sjc.sp.gov.br/media/295159/planta_generica_valores_2013.pdf

Na Figura 4 o valor do metro quadrado de terreno é definido de acordo com o logradouro no qual a frente do terreno se encontra e os valores são mostrados em uma listagem.

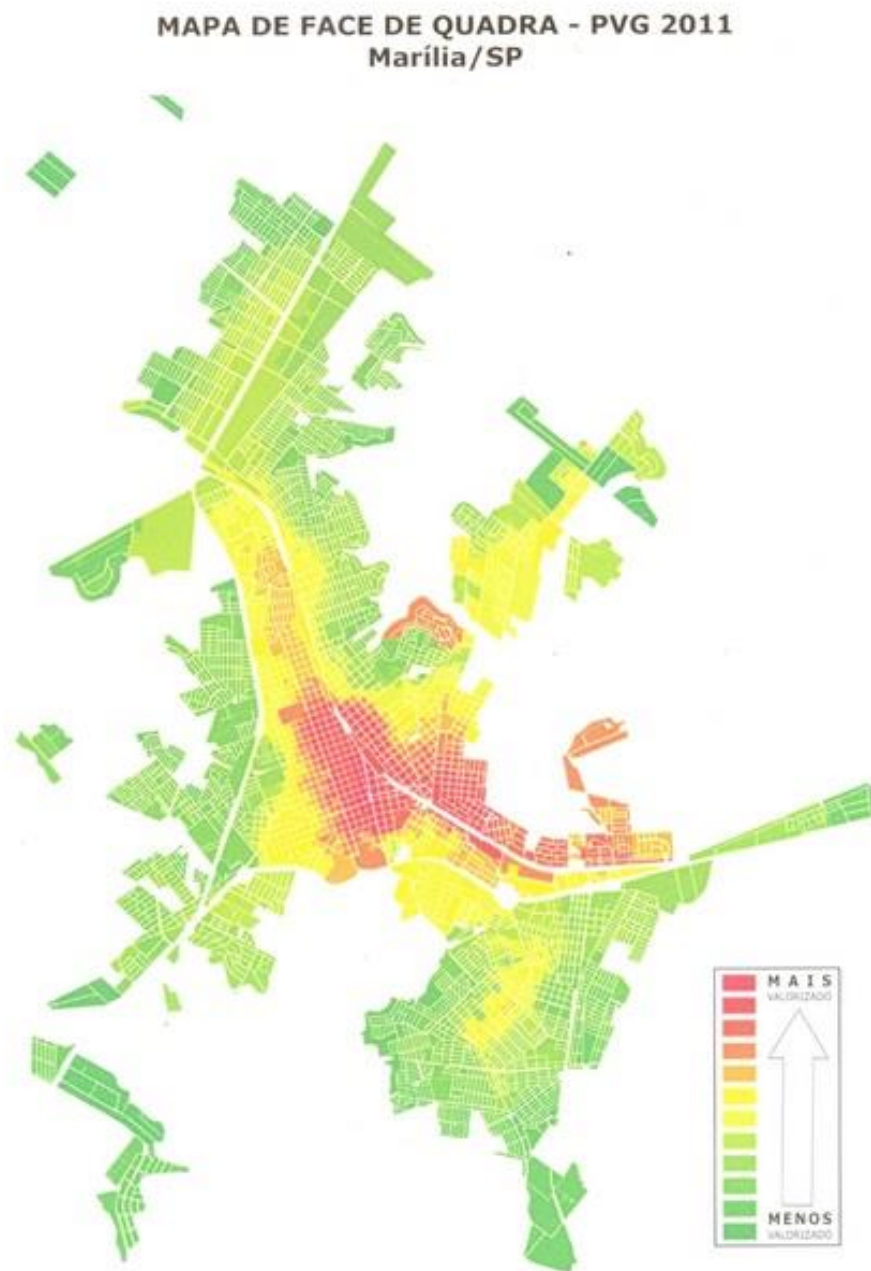


Figura 5: PVG do município de Marília – SP.

Fonte: <http://www.igepri.org/observatorio/?p=4256>

A Figura 5 mostra a PVG do município de Marília-SP apresentada como um produto cartográfico classificando os terrenos, dos mais valorizados aos menos valorizados, através de uma escala de cores.

Se comparadas as formas de apresentação das Figuras 3 e 4 com a Figura 5 pode-se perceber que utilizando conceitos de cartografia temática (item 3.10) a leitura do documento apresentado torna-se bem mais simples e interpretativa.

A Figura 3, por exemplo, mostra o município dividido em setores, mas não apresenta uma simbologia que permita perceber as regiões homogêneas ou pólos de valorização. A Figura 4 apresenta apenas os valores dos imóveis, tornando o documento inútil em outras aplicações do planejamento. Na Figura 5 os valores são representados por um mapa coroplético, onde as cores representam a classificação das regiões variando do vermelho, regiões mais valorizadas, até o verde, regiões menos valorizadas.

Diante disso, fica notável a importância com que a PVG é apresentada e divulgada, pois dependendo da forma utilizada seu uso torna-se limitado.

2.3 Mercado Imobiliário

O mercado imobiliário determina os preços dos imóveis urbanos e, assim como qualquer mercadoria, passam pela lei da oferta e da demanda. Segundo Dantas (2005), o mercado imobiliário é formado por três segmentos: o dos imóveis a serem vendidos, o das partes que desejam vendê-los (vendedores) e o das partes interessadas em adquiri-los (compradores).

Os produtos do mercado imobiliário, os imóveis, apresentam uma grande heterogeneidade podendo ocorrer diferenças na mesma localização. Inúmeras são as fontes dessas divergências, qualquer alteração no ambiente provoca modificações no valor do imóvel causando progressivas diferenças (BRAULIO, 2005). Além disso, os preços dos imóveis são definidos pela lei da oferta e demanda, são influenciados pelo governo e pelas economias local, regional, nacional e global e devem ser considerados aspectos ligados ao próprio imóvel como tamanho, idade e qualidade de construção. (GONZÁLEZ, 2002)

Para Dantas (2005), a relação entre o imóvel, o vendedor e o comprador é uma relação determinante na formação dos preços. A situação ideal é aquela onde a oferta e a procura estão equilibradas, ou seja, um mercado de concorrência perfeita. Por outro lado, pode ocorrer o mercado de concorrência imperfeita, o monopólio, oligopólio, monopsônio e oligopsônio.

No monopólio o mercado é comandado por um único vendedor. No oligopólio ocorre a situação em que a oferta é controlada por um pequeno número de vendedores e a competição tem por base, não as variações de preços, mas sim a propaganda e as diferenças de qualidade, fazendo com que os preços sejam aumentados. No monopsônio

há apenas um comprador e no oligopsônio há alguns compradores e os preços têm uma tendência para baixo (DANTAS, 1998).

A concorrência perfeita significaria considerar os bens idênticos, que a entrada do mercado é livre, que as pessoas têm informação perfeita, decidem livre e prudentemente, sem pressões de qualquer ordem e que ações individuais não afetam os preços. Mas, é claro que o mercado imobiliário não apresenta essa situação. Existe falta de informações, os imóveis e suas localizações são heterogêneas, não há liberdade para negociar, as partes sofrem pressões, existem fatores psicológicos e culturais e o custo elevado impede a participação de grande parte da população (BRAULIO, 2005).

No mercado é difícil distinguir como os agentes obtêm informações sobre as transações. Muitas vezes uma das partes interessadas possui informação privilegiada, fato este que desequilibra a perfeição da concorrência. Assim, o mercado imobiliário se apresenta de forma complexa, uma vez que possui uma concorrência imperfeita e o preço nem sempre vai coincidir com o valor, tornando-se necessário, portanto, a realização de uma gama de considerações sobre sua análise.

2.4 Avaliação Imobiliária

A avaliação de imóveis utiliza métodos que visam determinar o valor de mercado de um bem (imóvel). A aplicação do melhor método para se chegar ao valor do imóvel depende das condições que o mercado imobiliário oferece ao avaliador. O que deve ser observado, neste momento, são as informações que se têm disponíveis e a finalidade das avaliações. Assim, pode-se dizer que a escolha do método para obter o valor de um imóvel é dependente das informações que se têm disponível e do nível de rigor que se deseja ter (NBR 14653-2, 2011).

No Brasil, a primeira norma brasileira para avaliação de imóveis urbanos, NB 502, foi publicada em 1977 pela ABNT. Em 1980, esta norma sofreu uma revisão, foi registrada no INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) com nomeação NBR 5676, e tinha como novidade o estabelecimento de níveis de precisão na avaliação. Atualmente, a avaliação de imóveis urbanos no Brasil é normatizada pela NBR 14653-2, publicada em maio de 2004 e atualizada em 2011.

A NBR 14653-2 (2011) que tem o objetivo de fixar as diretrizes para a avaliação de imóveis urbanos, quanto à classificação de sua natureza, descrição das atividades

básicas, do uso das metodologias, das especificações da avaliação, e suporte para laudos e pareceres técnicos de avaliação. Além disso, a norma apresenta ainda em seu texto a descrição de vários métodos possíveis que podem ser aplicados nos processos de avaliação.

2.5 Métodos de avaliação imobiliária

2.5.1 Métodos para identificar o valor de um bem, dos seus frutos e direitos

2.5.1.1.1 Método comparativo de dados de mercado

O método comparativo de dados de mercado é aquele que define o valor através da comparação com dados de mercado assemelhados quanto as características intrínsecas e extrínsecas dos imóveis. Para isso, é necessário um conjunto de dados que possa ser tomado como amostra do mercado imobiliário (HOCHHEIM; UBERTI, 2001).

Segundo a NBR 14653-1 (2001), o método comparativo de dados de mercado indica o valor de mercado do bem através da composição de uma amostra representativa de dados de mercado de imóveis com características semelhantes às do avaliando, usando-se toda a evidência disponível. São eleitas as variáveis, independentes (características físicas, de localização e econômicas) relevantes para explicar a formação de valor, e estabelecidas as relações com a variável dependente (valor).

A amostra é obtida através de um levantamento de dados, investigando o mercado e coletando dados e informações a respeito de negociações e ofertas, com o objetivo de explicar o comportamento do mercado no qual o imóvel avaliado esteja inserido e constituindo assim a base do processo avaliatório.

A partir da amostra, a fim de obter o resultado final, é feito um tratamento estatístico dos dados. Podem ser utilizados dois tipos de tratamento dos dados, tratamento por fatores ou tratamento científico, dependendo da qualidade e da quantidade de dados e informações disponíveis. No tratamento científico os parâmetros de qualificação do trabalho são obtidos enquanto que no tratamento por fatores são adotados pesos estabelecidos de acordo com o mercado imobiliário, sendo decisão do avaliador.

A qualidade deste método depende da existência de uma quantidade suficiente de dados para representar adequadamente a variabilidade dos imóveis na área em questão e da qualidade em se obter dados de transações de imóveis semelhantes.

2.5.1.1.2 Método involutivo

O método involutivo é definido pela NBR 13653-1 (2001) como aquele no qual o valor de mercado do bem é baseado em modelo de viabilidade técnico-econômica, alicerçado no seu aproveitamento eficiente, mediante hipotético empreendimento semelhante às características do bem e com as condições do mercado no qual está inserido. Desta forma, a avaliação de uma gleba ou de um terreno pode ser realizada buscando identificar os melhores usos possíveis.

Neste método, o valor é estimado através de um processo de involução, ou seja, parte-se do valor de venda do empreendimento imobiliário real ou projetado e, subtrai-se o custo de execução e o lucro mínimo permitido pelo investidor, obtendo-se o preço máximo que se pagaria pelo terreno para viabilizar o empreendimento. Este método é bastante utilizado em loteamentos, para a avaliação de obras em execução, projetos aprovados, etc. (DANTAS, 2005).

2.5.1.1.3 Método evolutivo

Segundo a NBR 14653-1 (2001), o método evolutivo identifica o valor do bem pelo somatório dos valores de seus componentes. É aquele em que o valor do imóvel é estimado através da conjugação de métodos, a partir do valor do terreno, considerados o custo de reedição das benfeitorias e o fator de comercialização.

Macanhan (2002) diz que o valor do imóvel é obtido somando-se ao valor do terreno, os custos de produção do imóvel, tais como, custos dos materiais e mão-de-obra para a construção, além de outros elementos que também influem no valor final do imóvel, tal como lucro do incorporador.

2.5.1.1.4 Método de capitalização de renda

O método de capitalização de renda baseia-se na hipótese de que o imóvel é valorizado pela renda que pode proporcionar a seu proprietário, sendo este valor baseado na capitalização presente da sua renda líquida, seja ela real ou prevista (NBR 14653-1, 2001).

Por exemplo, alguns bens como um poço de petróleo ou uma jazida mineral não se encontram a venda no mercado, mas possuem um potencial de geração de renda e poderiam existir pessoas dispostas a pagar um determinado montante pelo bem, para ter o direito sobre os possíveis rendimentos. Este valor seria obtido pelo método da renda. Neste caso não se estimaria um valor de mercado, mas um valor máximo de viabilidade que um investidor estaria disposto a pagar pelo bem, nas condições por ele estabelecidas. Assim, de maneira geral todo bem que gerar renda pode ser avaliado pelo método da renda (DANTAS, 2005).

2.5.2 Métodos para identificar o custo de um bem

2.5.2.1.1 Método da quantificação do custo

Identifica-se o custo de reedição das benfeitorias, que pode ser apropriado pelo custo unitário básico de construção ou por orçamento, com citação das fontes consultadas (NBR 14653-2, 2011).

2.5.2.1.2 Método comparativo de custo de reprodução de benfeitorias

Benfeitorias segundo Dantas (2005), é qualquer melhoramento incorporado permanentemente ao solo pelo homem e que não pode ser retirado sem destruição. Assim, o método comparativo de custo de reprodução é aquele pelo qual o valor do bem é dado através da reprodução dos custos de seus componentes, ou seja, o valor do bem corresponde aos gastos necessários para reproduzir esse bem, sem considerar eventual depreciação (NBR 14653-2, 2011).

Sendo um método de pouca aplicação, porém de utilização possível, é necessário que se tenham os custos de benfeitorias semelhantes às avaliandas, compondo, assim, uma amostra a partir da qual são elaborados modelos de acordo com as metodologias do método comparativo de dados de mercado.

2.5.3 Avaliação em massa

Segundo Silva e Verdinelli (2000), avaliação em massa ou avaliação coletiva de imóveis consiste na determinação de valores para todos os imóveis situados dentro de um

determinado perímetro através de procedimentos avaliatórios respaldados legalmente. A determinação desses valores deve ser fundamentada por uma metodologia que procure adequar os dados e os procedimentos adotados à realidade do mercado imobiliário (SILVA; LOCH, 2004), pois são esses valores que darão a origem as PVGs que, por fim, servirão de base para o cálculo de impostos, como o IPTU (IBAPE, 2005).

Normalmente, na avaliação em massa é feita a identificação de zonas homogêneas. As zonas homogêneas são definidas como regiões que possuem mesma valorização imobiliária e caracterizam-se por apresentar atividades semelhantes de uso do solo, intensidade, tipologia, padrão construtivo e ocupação. Podem ser identificadas como distritos, bairros, loteamentos, condomínios horizontais, centros administrativos e comerciais, corredores comerciais e seu entorno, áreas industriais, áreas sob restrições ambientais, ou até mesmo áreas sem limites físicos ou políticos preexistentes, por determinação do próprio zoneamento ou plano diretor do município.

Para a avaliação em massa são adotados os métodos do custo de reprodução e de comparação de dados de mercado. O primeiro requer as estimativas do valor do terreno, bem como o custo de reprodução das edificações. Esse valor é estimado usando tabelas que mostram o custo unitário para os diversos tipos e estilos de edificações e, posteriormente, aplicado um fator de depreciação. O segundo método faz a estimativa do valor de mercado com base em preços de grupos de imóveis vendidos em um período que antecede a data de lançamento dos tributos (SILVA; LOCH, 2004).

A atualização da avaliação em massa, segundo MARTINS e MARTINS (1991), deve ser periódica, não se podendo fixar um período único geral. Cada município, de conformidade com a finalidade, é que vai indicar a conveniência de um período maior ou menor.

2.6 Modelos de regressão

Nas atividades de avaliação imobiliária, como os imóveis são heterogêneos e há diversas características importantes a serem consideradas simultaneamente, é necessário utilizar uma técnica para realizar o ajustamento das diferenças entre os imóveis. Uma das técnicas mais utilizadas atualmente pelos avaliadores e recomendada pela ABNT para esta função é a análise de regressão múltipla, que busca um modelo do segmento de

mercado em questão, validado estatisticamente e posteriormente utilizado na projeção do valor do imóvel (GONZÁLEZ, 2002).

A análise de regressão é uma técnica estatística indicada para estudar o relacionamento entre as variáveis (dependentes e independentes), além de prever um valor de uma variável específica com base em uma coleção de variáveis (JOHNSON, WICHERN, 2002). Na avaliação imobiliária o objetivo dessa análise é obter um modelo estatístico que relaciona a variável dependente, valor do bem, com as variáveis independentes, aquelas que influenciam na formação do valor do imóvel. A equação de regressão tem como forma geral:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon \quad (1)$$

onde Y é a variável dependente ou a variável de interesse; $X_1, X_2, \dots, X_p$ são as variáveis independentes ou explicativas; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ são os coeficientes da regressão ou regressores que representam o peso que cada variável explicativa têm na formação do valor Y, geralmente estimados pelo Método dos Mínimos Quadrados no qual se buscam aqueles que propiciam a menor soma dos quadrados dos resíduos.

Segundo Johnson e Wichern (2002), quando são gerados modelos de regressão é necessário verificar alguns pressupostos estatísticos (verificação de normalidade dos resíduos, homocedasticidade, independência dos resíduos, ausência de pontos atípicos e ausência de multicolinearidade entre as variáveis independentes) para saber se o modelo obtido é realmente adequado para explicar a variável resposta em questão.

A verificação da normalidade dos resíduos deve ser avaliada, segundo a ABNT (NBR 14653-2, 2004), usando o teste de Anderson-Darling ou Ryan-Joiner.

O teste de Homocedasticidade é usado para analisar se os resíduos possuem uma variabilidade constante e com isso um bom comportamento aleatório e não tendencioso (JOHNSON; WICHERN, 2002). A ABNT (NBR 14653-2, 2004) diz que este teste pode ser realizado construindo-se um gráfico entre os resíduos e os valores ajustados e se algum padrão for identificado conclui-se que o modelo é tendencioso. Ainda segundo a ABNT (NBR 14653-2, 2004), o mesmo gráfico pode ser utilizado para o teste de correlação dos resíduos o qual avalia se a independência dos resíduos está relacionada com a independência dos elementos amostrais.

O teste para verificar a ausência de pontos atípicos analisa se as observações estão muito distantes da média, ou seja, verifica se existem observações que apresentam um comportamento distinto dos demais elementos (DANTAS, 2005).

Por último, o teste da multicolinearidade analisa se existe dependência entre as variáveis independentes, pois, caso exista, essa dependência provoca degenerações no modelo limitando a sua utilização. De acordo como a ABNT (NBR 14653-2, 2004), valores de correlação maiores que 0,80 são críticos.

Gerado o modelo de regressão a partir de uma amostra, a explicação do mesmo pode ser aferida pelo seu coeficiente de determinação R^2 (ABNT, 2004). O coeficiente de determinação é dado pela razão da Soma de Quadrados da Regressão (SQP) com a Soma de Quadrados Total (SQT), como mostra a equação 5. Como este coeficiente sempre cresce com o aumento do número de variáveis independentes e não leva em conta o número de graus de liberdade perdidos a cada parâmetro estimado, é recomendável considerar também o coeficiente de determinação ajustado (equação 6).

$$R^2 = \frac{SQP}{SQT} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad 0 < R^2 < 1 \quad (2)$$

$$R_{Aj}^2 = 1 - \frac{\frac{SQP}{(n-p)}}{\frac{SQT}{(n-1)}} \quad (3)$$

onde, n é o número de elementos da amostra e p é o número de parâmetros no modelo.

2.7 Variáveis utilizadas na avaliação imobiliária

Na avaliação de imóveis, uma das etapas mais importantes é identificar quais os possíveis fatores ou variáveis que influenciam na formação do valor do bem. Essas variáveis, bem como a forma como elas influenciam no processo de formação do valor vai depender do tipo de bem a ser avaliado. As variáveis que influenciam no valor do imóvel podem ser classificadas em:

- Socioeconômicas, culturais e ambientais: valores históricos ou culturais, disponibilidade e facilidade de financiamento, inflação, moda e status;
- Localização: proximidade a *shopping centers*, pólos comerciais ou industriais, recreação, entretenimento, existência e qualidade dos equipamentos de infraestrutura (luz, telefone, transporte, etc.);
- Físicas: solo, topografia, tamanho do terreno, estado de conservação;
- Urbanas e legais: benefícios fiscais, restrições urbanísticas como encargos gerados para fins de preservação cultural ou ambiental.

Segundo a NBR 14653-2 (2004), as variáveis devem ser escolhidas com base em teorias existentes, conhecimentos adquiridos, senso comum ou que se revelem importantes no decorrer dos trabalhos, pois algumas variáveis consideradas no planejamento da pesquisa podem se mostrar pouco relevantes e vice-versa. Sempre que possível, recomenda-se a adoção de variáveis quantitativas.

Existem variáveis fáceis de serem identificadas como a frente de um lote ou sua área, porém, existem outras mais complexas como a localização. A localização faz com que imóveis próximos possam ter características semelhantes como dimensão de lotes, padrão construtivo, temporalidades ou proximidade a pólos de valorização ou desvalorização (DANTAS, 2005), mas existem dificuldades nas medições deste atributo já que ele não é diretamente mensurável, dependendo de medidas aproximadas ou de julgamentos pessoais dificultando a generalização e o detalhamento (GONZÁLEZ, 1993).

Trivelloni e Hochheim (1998) observam que os modelos de avaliação de imóveis têm dificuldades na determinação das variáveis que influenciam no seu valor, sendo que para obter precisão na avaliação, muitos fatores devem ser considerados, mas nem sempre é possível chegar a um modelo único que represente a realidade do mercado. As variáveis que influenciam o valor de uma amostra podem não ser as mesmas que para outra, por exemplo, numa cidade litorânea as variáveis que influenciam no valor vão ser diferentes das variáveis que influenciam o valor em uma cidade do interior ou de uma capital.

2.8 Amostragem

A amostragem é utilizada para obter um grupo representativo da população em estudo, fazendo com que as conclusões possam ser estendidas para o todo, com um determinado nível de confiança. Para isso, a amostra deve ser semelhante ao universo, ou seja, ambos devem ter as mesmas características. Portanto, a seleção de uma amostra deve ser uma tarefa cuidadosa de forma a representar adequadamente o universo em estudo ou, caso contrário, as conclusões não podem ser generalizadas para a população.

Existem várias técnicas de amostragem, entre as mais conhecidas e utilizadas estão: aleatória, sistemática, estratificada, por conglomerado ou em vários estágios. É preciso verificar qual é a mais indicada para obter a amostra mais adequada aos propósitos da análise.

Vários autores discutem sobre qual o número mais adequado para que uma amostra seja significativa e a escolha por qual utilizar vai depender das características da população considerada (grande, pequena, com distribuição normal, etc).

Morettin e Bussab (2003) consideram 50 elementos como sendo um tamanho razoável e para que a distribuição de médias amostrais se aproxime da normal. À medida que aumenta o tamanho da amostra, a distribuição amostral das médias tende para a normalidade e a variabilidade decresce. A tendência da amostra para normalidade depende da simetria da população: quanto mais simétrica, mais rápida tende para a normalidade e menor o tamanho necessário da amostra para que a mesma seja considerada significativa.

Com isso, amostras grandes possuem uma tendência maior em produzir valores mais próximos do parâmetro, fazendo com que o erro decresça com o aumento do tamanho da amostra. Segundo Pinheiro, Silva e Rodrigues (2011), apesar de existirem diversos pontos de vista constata-se que no mínimo deve haver 25 elementos para compor uma amostra adequada.

Quando o propósito é a avaliação imobiliária, pode-se encontrar dificuldades na etapa de seleção da amostra, como obter amostras em determinadas regiões da cidade ou obter dados confiáveis com relação ao valor transacionado dos imóveis.

Segundo Fonseca e Martins (1996), nesses casos, quando se tem uma população heterogênea pode-se distinguir subpopulações (estratos) mais ou menos homogêneas e

utilizar a amostragem estratificada que possibilita estimativas mais precisas que a amostragem aleatória simples.

Os dados amostrais devem ser completos, atuais e confiáveis. As fontes de dados mais comuns seriam: classificados de jornais, corretores imobiliários, comprador e vendedor, agentes financiadores e entrevistas com a população local (GONZÁLEZ, 1993).

As diferentes fontes de dados apresentam aspectos positivos e negativos. Os classificados de jornais, por exemplo, são de fácil acesso, porém oferecem poucos detalhes e representam apenas o ponto de vista do vendedor. Os corretores muitas vezes não fornecem dados ao pesquisador, por desconfiança. As partes envolvidas são adequadas para obter as informações, mas são mais difíceis de obter e podem esconder ou omitir valores. Nos cartórios normalmente os valores declarados não correspondem aos valores de transação (FERREIRA, 2007).

Portanto, a qualidade da amostra varia entre municípios ou regiões e demanda maior ou menor esforço do pesquisador. Como no mercado imobiliário os dados são muito heterogêneos, o processo de obtenção da amostra torna-se crítico e de fundamental importância. A amostra deve abranger todas as regiões do espaço analisado e os recursos disponíveis podem restringir o tamanho da amostra. Outro fator importante é conhecer as características específicas de regiões da cidade, a utilização de amostragem por agrupamento (“clusters”) pode aumentar a precisão das estimativas se for possível dividir a população em sub-populações que sejam semelhantes (GONZALEZ, 1993).

Devido ao problema de obter amostras significativas, principalmente quanto se trata de terrenos, alguns autores vêm buscando soluções para atender os requisitos necessários. Por exemplo, Dalaqua (2007) propôs um procedimento para a obtenção de valores de terrenos, em regiões com insuficiência de dados, utilizando combinação do método comparativo de dados de mercado com outros métodos de avaliação.

Segundo a ABNT (2004), quanto se trata do método comparativo de dados de mercado com o uso de regressão linear, a amostra assume diferentes graus, estes variam de acordo com a quantidade mínima de dados de mercado, que é obtida segundo o número de variáveis independentes (k) envolvidas na confecção do modelo de regressão linear. Sua divisão é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Requisitos para tamanho da amostra. Fonte: ABNT (2004).

	Grau		
	III	II	I
Quantidade mínima de dados de mercado	$6*(k+1)$	$4*(k+1)$	$3*(k+1)$

2.9 Lógica Fuzzy

A dificuldade, ou até mesmo a impossibilidade, de se obter todas as informações e de equacionar a realidade imprecisa do mundo, levou alguns cientistas a propor lógicas alternativas que seriam propícias à representação daquelas situações particulares. Uma dessas proposições é a lógica *Fuzzy* (AZEVEDO et al., 2000).

O termo *Fuzzy* e a formalização dos conjuntos *Fuzzy* foram introduzidos por Lotfi A. Zadeh em 1965, quando ele trabalhava com problemas de classificações de conjuntos que não possuíam fronteiras bem definidas, ou seja, a transição entre os conjuntos deveria ser suave e não abrupta. Em muitos problemas de Física e Matemática não se têm dificuldades em classificar elementos como pertencentes ou não a um determinado conjunto clássico. Dessa forma, dado um conjunto A e um elemento x do conjunto universo U , consegue-se muitas vezes dizer se $x \in A$ ou se $x \notin A$. Afirma-se sem receio, por exemplo, que o número 5 pertence ao conjunto dos números naturais e que o número -5 não pertence a este mesmo conjunto. Este é o caso sobre o qual não se tem dúvida, sendo a lógica booleana devidamente aplicada. No entanto, pode-se discordar quanto ao fato de o número 4,5 pertencer ou não ao conjunto dos números ‘aproximadamente iguais a 5’. Neste caso a resposta não é única e objetiva, pertencer ou não ao conjunto poderá depender do tipo de problema que se está analisando (ORTEGA, 2001).

Um conjunto *Fuzzy* é caracterizado por uma função de pertinência que mapeia os elementos de um espaço X para um número real no intervalo $[0;1]$, ou formalmente, $A : X \rightarrow [0;1]$.

Dessa forma, um conjunto *Fuzzy* é caracterizado por uma função de pertinência que atribui a cada elemento um grau, variando entre 0 e 1, ou seja, a função retorna um valor entre 0 e 1, se o valor do atributo x estiver entre um limiar inferior e um limiar superior.

Algumas classes de funções de pertinência são mais utilizadas, como por exemplo: linear por partes (triangular e trapezoidal), gaussiana e sigmoidal.

- Linear por partes (triangular e trapezoidal):

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} 0, & \text{se } x < a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{se } x \in [a, m] \\ \frac{b-x}{b-m}, & \text{se } x \in]m, b] \\ 0, & \text{se } x > b \end{cases} \quad (4)$$

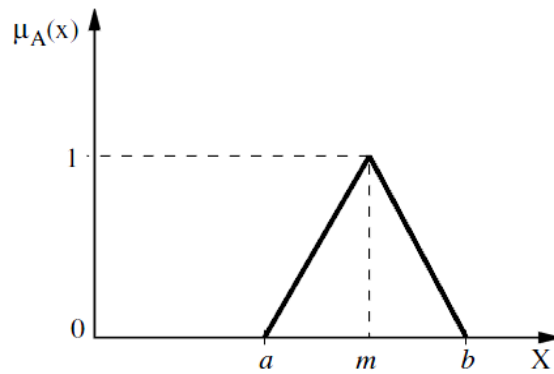


Figura 6: Função triangular. Fonte: Berveglieri (2011).

Em que:

- a e b: intervalo onde a função assume valores $\neq$ de 0;
- m: ponto onde o valor da função é máximo.

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} 0, & \text{se } x < a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{se } x \in [a, m[\\ 1, & \text{se } x \in [m, n] \\ \frac{b-x}{b-n}, & \text{se } x \in]n, b] \\ 0, & \text{se } x > b \end{cases} \quad (5)$$

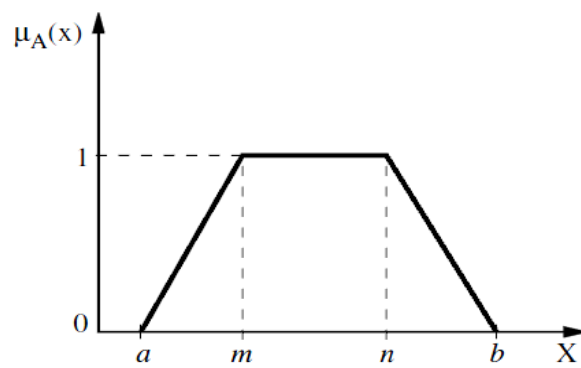


Figura 7: Função trapezoidal. Fonte: Berveglieri (2011).

Em que:

- a e b: intervalo onde a função assume valores $\neq$ de 0;
 - m e n: pontos onde o valor da função é máximo.
- Gaussiana:

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} \exp^{-k(x-m)^2}, & \text{para } k > 1 \end{cases} \quad (6)$$

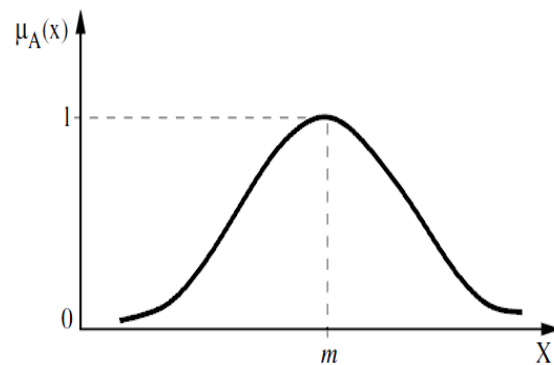


Figura 8: Função Gaussiana. Fonte: Berveglieri (2011).

Em que:

- m: ponto onde o valor da função é máximo.

- Sigmoidal:

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} 0, & \text{se } x < a \\ 2\left(\frac{x-a}{m-a}\right)^2, & \text{se } x \in [a, m] \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{m-a}\right)^2, & \text{se } x \in]m, b] \\ 0, & \text{se } x > b \end{cases} \quad (7)$$

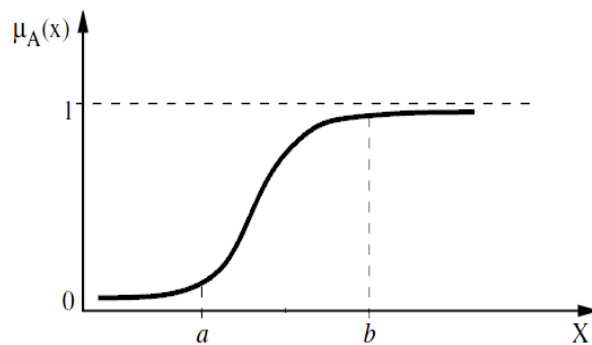


Figura 9: Função sigmoideal. Fonte: Berveglieri (2011).

Em que:

- a e b: intervalo em que a função assume valores $\neq$ de 0;

A escolha do formato da função de pertinência mais adequada nem sempre é óbvia, podendo inclusive não estar ao alcance do conhecimento para uma determinada aplicação. No entanto, existem sistemas *Fuzzy* cujos parâmetros das funções de pertinências podem ser completamente definidos por especialistas. Nesses casos, a escolha de funções triangulares e trapezoidais é mais comum, pois a idéia de se definir regiões de pertinências total, média e nula é mais intuitiva do que a especificação do valor médio e de dispersão, conceitos esses ligados as funções gaussianas (BENINI; MENEGUETTE JUNIOR, 2009).

Os conjuntos *Fuzzy* podem ser associados à variáveis lingüísticas que possibilitam descrever as informações de maneira qualitativa, ou seja, seus valores estão relacionados à palavras ou frases, não a números (BENINI; MENEGUETTE JUNIOR, 2009). A variável sempre está ligada a um conjunto que determina quais os valores ela pode

assumir. Por exemplo, para a variável temperatura da água, seus valores podem ser “fria”, “morna” e “quente”.

A inferência *Fuzzy* é fundamentada sobre a implicação e a composição de regras que, por meio de proposições condicionais do tipo “se” e “então” e com base em variáveis lingüísticas, chega-se a um resultado que permite tomar decisão.

A capacidade em descrever ou classificar detalhes de forma gradual permitindo uma aproximação muito maior da realidade faz com que a lógica *fuzzy* possua as mais diversas aplicações que vão desde soluções em desenvolvimento industrial, ciências ambientais até na área de negócios e finanças.

Como método de avaliação de imóveis, as características descritivas de um determinado imóvel servem para estimar seu valor final, através de proposições lógicas ou regras lingüísticas. Um exemplo dessas regras pode ser: se o imóvel é GRANDE e de LUXO, então seu preço é ALTO. Os termos GRANDE, LUXO e ALTO são valores possíveis para as variáveis lingüísticas tamanho, padrão e preço, por exemplo, que são atributos qualificativos dos imóveis (MURGEL FILHO, 2005).

Existe uma relação entre o número de conjuntos que as variáveis de entrada formam e a quantidade de regras necessárias para o melhor entendimento da realidade modelada pelo sistema *fuzzy*. Quanto maior o número de variáveis ou o número de conjuntos em que são divididas, maior o número de regras que devem ser estabelecidas. Por exemplo, se a variável tamanho for dividida em três conjuntos (grande, médio e pequeno) e a variável padrão em quatro conjuntos (luxo, alto, médio e baixo) o número de regras ideal será $3 \times 4 = 12$.

Obtido um conjunto *fuzzy* por intermédio do processo de inferência, realiza-se a “defuzzyficação”, correspondente a operação contrária a inicial, ou seja, transformar o estado da variável de saída para um valor numérico. Existem vários métodos de “defuzzyficação”, sendo os mais empregados: Centróide, em que é escolhido o centro geométrico do conjunto final, ou seja, é a media dos pontos de centróide ponderada pelas áreas; e Média dos Máximos, em que o valor final é resultado do valor médio dos valores centrais ativados pelas regras.

2.10 Cartografia

Quando se trabalha com dados territoriais e necessidade de visualização do espaço físico a Cartografia torna-se fundamental. Tendo como um dos objetivos desta pesquisa a geração de plantas de valores, é notável a necessidade de entender as formas de representação cartográfica para obter a melhor representação espacial das informações, utilizando esse documento cartográfico não só para uma melhor percepção do mercado imobiliário e tributação, mas em todo planejamento do município.

A Cartografia, conforme definida pela Associação Cartográfica Internacional (*International Cartographic Association - ICA*), “é um conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, que se baseiam nos resultados de observações diretas ou de análises de documentação, com intuito de elaborar e preparar cartas, projetos e outras formas de expressão, assim como a sua utilização” (OLIVEIRA, 1993).

Segundo Martinelli (1991), o mapa é um meio de comunicação visual perceptível onde podem ser representadas feições naturais e artificiais da paisagem ou outras informações, como sociais, culturais, econômicas, etc.

A primeira função do mapa é a comunicação, ou seja, transmitir uma informação através de símbolos, visando alcançar um determinado propósito e responder às necessidades dos usuários (PUGLIESI, 2002).

De forma mais ampla, são reconhecidas duas grandes categorias de atividade cartográfica, apoiadas por bases científicas independentes, cada qual executando seus próprios produtos dirigidos a usuários específicos (BOCHICCHIO, 1995), sendo essas a Cartografia de Referência e a Cartografia Temática. A primeira enfatiza a localização do fenômeno geográfico bem como a fidelidade da representação da superfície de interesse, já a segunda preocupa-se com a distribuição geográfica de um único tema, tendo um propósito especial.

Martinelli (1991) sugere que os métodos de representação cartográfica temática sejam divididos em representações qualitativas, representações quantitativas e representações ordenadas.

As representações qualitativas são empregadas para mostrar a presença, a localização e a extensão das ocorrências dos fenômenos que se diferenciam por sua natureza e tipo, podendo ser classificadas por critérios estabelecidos pelas ciências que estudam tais fenômenos (MARTINELLI, 2003). Os fenômenos se manifestam de três

formas: pontos, linhas e áreas. Na forma pontual, geralmente, são usadas a variação de forma e orientação; na forma linear usa-se a variação de forma; e na forma zonal ou de área aplica-se cores ou texturas.

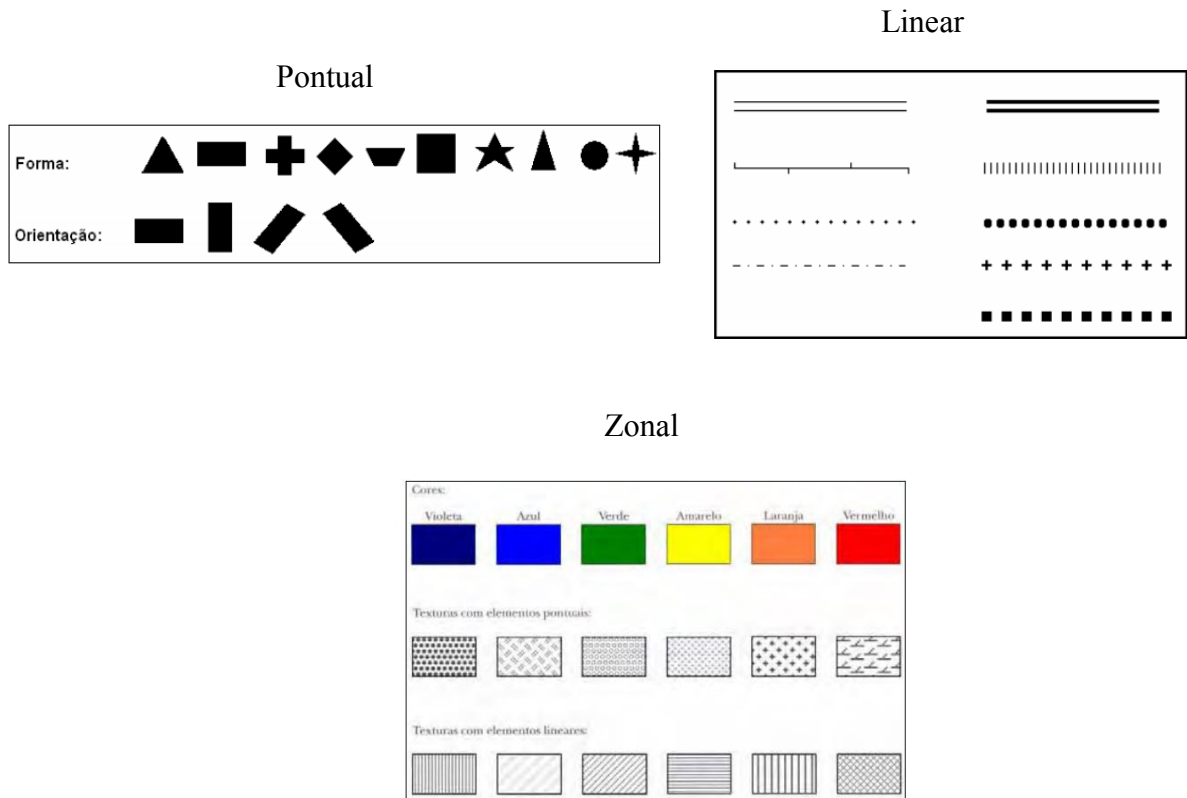


Figura 10: Representações qualitativas. Fonte: Martinelli (2003).

As representações quantitativas são utilizadas para evidenciar relação de proporcionalidade entre objetos e a única variação visual que transcreve corretamente esta noção é a de tamanho. Neste caso, os fenômenos também se manifestam nas três formas citadas.

Na manifestação pontual, de acordo com Martinelli (2003), é modulado o tamanho do local da ocorrência. Na forma linear varia-se a espessura da linha proporcionalmente à intensidade do fenômeno. E na manifestação zonal é preciso optar ou por uma variação do número de pontos iguais, distribuídos regularmente ou não pela área de ocorrência, ou por uma variação do tamanho de pontos regularmente distribuídos pela unidade. Para isso, existem vários métodos de representação: método de figuras geométricas proporcionais, método dos pontos de contagem, método coroplético e método isarítmico.

Um exemplo de representação quantitativa é o Modelo Numérico de Terreno que busca representar uma grandeza que varia continuamente no espaço.

Por fim, as representações ordenadas são indicadas quando as categorias dos fenômenos se inscrevem em uma sequência única e universalmente admitida, ou seja, a relação é da ordem em que se definem hierarquias.

As ordenadas se manifestam nas três formas básicas, como mostra a Figura 11. Na forma pontual é fixado o tamanho e a forma do elemento, variando seu valor visual. Na forma linear fixa-se a espessura do traço e varia-se seu valor visual. E, na implantação de área considera-se uma variação visual de valor na extensão da ocorrência.

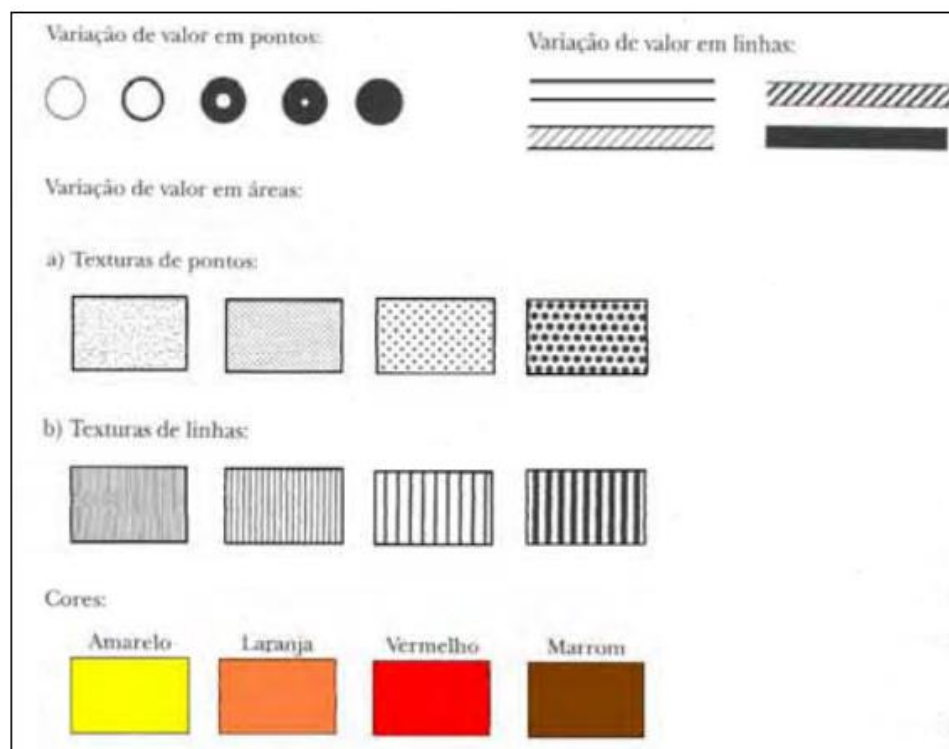


Figura 11: Representações ordenadas. Fonte: Martinelli (2003).

3. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

3.1 Considerações Iniciais

A proposta metodológica deste trabalho trata-se da utilização de um método baseado em lógica *fuzzy* para a avaliação de imóveis em massa e, consequentemente, para a geração da PVG visando contribuir para a melhoria dos métodos de avaliação mais utilizados atualmente bem como da representação das Plantas de Valores Genéricos. As etapas envolvidas estão representadas no diagrama abaixo (Figura 12) e descritas em seguida.

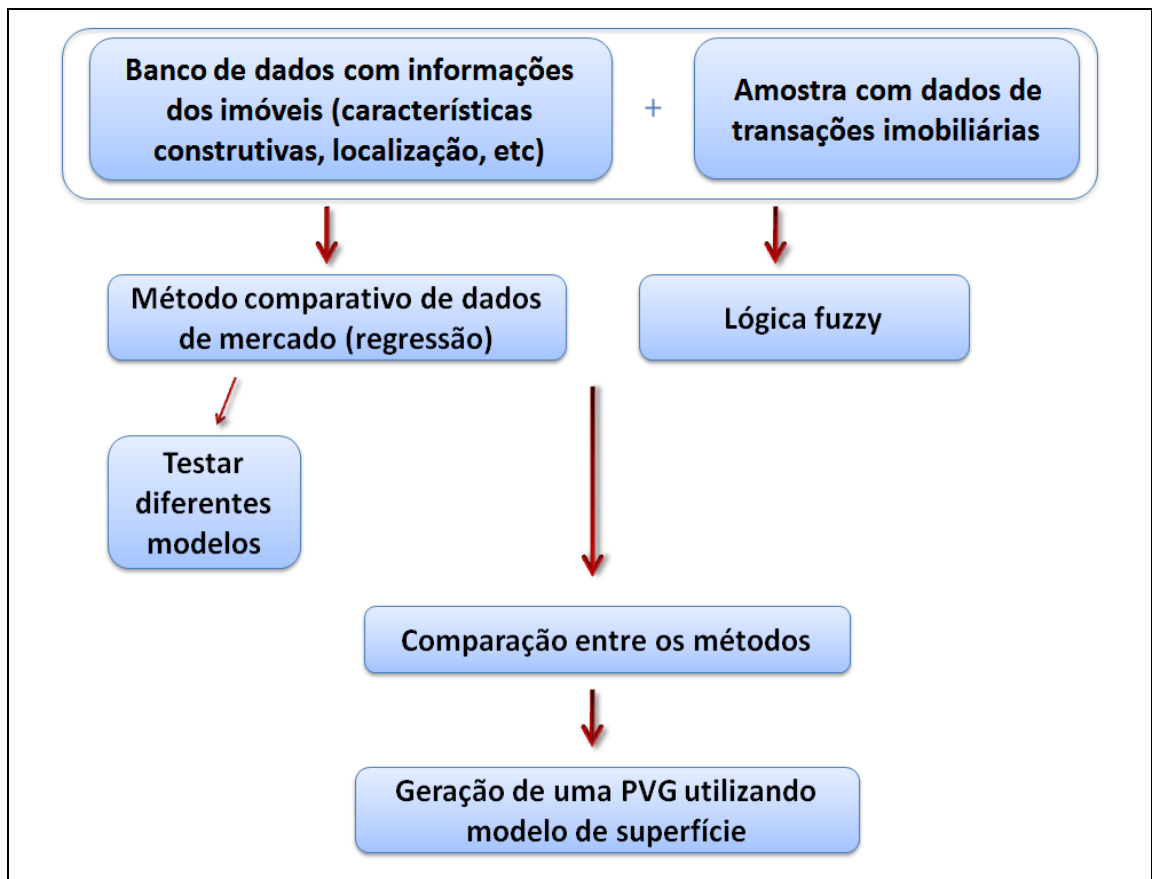


Figura 12: Etapas envolvidas no desenvolvimento do trabalho.

A primeira etapa deste trabalho consistiu em selecionar a área de estudo e uma amostra de dados desta região. Com o objetivo de dar continuidade a trabalhos anteriores, a área de estudo escolhida foi o município de Álvares Machado - SP.

A ideia inicial para aquisição de uma amostra de dados foi realizar pesquisas junto às imobiliárias, corretores de imóveis, cartórios de registro de imóveis e entrevistas com compradores e vendedores. Porém, como se trata de um município pequeno e a comercialização de imóveis quase não ocorre, conseguiu-se coletar uma amostra com apenas 13 imóveis, vendidos do ano de 2010 até 2012. Sendo assim, como este é um trabalho investigativo e a não atualidade dos dados não prejudica os resultados finais, optou-se por utilizar os dados coletados por Dalaqua (2007) (ANEXO A) o qual possibilita uma amostra bem maior de dados.

A partir da amostra selecionada, estimou-se alguns modelos de regressão linear para a inferência do valor. O intuito foi comparar os modelos estimados e, portanto, avaliou-se quantitativamente se ocorreu algum ganho de qualidade na determinação do valor do imóvel ao serem acrescentadas mais variáveis explicativas no modelo de regressão.

Determinado o melhor modelo de regressão, utilizou-se as mesmas variáveis para a estimativa de um modelo baseado em lógica *fuzzy*. De acordo com o esquema mostrado na Figura 13 esta etapa seguiu os seguintes passos:

- 1) “*Fuzzyficação*” das entradas determinando o grau de pertinência de cada variável em relação a cada conjunto *fuzzy* através das funções de pertinência;
- 2) Aplicação dos operadores *fuzzy* AND ou OR através da determinação das regras gerais;
- 3) Escolha do método para a agregação de todas as saídas;
- 4) Escolha do método de “*defuzzyficação*” para obter um valor numérico que represente a saída do sistema.

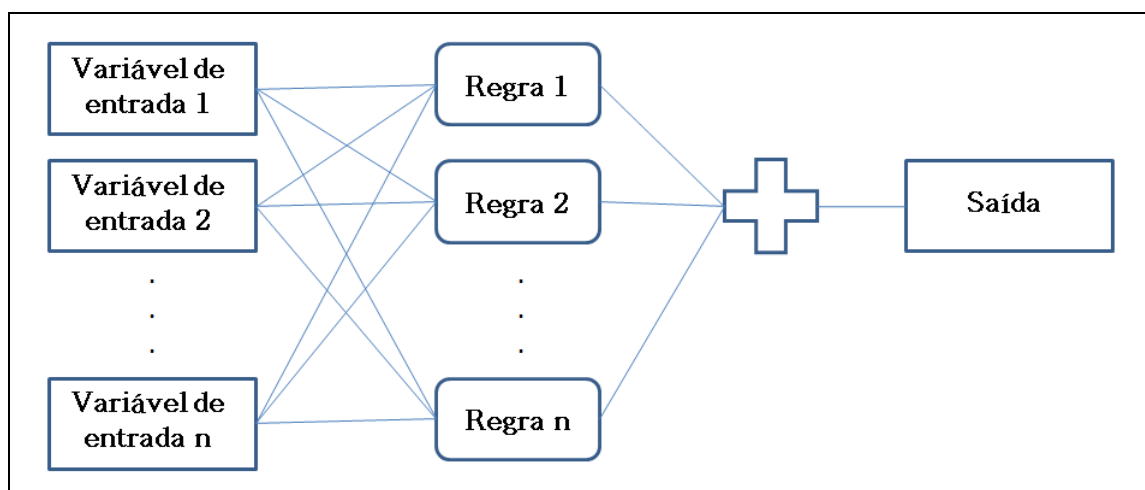


Figura 13: Esquema para a modelagem do sistema *fuzzy*.

Determinados e avaliados os resultados utilizando a modelagem por lógica *fuzzy* foi feita uma comparação entre os modelos tendo como principal objetivo destacar as vantagens ou desvantagens que a utilização da lógica *fuzzy* apresentou para a aplicação proposta.

Tendo em vista que o enfoque principal deste trabalho é a obtenção dos valores de terreno para servir de subsídios a geração de uma PVG, o próximo passo foi apresentar um método para a representação cartográfica da PVG a partir de um modelo de superfície que representa as classes de valores.

3.2 Área teste

O município de Álvares Machado encontra-se no oeste do estado de São Paulo tendo como coordenadas geográficas de seu ponto central 22° 04'44" S e 51° 28'19" W e uma altitude média de 475 metros (Figura 14).

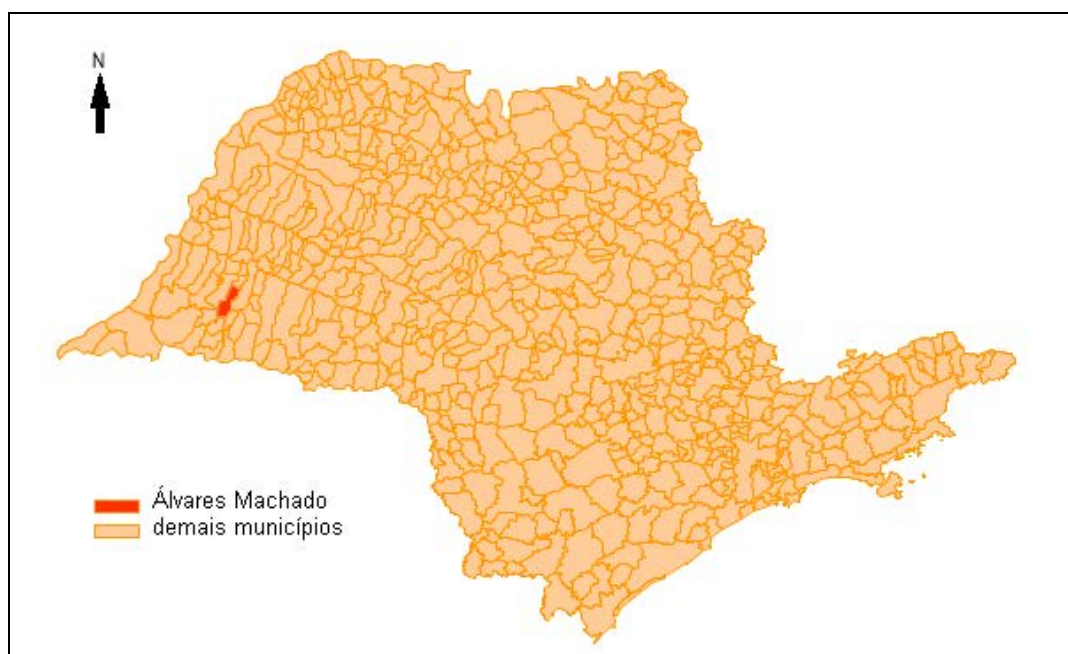


Figura 14: Localização de Álvares Machado no estado de São Paulo.

Segundo o IBGE, o município de Álvares Machado possuía em 2010 uma população de 23.513 habitantes, uma área de aproximadamente 347 km² e um total de 7.431 domicílios. Os municípios limítrofes com Álvares Machado são: ao norte, o município de Alfredo Marcondes; ao sul, os de Pirapozinho e Tarabai; a leste, Presidente Prudente; e a oeste Presidente Bernardes.

Dentro dos limites do município de Álvares Machado, observando a disponibilidade de dados necessários para o desenvolvimento do trabalho, foi definida uma área de estudo que pode ser vista na Figura 15.



Figura 15: Área de estudo em Álvares Machado.

3.3 Fonte de dados

Os dados utilizados neste trabalho foram disponibilizados por Dalaqua (2007) e referem-se aos valores (em reais) das transações imobiliárias de terrenos ocorridas no ano de 2006, na cidade de Álvares Machado - SP. Essas informações foram coletadas a partir

de consultas às imobiliárias e entrevistas realizadas com os compradores e vendedores dos imóveis.

A metodologia não foi aplicada com base nos valores reais de compra e venda dos imóveis, mas em relação ao Valor do Metro Linear da Testada Corrigida (VMLTC). Na Figura 16 apresenta-se parte dos dados disponibilizados e os valores do VMLTC.

T_AREA	T_DIST	X_COORD	Y_COORD	FRENTE_VIA	DIST_VIA	T_PADRAO	T_TOPO	ZONA_COMER	VMLTC
1200.00	800	450766	7557832	8	500	3.0	0.9	0	1677.2
1245.00	700	450796	7557884	8	500	3.0	0.9	0	1829.4
444.00	700	450597	7558356	8	500	2.0	0.9	0	1712.3
444.00	700	450652	7558273	8	500	2.5	1.0	0	1712.3
169.23	400	450881	7558346	7	400	3.0	1.0	0	2219.7
367.71	800	450519	7558502	8	500	1.5	0.9	0	677.20
360.00	800	450531	7558479	8	500	2.0	0.9	0	836.50
300.00	600	450808	7558019	8	500	2.5	1.0	0	2009.1
345.00	700	451021	7557775	8	500	3.0	1.0	0	1984.1
336.00	600	451141	7557842	8	500	3.0	1.0	0	2362.2
348.00	400	450915	7558706	3	100	3.0	1.0	0	1934.9
360.00	400	450922	7558698	3	100	3.0	0.9	0	1901.1
210.00	300	451483	7558137	6	300	3.0	0.9	0	2399.1
253.00	400	450975	7558755	2	50	3.0	0.9	1	3479.7
361.34	100	451443	7558324	3	100	2.5	0.9	1	3036.7
400.00	100	451748	7558643	1	0	2.0	0.8	1	3066.9
239.40	250	451427	7558193	5	200	3.0	0.9	0	1871.6
444.00	700	450586	7558335	8	500	2.0	0.9	0	1369.8
603.60	600	450673	7558431	8	500	3.0	0.9	0	1880.1
444.71	200	451268	7558692	2	50	3.0	0.9	0	1631.2
225.50	700	452180	7559072	6	300	2.5	0.9	0	1506.0
300.00	1000	452800	7558431	3	100	2.0	0.9	0	1000.0
126.50	400	451951	7558145	7	400	2.0	0.7	0	1325.7
200.00	700	452147	7559121	6	300	2.5	0.9	0	1677.8
300.00	1200	452961	7558243	3	100	2.0	0.9	0	791.67

Figura 16: Parte dos dados disponibilizados.

A amostra selecionada na área de interesse é composta por um total de 77 elementos, dos quais 6 desses, espacialmente bem distribuídos na região, foram selecionados como pontos de verificação com o objetivo de realizar uma análise de qualidade dos resultados obtidos. A Figura 17 apresenta a distribuição dos 6 pontos de verificação, em vermelho, e dos 71 pontos que compõem a amostra, em azul.



Figura 17: Distribuição dos pontos da amostra de campo em azul e pontos de verificação em vermelho.

3.4 Estimativa do modelo de regressão

Como explicado anteriormente no item 3.6, quando se empregam técnicas de análise de regressão para realizar uma predição, com base em uma amostra de dados, deve-se levar em conta as variáveis que caracterizam cada um dos objetos envolvidos na amostra. Assim, uma das dificuldades nesse tipo de análise é a escolha do conjunto de variáveis independentes que devem ser inseridas no modelo em questão e que vão descrever adequadamente a variável dependente.

Dessa forma, tendo, fornecidas por Dalaqua (2007), nove variáveis independentes para explicar a variável dependente VMLTC foram realizados, utilizando o software Minitab 14, vários testes estimando distintos modelos de regressão, avaliando-os e

comparando-os a fim de encontrar aquele que melhor representa a variável resposta em questão.

As variáveis independentes disponíveis foram:

- Área do terreno (T_AREA): quantifica a área do terreno em metros quadrado (m^2);
- Distância (T_DIST): representa a distância euclidiana, em metros, do terreno ao centro da cidade;
- Tipo de via (FRENTE_VIA): refere-se ao tipo de via encontrada na frente do terreno;
- Distância da via (DIST_VIA): quantifica a distância euclidiana, em metros, do terreno até a via principal de tráfego;
- Topografia (T_TOPO): indica o tipo de relevo do terreno (plano, aclive, declive, declive acentuado, irregular);
- Padrão construtivo (T_PADRAO): identifica a localização do imóvel quanto ao padrão construtivo da região em que está inserido (baixo, médio-baixo, médio, médio-alto, alto);
- Zona comercial (ZONA_COMER): identifica se o imóvel está localizado ou não em zona comercial;
- Posição (X, Y): indica a posição em coordenadas UTM (E, N) do imóvel.

No primeiro teste foram utilizadas as nove variáveis para estimar o modelo de regressão apresentado na equação 6. A Tabela 2 mostra as estatísticas do modelo e a Tabela 3 a Análise de Variância.

$$\begin{aligned} \text{VMLTC} = & 1078 - (0,000151 * T_AREA) - (0,00150 * T_DIST) - (0,000276 * X) - \\ & (0,000125 * Y) - (0,180 * \text{FRENTE_VIA}) + (0,00199 * \text{DIST_VIA}) + (1,70 * \\ & T_PADRAO) + (3,43 * T_TOPO) + (2,81 * \text{ZONA_COMER}) \end{aligned} \quad (8)$$

Tabela 2: Estatísticas do modelo de regressão 1.

R-quadrado	R-quadrado ajustado	Erro padrão
88,4%	86,7%	0,706733

Tabela 3: Análise de Variância (ANOVA) do modelo de regressão 1.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos quadrados	F_{calculado}
Regressão	SQP = 233,094	m = 9	SQP/m=MQP = 25,89	MQP/MQR = 51,85
Resíduos	SQR = 30,468	n-m-1 = 71-9-1=61	SQR/(n-m-1)= MQR = 0,499	
Total	SQT = 263,562	n-1 = 71-1=70	SQT/(n-1)=MQT = 3,76	

A Análise da variância foi baseada no teste Fisher-Snedecor (F) sob as seguintes hipóteses:

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_i = 0$$

$$H_1: \beta_i \neq 0 \text{ para qualquer } i$$

ou seja,

Ho: ajuste não significativo do modelo de regressão;

H1: ajuste significativo do modelo de regressão.

Além da ANOVA, foram verificados os pressupostos estatísticos (normalidade dos resíduos, homocedasticidade, não correlação dos resíduos, presença de *outliers* e multicolinearidade entre as variáveis independentes) para saber se o modelo obtido é realmente adequado para explicar a variável VMLTC.

A normalidade dos resíduos foi avaliada usando o teste de Anderson-Darling. Os resultados são apresentados na Figura 18 onde AD = 0,256 e verificou-se que os resíduos apresentam distribuição normal, ou seja, os pontos ficaram muito próximos da reta.

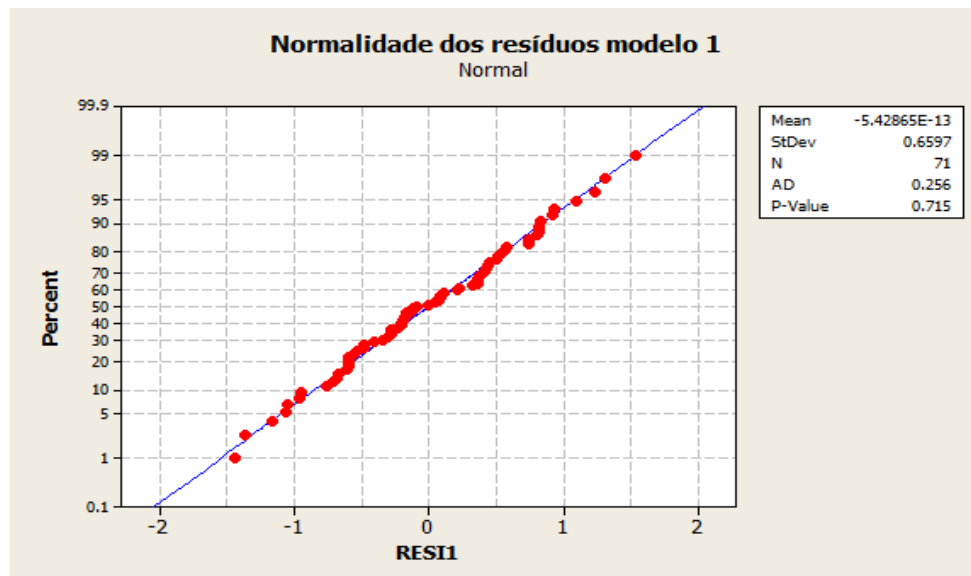


Figura 18: Teste de normalidade dos resíduos por Anderson-Darling.

Para o teste de Homocedasticidade e de correlação dos resíduos foi feito um gráfico entre os resíduos e os valores ajustados. Os resultados obtidos para esses dois testes são apresentados pelo gráfico da Figura 19 no qual se percebe a distribuição aleatória dos resíduos, com variação constante.

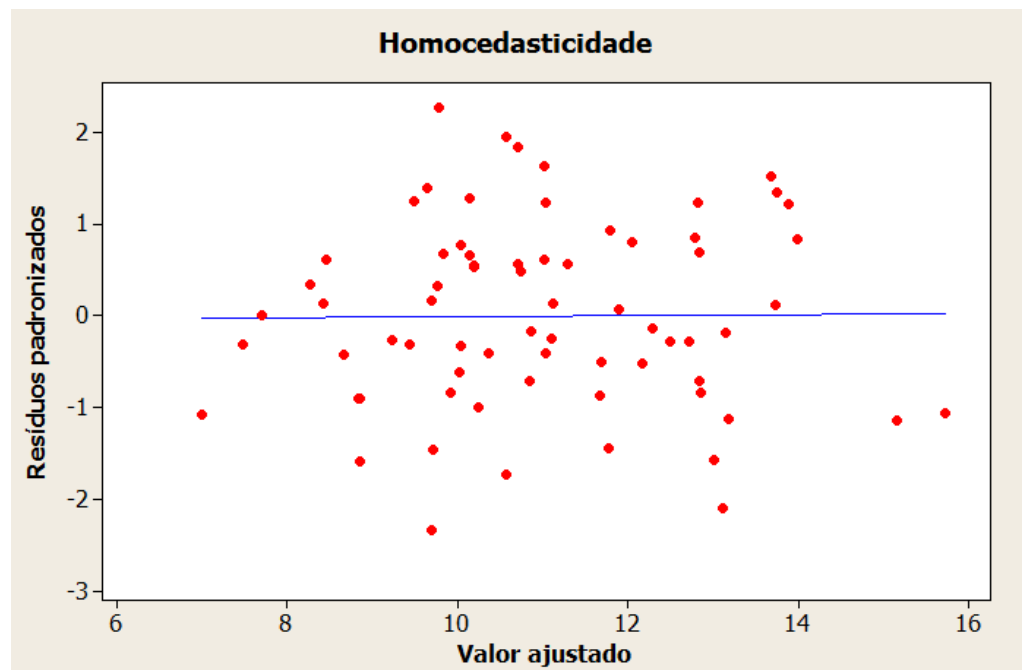


Figura 19: Teste de homocedasticidade.

O mesmo gráfico mostra o teste que analisa se existe presença de *outliers*. Ainda pela Figura 19 pode-se perceber que o modelo passou no teste, pois as observações ficaram dentro do intervalo de 2 desvios.

Por último, fez-se o teste da multicolinearidade. A Tabela 4 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis envolvidas no modelo 1, onde observa-se uma correlação maior que 0,8 entre as variáveis FRENTE_VIA e DIST_VIA e, portanto o modelo de regressão não é o melhor modelo explicativo para o estudo das variáveis envolvidas e por isso outros modelos devem ser utilizados.

Tabela 4: Correlação entre as variáveis independentes.

	T_AREA	T_DIST	X_COORD	Y_COORD	FRENTE_VIA	DIST_VIA	T_PADRAO	T_TOPO
T_DIST	-0,101							
X_COORD	-0,238	0,027						
Y_COORD	-0,26	0,63	-0,169					
FRENTE_VIA	0,115	0,118	-0,435	-0,082				
DIST_VIA	0,15	0,085	-0,44	-0,148	0,987			
T_PADRAO	0,109	-0,594	-0,062	-0,568	-0,012	0,045		
T_TOPO	-0,026	0,039	-0,283	-0,019	0,087	0,11	0,359	
ZONA_COMER	0,188	-0,392	0,002	-0,094	-0,277	-0,254	0,016	-0,133

Devido à existência da alta correlação já mencionada, optou-se por estimar um segundo modelo excluindo a variável FRENTE_VIA, seguindo o conceito de que a distância da via principal tem uma influencia maior do que o imóvel ser simplesmente voltado para ela, o único caso em que isso se torna incorreto é quando o imóvel encontra-se na via principal. O modelo obtido explica a variável VMLTC em 86,9%. Foram aplicados os mesmos testes aplicados no primeiro modelo a fim de validar a estimativa e verificou-se que satisfaz todas as hipóteses testadas, inclusive o teste F da ANOVA.

A fim de comparar diversos modelos e analisar o comportamento de cada um deles à medida que se adota diferentes variáveis bem como diferentes formas de obtê-las foram gerados mais alguns modelos.

Na estimativa do terceiro modelo optou-se pela escolha de quatro variáveis (T_DIST, ZONA_COMER, X, Y) considerando que fossem as mais importantes diante do objetivo de inferir valores de VMLTC para a geração de PVG. Neste modelo, a variável dependente foi explicada em 66,2% e o mesmo atendeu todos os pressupostos exigidos para aplicação do teste.

Como já citado anteriormente, em análise de regressão pode-se dizer que um dos problemas mais frequentes é a seleção do conjunto de variáveis independentes a serem incluídas no modelo (NETER et al., 1978). Pois, algumas variáveis podem contribuir pouco ou nada para a precisão da predição. Assim, a escolha apropriada de algumas delas fornece a melhor predição, porém quais e quantas devem ser selecionadas é difícil predizer (SNEDECOR, 1956).

Para solucionar esse problema e obter o melhor conjunto de variáveis existem vários métodos sendo que uns são baseados na compilação de todas as regressões possíveis e outros em métodos que escolhem as variáveis baseados em critérios definidos pelo pesquisador (*Backward, Forward e Stepwise*) (DRAPER, SMITH, 1998).

Desta forma, para a escolha do quarto modelo foi aplicado o método *Stepwise* e as variáveis selecionadas foram T_DIST, T_TOPO, T_PADRAO, ZONA_COMER, X. O modelo estimado com essas variáveis foi capaz de explicar 87% do VMLTC e passou em todos os testes estatísticos aplicados.

Quando se trabalha com avaliação de imóveis a localização é uma das variáveis mais importantes na estimativa do valor. Neste estudo, as variáveis que representam localização são as variáveis x e y e quando foi aplicado o método de seleção de variáveis *Stepwise* a variável y foi descartada dando o entendimento que só variação na variável x influencia na estimativa do VMLTC.

No entanto, com o intuito de analisar o comportamento do modelo quando utilizadas tanto a variável x quanto a variável y na estimativa do VMLTC aplicou-se novamente o método *Stepwise*, mas, desta vez, com a condição de que as variáveis x e y deveriam obrigatoriamente fazer parte do modelo. E assim, as variáveis selecionadas foram ZONA_COMER, T_PADRAO, DIST_VIA, T_TOPO, FRENTE_VIA, o modelo estimado explicou 83,6% da variável resposta, mas não passou no teste de multicolinearidade pelo fato de assim como o primeiro modelo ter as variáveis DIST_VIA e FRENTE_VIA que são altamente correlacionadas.

O sexto modelo foi extraído de Dalaqua, Amorim e Flores (2010), o qual utilizou as seis variáveis, T_DIST, T_TOPO, T_PADRAO, ZONA_COMER, X, Y, explicando em 87,2% VMLTC e aceito em todos os testes aplicados.

Diante dos modelos apresentados e com base nas recomendações da ABNT sobre os testes observou-se que todos os modelos foram aprovados exceto o primeiro e o quinto, reprovados no teste de multicolinearidade.

Para realizar uma comparação quantitativa entre os modelos foi utilizada a raiz do Erro Médio Quadrático (EMQ) dos resíduos em duas situações:

- Situação 1: usando os 71 pontos da amostra;
- Situação 2: usando 6 pontos de verificação.

$$REMQ = \sqrt{\frac{1}{n-k-1} \sum_{i=1}^n (VMLTC_{conhecido} - VMLTC_{estimado})^2} \quad (9)$$

Os resultados obtidos para os seis modelos estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Raiz do EMQ dos resíduos para os seis modelos nas duas situações e R-quadrado.

Modelo	Raiz do EMQ (71 ptos)	Raiz EMQ (6 ptos)	R –quadrado
1	R\$ 264,99	R\$ 2078,33	86,7%
2	R\$ 268,59	R\$ 1313,36	86,9%
3	R\$ 392,00	R\$ 137,22	66,2%
4	R\$ 267,87	R\$ 101,11	87%
5	R\$ 1642,90	R\$ 79,48	83,6%
6	R\$ 266,80	R\$ 288,29	87,2%

Na Tabela 5 observa-se que o modelo 1, já rejeitado no teste de multicolineariade, mesmo apresentando um R-quadrado significativo, quando calculada a raiz do EMQ para os pontos de verificação o valor obtido (R\$ 2078,33), é muito grande se afastando da realidade o que confirma a suposição de que este modelo não é adequado.

Da mesma forma, o modelo 2 também apresenta raiz do EMQ alta para os pontos de verificação (R\$1313,36) e portanto também foi julgado inadequado para a aplicação.

Já o modelo 3 que apresentou bons resultados para a raiz do EMQ nas duas situações teve o menor valor de R-quadrado.

O modelo 4, apesar dos bons resultados tanto para raiz de EMQ quanto para o valor de R-quadrado foi julgado não adequado por não considerar a variável y .

O modelo 5 embora tenha acrescentado a variável y no modelo não apresentou bons resultados de raiz do EMQ para os 71 pontos da amostra. E, por último, o sexto modelo apresentou os melhores resultados quando comparado aos outros e satisfaz todos os testes sendo considerado então o modelo mais adequado para a estimativa por regressão linear múltipla do VMLTC neste caso.

3.5 Estimativa do modelo *fuzzy*

Para a estimativa do modelo *fuzzy* foram utilizadas as mesmas variáveis do modelo de regressão selecionado, T_DIST, T_TOPO, T_PADRAO, ZONA_COMER, X, Y, bem como a ferramenta *Fuzzy Logical Toolbox* o software Matlab 5.3.

Para que pudessem ser submetidos às operações de conjuntos *fuzzy*, os dados discretos foram transformados em variáveis linguísticas, ou seja, para cada variável foram atribuídos termos linguísticos representando os valores numéricos da mesma. A relação entre os termos e os valores é estabelecida por um conjunto fuzzy, no qual funções de pertinência modelam essa relação. Dentre as funções disponíveis, escolheu-se a trapezoidal para a modelagem de todas as variáveis, uma vez que a mesma possibilita dentro de um conjunto de termos e valores, estabelecer patamares constantes, no centro, em associação com variações lineares, nas extremidades; isso permite uma maior flexibilidade quando se está realizando a modelagem de variáveis, já que permite variações grandes dos valores numéricos mantendo os termos linguísticos constantes, ao mesmo tempo que permite fixar o valor numérico e atribuir dois valores linguísticos com diferentes valores de pertinência, de modo que a opção linguística que deverá ser utilizada será determinada através da regra escolhida para se avaliar a variável.

A primeira variável trata-se daquela que mede a distância do terreno ao centro da cidade (T_DIST) e as funções de pertinência utilizadas para representá-la são apresentadas na Figura 20. Observa-se que foi estabelecido um intervalo de 0 a 1600 metros como o intervalo de possíveis valores, sendo classificados da seguinte maneira:

- perto – menos que 500 metros;
- médio – de 400 a 1000 metros;
- longe – mais de 900 metros;

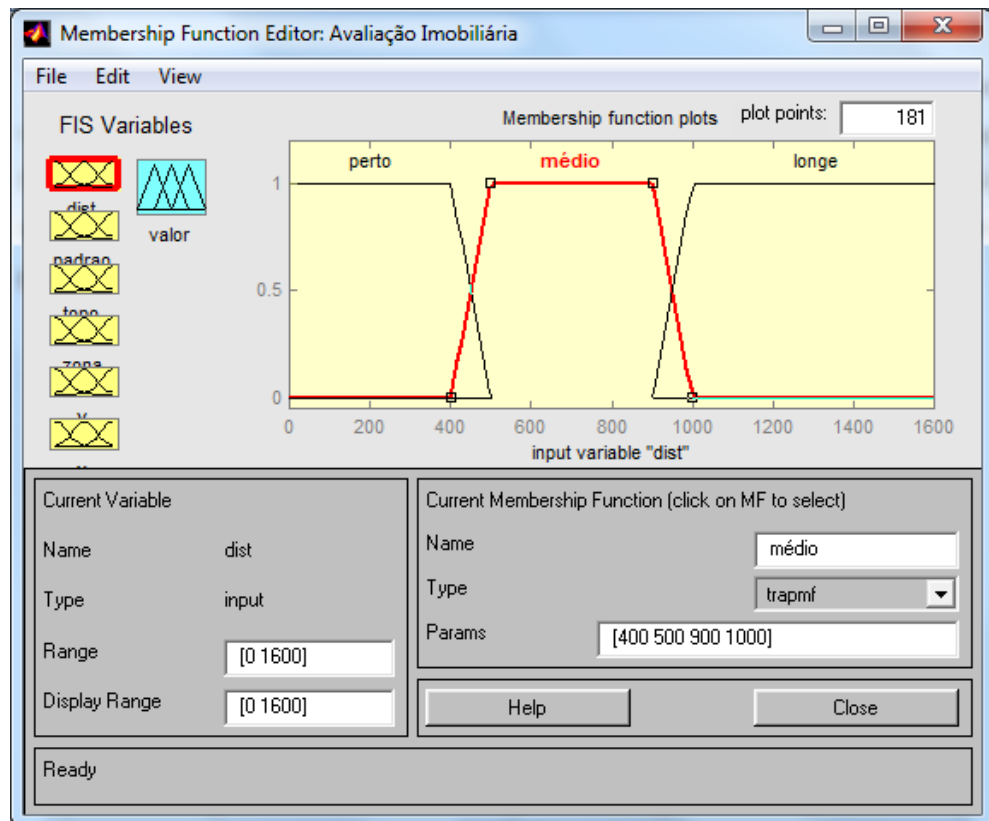
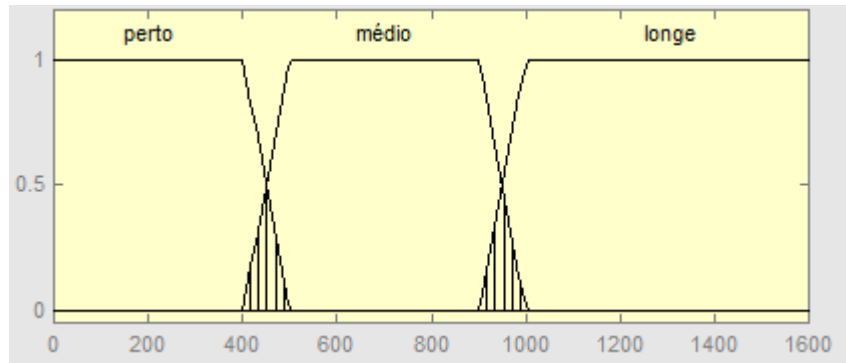
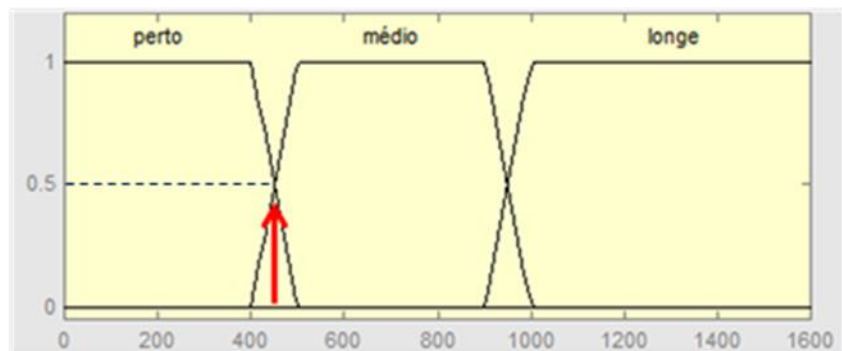


Figura 20: Funções de pertinência para T_DIST.

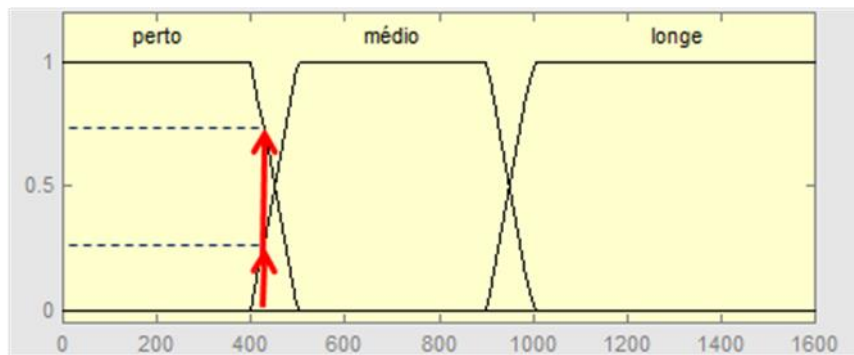
Observando os intervalos definidos anteriormente para a variável T_DIST e a Figura 21, é possível perceber a principal característica da lógica *fuzzy*, o princípio da nebulosidade. Na Figura 21 (a) destacam-se as distâncias entre 400 e 500 metros que podem ser entendidas tanto como perto quanto como médio, com distintos graus de pertinência e as distâncias entre 900 e 1000 metros podem ser entendidas tanto como médio quanto como longe. Na Figura 21 (b) a seta indica que para as duas funções tem-se a mesma pertinência, 0,5. Na Figura 21 (c) percebe-se que para um mesmo valor da variável T_DIST atribui-se a pertinência 0,75 para perto e 0,25 para médio. E, na Figura 21 (d) observa-se as pertinências 1 para perto e 0 para médio.



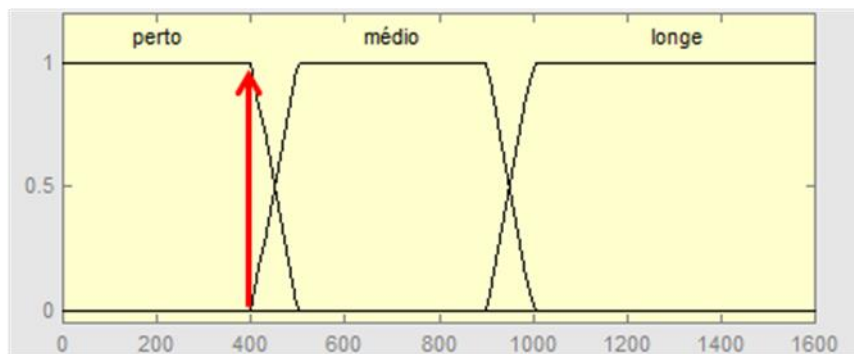
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 21: Princípio da nebulosidade.

Em seguida, foram definidas as variáveis linguísticas e as funções pertinência para a variável T_PADRAO (Figura 22). Com base na amostra disponível definiu-se a seguinte classificação.

- baixo – menor que 1,25
- médio-baixo – de 1 até 1,75
- médio – de 1,5 até 2,25
- médio-alto – de 2 até 2,75
- alto – maior que 2,5

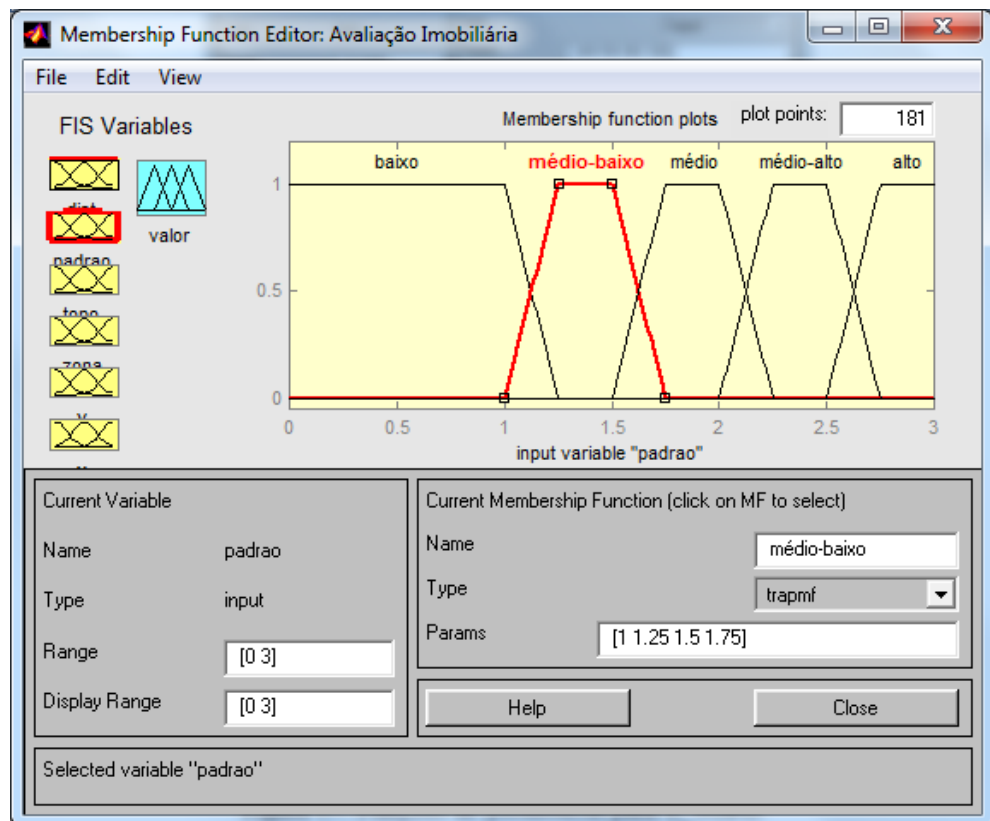


Figura 22: Funções de pertinência para T_PADRAO.

Para a variável T_TOPO utilizou-se um intervalo de 0,5 a 1 classificado como (Figura 23):

- irregular – menor que 0,75
- declive – de 0,7 até 0,85
- aclave – de 0,8 até 0,95
- plano – maior que 0,9

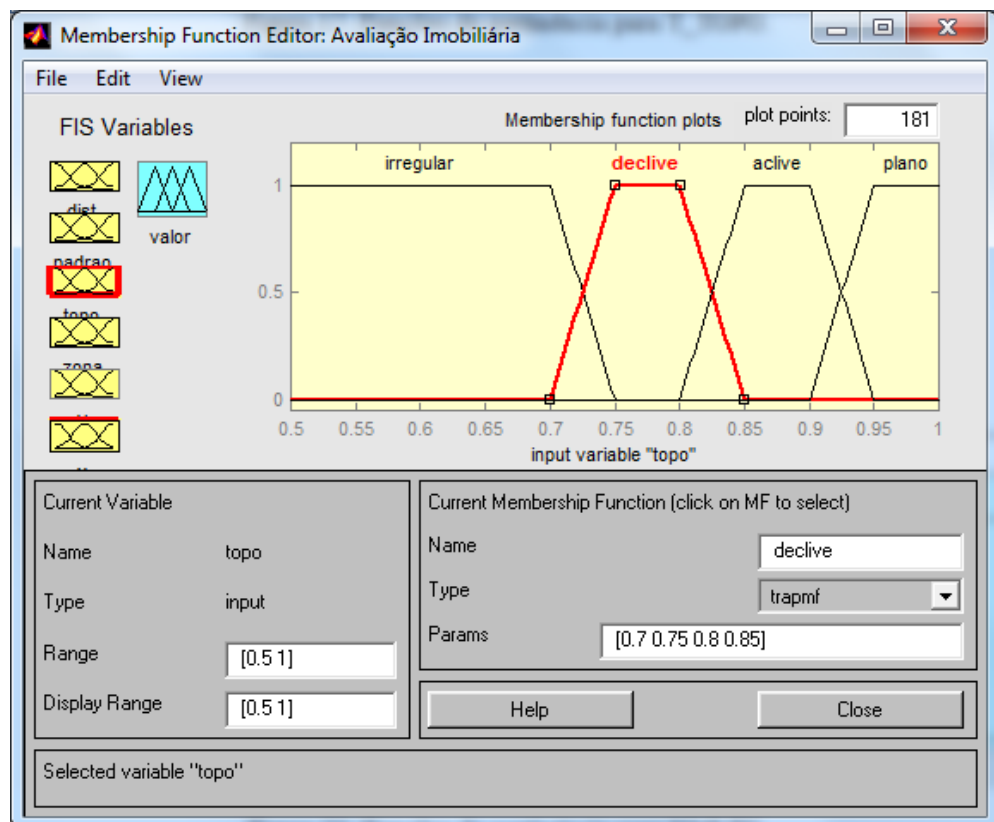


Figura 23: Funções de pertinência para T_TOPO.

A variável ZONA_COMER, que determina se o terreno está ou não localizado em zona comercial, foi classificada em 2 conjuntos (Figura 24):

- não – menor que 0,5
- sim – maior que 0,25

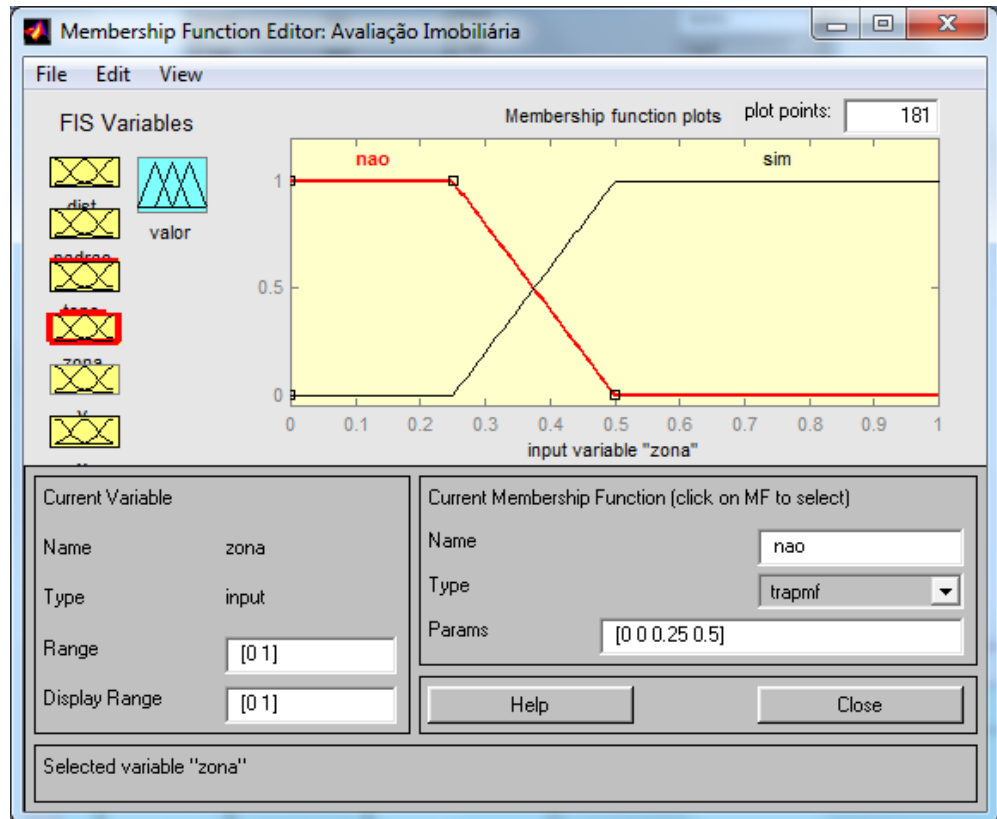


Figura 24: Funções de pertinência para ZONA_COMER.

Analisando a amostra disponível percebeu-se que os menores valores estão nas periferias e os maiores valores estão no centro, como mostra a Figura 25, onde os tons de vermelhos são os valores mais altos e os tons de azul os valores mais baixos.

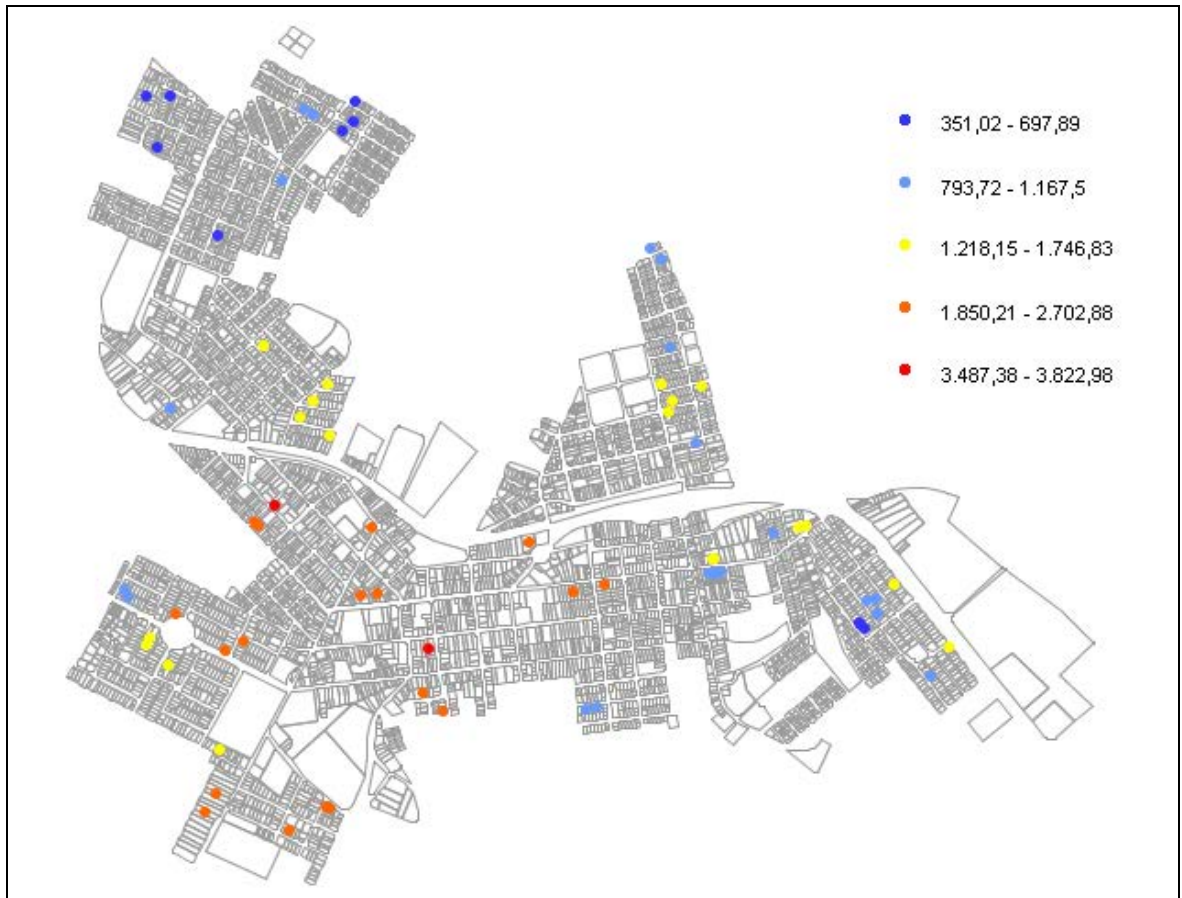


Figura 25: Classificação dos valores da amostra. Valores menores (tons de azul) nas periferias e valores maiores (tons de vermelho) no centro.

Portanto, as variáveis X e Y foram classificadas em periferias e centro da seguinte maneira (Figuras 26 e 27):

- X_COORD:
 - periferia-esquerda – menor que 451000
 - centro – de 450700 até 452100
 - periferia-direita – maior 452000
- Y_COORD:
 - periferia- inferior – menor que 7558000
 - centro – de 7557500 até 7559000
 - periferia-superior – maior que 75585000

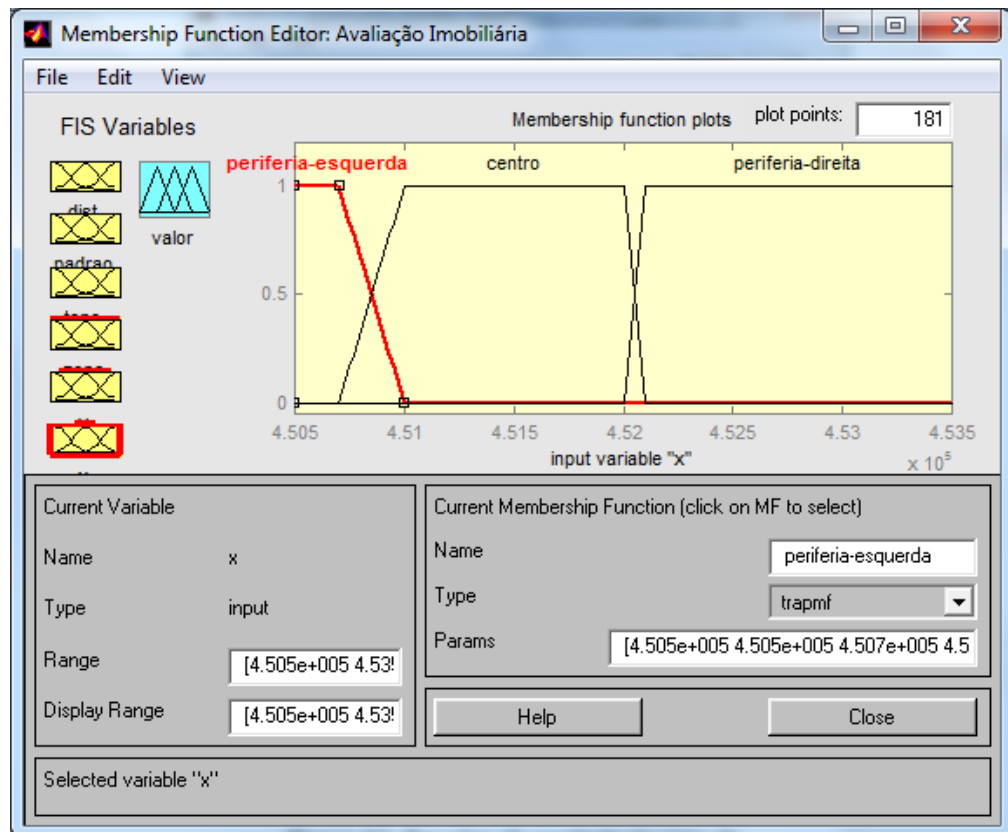


Figura 26: Funções de pertinência para X.

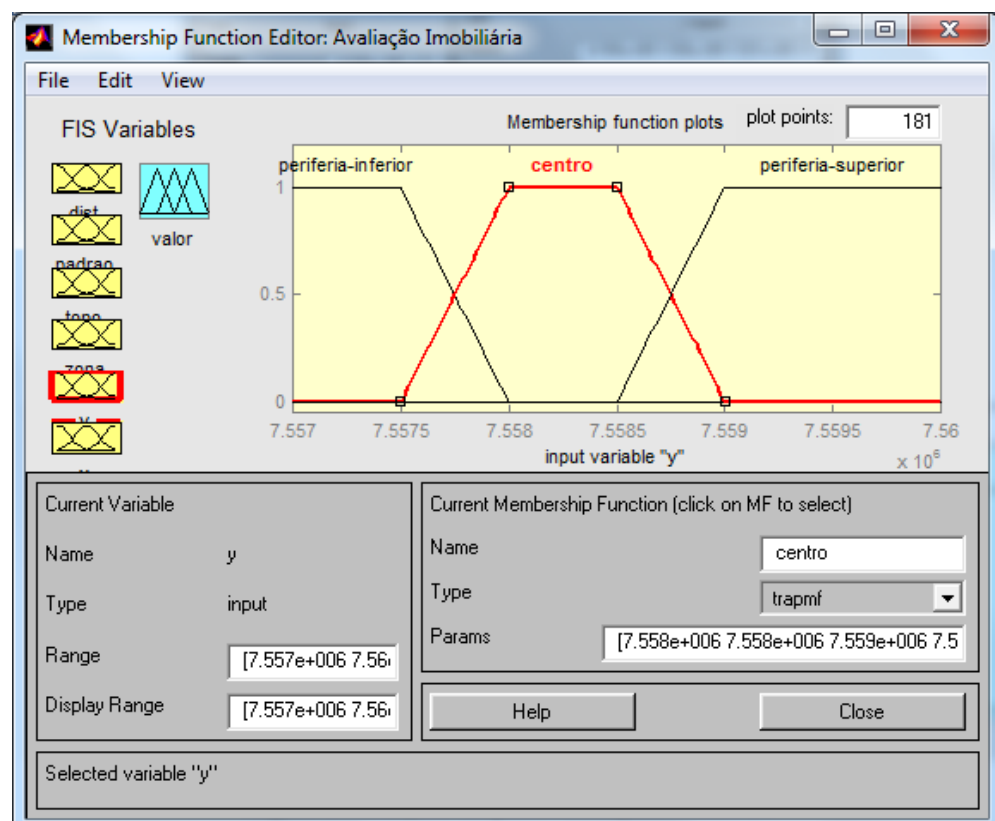


Figura 27: Funções de pertinência para Y.

Por último, foi definida a classificação da variável de saída, o VMLTC, como mostra a Figura 28 onde verifica-se os seguintes intervalos para as variáveis:

- baixo – menor que R\$300
- médio-baixo – de R\$200 a R\$886
- médio – de R\$800 a R\$1700
- médio-alto – de R\$1470 a R\$2700
- alto – maior que R\$2400

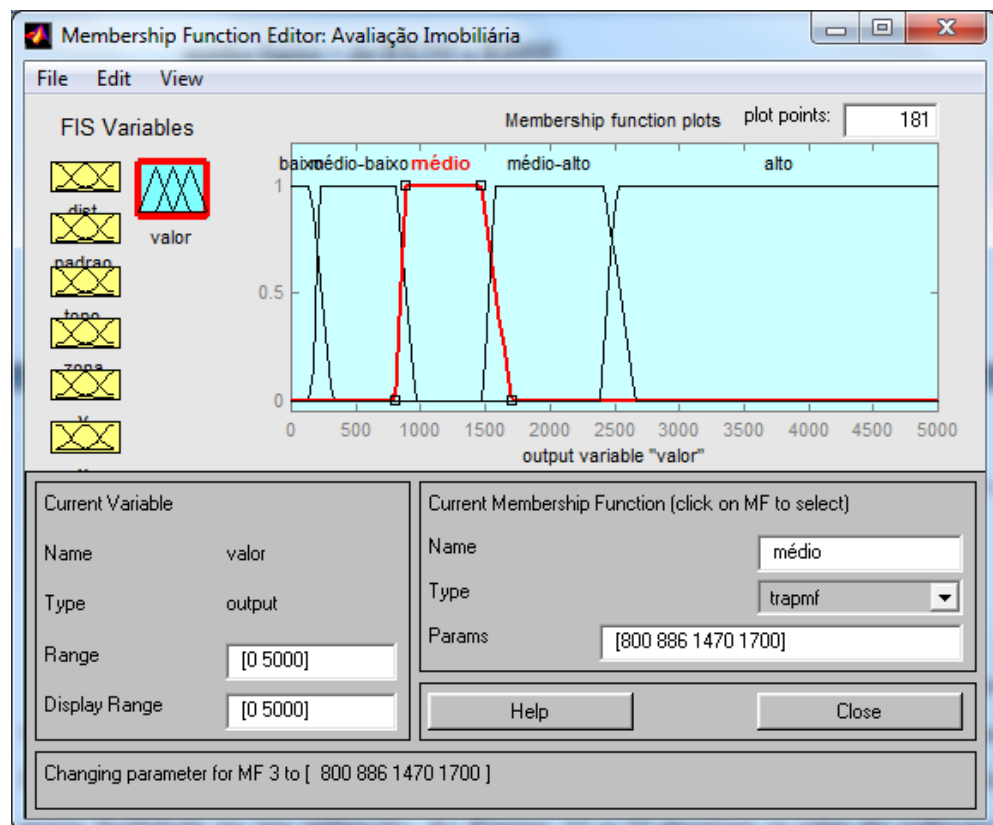


Figura 28: Funções de pertinência para VMLTC.

O próximo passo consistiu na determinação das regras de inferência, como ilustra a Figura 29.

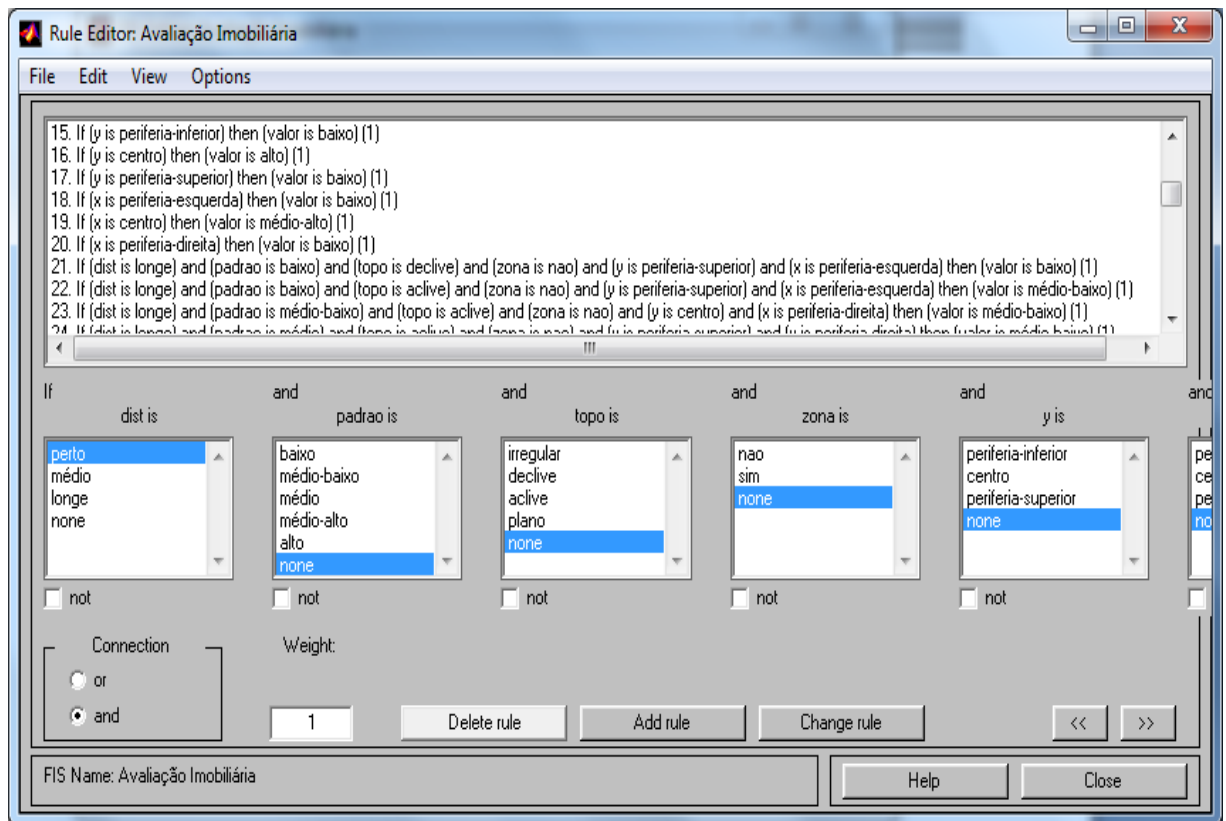


Figura 29: Exemplos de regras no Matlab 5.3.

O estabelecimento das regras foi feito com base na amostra disponível da realidade do mercado e no raciocínio lógico. Foram estabelecidas sessenta e nove regras, sendo as vinte primeiras simples, por exemplo:

- se (dist é perto) então (valor é alto), ou seja, se o terreno está localizado no centro da cidade ou próximo dele seu valor é alto.

- se (padrão é baixo) então (valor é baixo), ou seja, se o padrão construtivo dos imóveis próximos ao terreno que está sendo avaliado for baixo o valor dele também é baixo.

- se (zona_comer é sim) então (valor é alto), ou seja, se o terreno está localizado na zona comercial do município o seu valor é alto.

E as restantes mais complexas, como por exemplo:

- se (dist é longe) e (padrão é baixo) e (topo é declive) e (zona é não) e (x é periferia-esquerda) e (y é periferia-superior) então (valor é baixo), ou seja, se o terreno é longe do centro da cidade, está localizada em uma região onde o padrão dos imóveis é baixo, possui uma topografia caracterizada como declive, não está localizado na zona

comercial e está localizado nas periferias do município, então o valor desse terreno é baixo.

- se (dist é longe) e (padrão é médio) e (topo é aclave) e (zona é não) e (x é periferia-direita) e (y é centro), então (valor é médio-baixo), ou seja, se o terreno é longe do centro da cidade, está localizada em uma região onde o padrão dos imóveis é médio, possui uma topografia caracterizada como aclave, não está localizado na zona comercial, está localizado na periferia esquerda e localizado ao centro, então o valor desse terreno é médio-baixo.

- se (dist é perto) e (padrão é alto) e (topo é aclave) e (zona é sim) e (x é periferia-esquerda) e (y é centro), então (valor é alto), ou seja, se o terreno é perto do centro da cidade, está localizada em uma região onde o padrão dos imóveis é alto, possui uma topografia caracterizada como aclave, está localizado na zona comercial, está localizado na periferia direita e ao centro então o valor desse terreno é alto.

Em uma representação utópica da realidade seria necessário um modelo com 1080 ($3*5*4*2*3*3$) regras, contudo, nesse estudo, foram utilizadas 69 regras para se construir o modelo *fuzzy*. A razão para o uso de um número de regras reduzido está na quantidade de dados presente na amostra utilizada para validar o modelo apresentado, uma vez que temos 71 pontos, o conjunto de 69 regras, entre simples e complexas, torna-se suficiente para cobri-los, pois há pontos que se encaixam na mesma regra e, portanto, as mesmas não precisam ser repetidas. Porém, quando inseridos valores de entrada muito distantes dos pontos de amostras utilizados para se construir o modelo, obteve-se valores de saídas que não se encaixam perfeitamente na realidade da região. Sendo assim, para a cobertura total e fidedigna do território de Álvares Machado seriam precisas 1080 regras, entretanto para construí-las haveria a necessidade de um conjunto de amostras maior, já que refinaria o “feeling” utilizado, tornando-o mais acurado para qualquer região solicitada, evitando anomalias nos valores de saída, assim como seria possível verificar os resultados fornecidos pelo modelo.

Formadas as regras, definiram-se os métodos de implicação, agregação e “defuzzificação” como mostra a Figura 30 completando o sistema *fuzzy* tornando-o apto para a inferência dos valores.

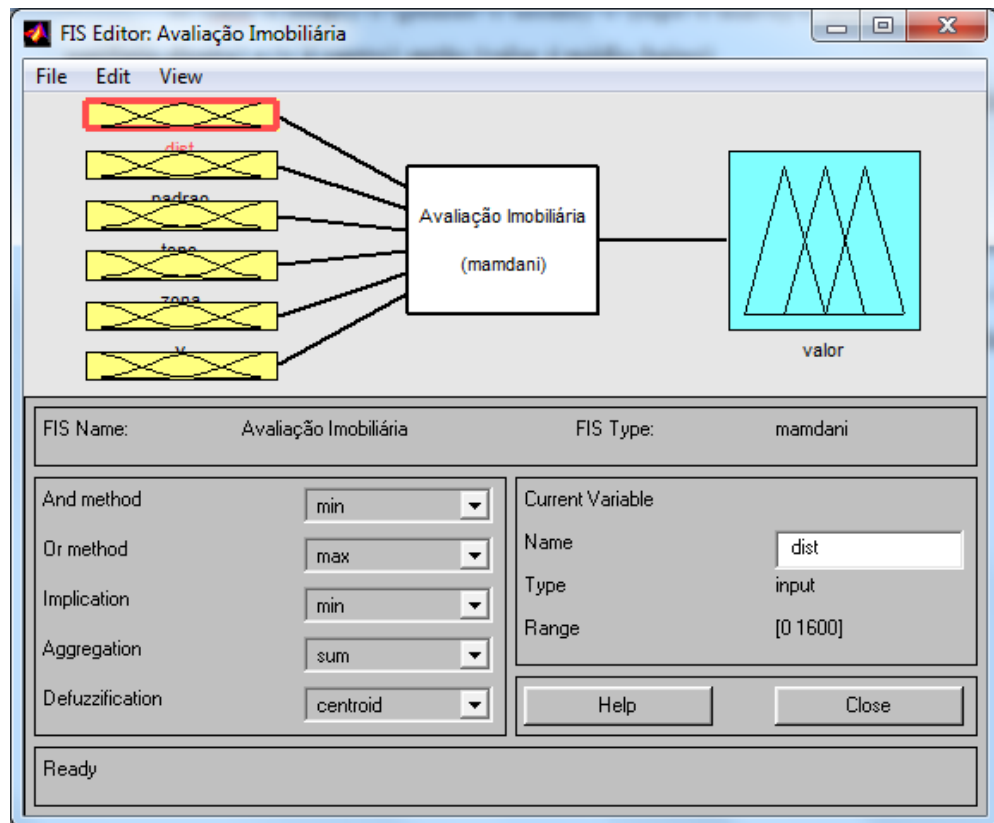


Figura 30: Métodos de implicação, agregação e “defuzzyficação”.

Assim como para a regressão, foram inferidos os valores dos 71 pontos da amostra e dos 6 pontos de verificação. A Figura 31 mostra um exemplo onde são dados os valores das variáveis de entrada e o sistema fornece a saída em valor.

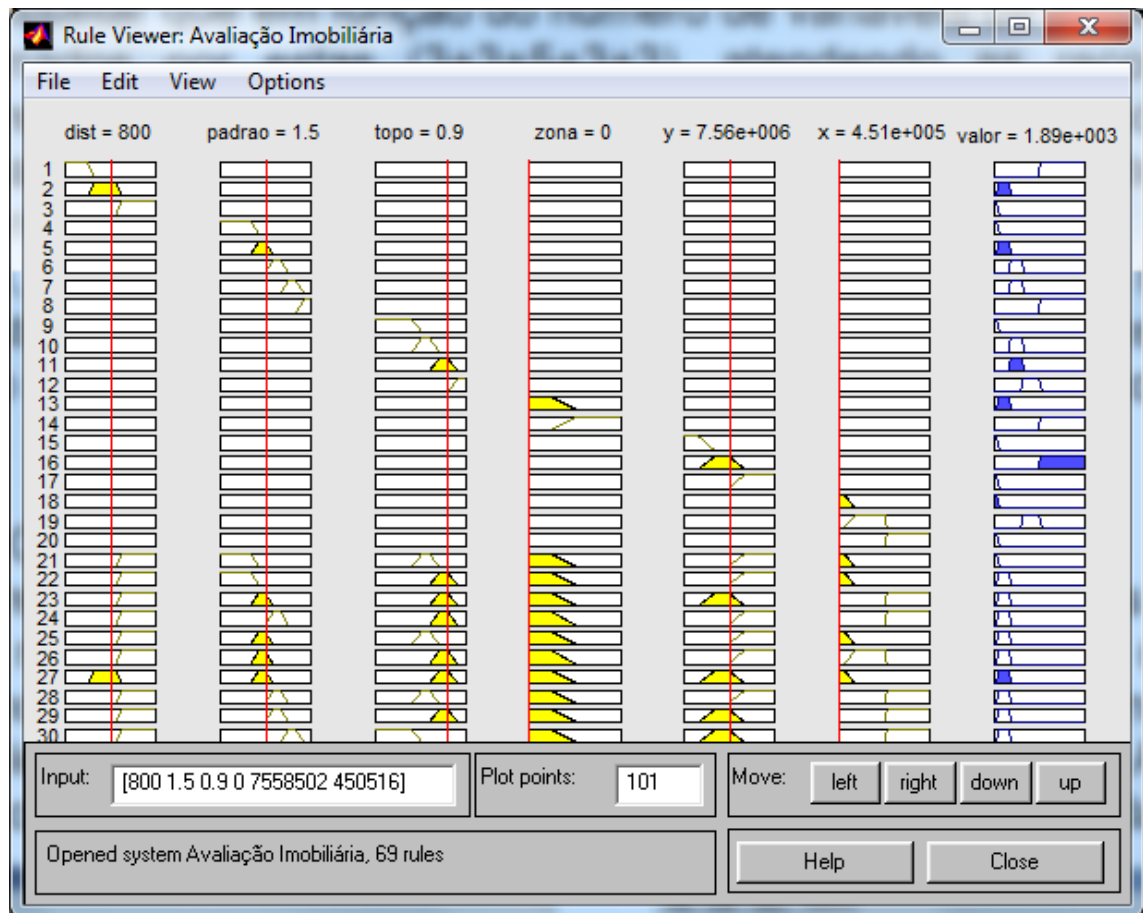


Figura 31: Exemplo de inferência de um valor.

Para a avaliação dos resultados obtidos foi feito o cálculo do EMQ e os resultados obtidos foram: R\$420,55 para a amostra de 71 pontos e R\$344,61 para os 6 pontos de verificação.

3.6 Comparação entre os modelos

Os modelos obtidos por lógica *fuzzy* diferem dos modelos de regressão, pois não se baseiam em raciocínio indutivo e modelos matemáticos, mas sim no raciocínio dedutivo e na utilização de regras gerais para a inferência de casos particulares. Com isso, enquanto a análise de regressão são necessários dados ou informações para a geração do modelo, na lógica *fuzzy* as regras são estabelecidas a partir de informações conhecidas que podem ser desde os dados propriamente ditos até pré-conceitos formados com o conhecimento profissional. Além disso, os sistemas *fuzzy* só fornecem respostas para as entradas plausíveis de serem entendidas pelas regras estabelecidas.

Acredita-se que a utilização dos modelos *fuzzy* na avaliação de imóveis seja vantajosa, pois não se trata de uma ciência exata e sim da estimação de valores de propriedades, na qual, na maioria das vezes, as informações são difusas e incompletas. Por exemplo, um terreno pode estar inserido tanto na faixa de padrão alto quanto na faixa de padrão médio, com diferentes graus de pertinência. Então, não é necessário definir com certeza onde aquele terreno está inserido.

Os resultados obtidos pelo modelo de regressão e pelo modelo *fuzzy* são similares, tanto nos valores obtidos para os terrenos quanto nas medidas de erro, demonstrando que os métodos podem ser complementares.

Para exemplificar a similaridade entre os resultados obtidos pelos 2 modelos, bem como com o valor real, a Tabela 6 mostra os resultados obtidos para 4 imóveis. Os resultados obtidos para todos os imóveis estão apresentados no ANEXO B.

Tabela 6: Valores obtidos para 4 imóveis utilizando os 2 modelos.

VARIÁVEIS								
T_DIST	T_PADRAO	T_TOPO	ZONA_COMER	Y_COORD	X_COORD	VALOR REAL	FUZZY	REGRESSÃO
700	2	0,9	0	7558948	452253	878,47	868,00	997,80
800	2	0,9	0	7559236	452172	892,85	852,00	949,72
1100	2	0,8	0	7559535	452111	750,00	725,00	728,46
250	2	0,9	1	7558519	451976	3059,27	3050,00	2557,29

3.7 Apresentação dos resultados – PVG

Tendo em vista que a premissa básica deste trabalho é utilizar o método proposto de avaliação imobiliária para a geração de uma PVG, o próximo passo seria a estimativa dos valores para todas as propriedades da área envolvida. Porém, para isso, seriam necessárias as informações das variáveis de entrada para todos os imóveis contidos no município, o que ocasionaria um trabalho intenso e demorado. Com isso, a alternativa proposta foi a representação dos valores para toda a área através de um modelo de superfície.

A idéia da utilização de um modelo de superfície para a representação dos valores em uma PVG parte do princípio de que os terrenos não devem ser considerados, por exemplo, como um ponto que representa um único valor para todo o terreno e sim como uma superfície, a qual pode apresentar diferentes valores no mesmo terreno permitindo

que o valor final seja um resultado mais próximo do que realmente acontece naquele terreno. Por exemplo, normalmente, é determinado um valor do metro quadrado para todo o terreno, mas cada metro quadrado presente em um mesmo terreno pode ter valores diferentes.

O método descrito em seguida busca determinar o valor do terreno através de um modelo de superfície visando considerar as variações apresentadas nos terrenos.

Para geração do modelo de superfície partiu-se dos valores obtidos na modelagem *fuzzy*, porém, nesta etapa foi utilizado o valor do metro quadrado ao invés de VMLTC e, portanto tendo a testada corrigida e a área dos terrenos foi possível obter o valor do metro quadrado para terrenos da amostra.

Em seguida, fez-se uma interpolação no software Surfer 8, utilizando espaçamento de 1 metro e o método Krigagem. A escolha do método de interpolação por krigagem foi feita baseado em Marques *et al.* (2012).

O modelo de superfície obtido está representado na Figura 32.

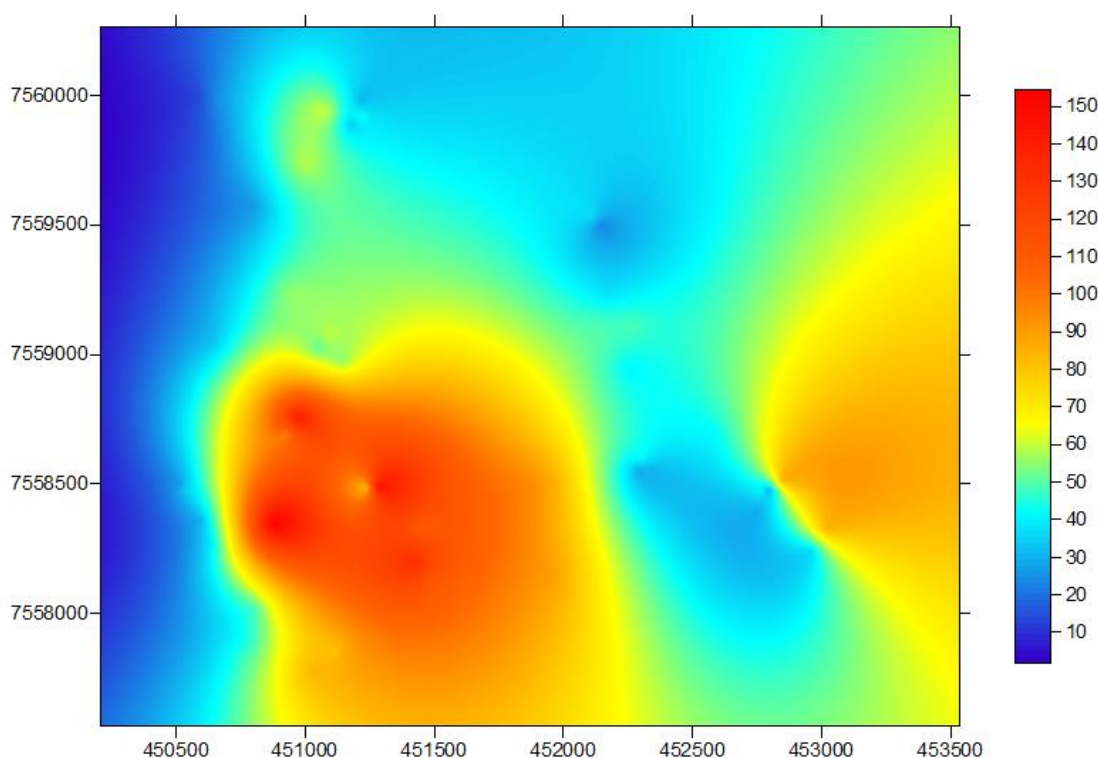


Figura 32: Modelo de superfície gerado por interpolação.

A Figura 33 mostra a representação tridimensional do modelo gerado, permitindo uma melhor visualização do comportamento dos valores dos terrenos urbanos.

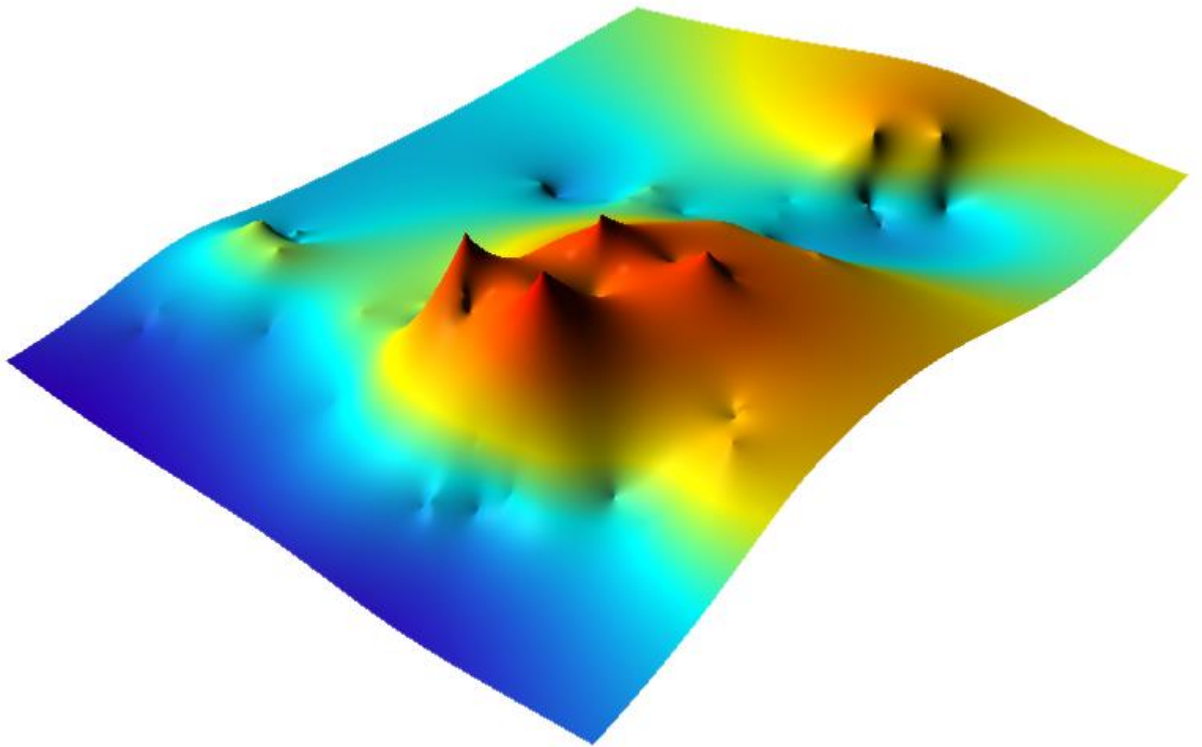


Figura 33: Representação tridimensional do modelo gerado.

Na Figura 34, quando sobreposto o mapa dos terrenos à superfície interpolada pode-se perceber que muitos terrenos apresentam diversas faixas de cores, ou seja, um mesmo objeto (superfície) se insere em diversas faixas de valores.

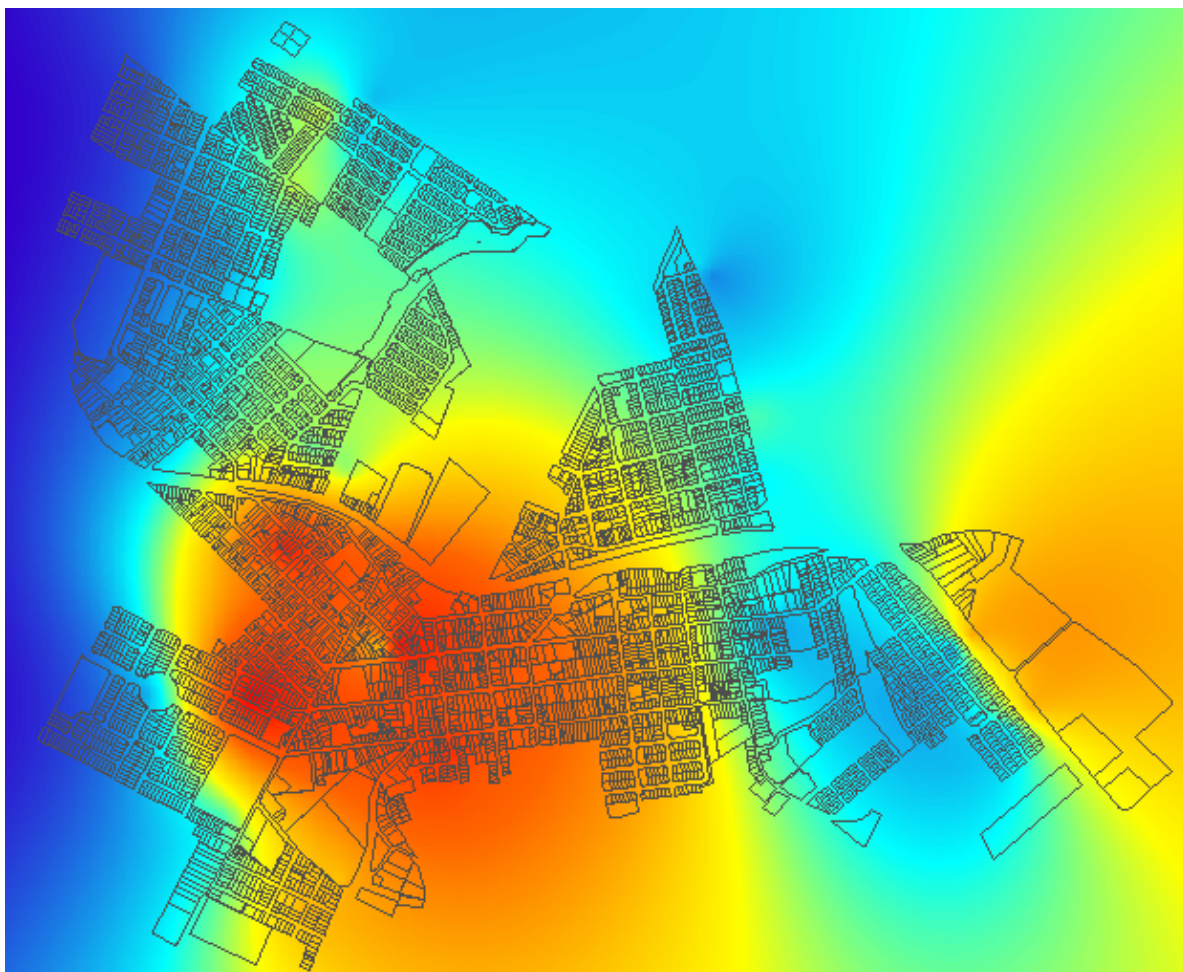


Figura 34: Modelo de superfície no mapa do município.

Visando não só a representação espacial dos valores, mas também uma melhor apresentação cartográfica para as PVG's e uma melhor aproximação dessa superfície de valores ao valor real do terreno, pensou-se em uma nova metodologia para determinação do valor de um terreno de interesse e que possa ser aplicada à avaliação de imóveis em massa.

O método aplicado trata cada terreno como uma imagem, na qual cada pixel dessa imagem possui um valor de metro quadrado a ele atribuído. Assim, somando os valores dos pixels contidos no terreno selecionado obtém-se o valor do terreno que melhor o representa.

Desta forma, foram calculados os valores de três terrenos (Figura 35).

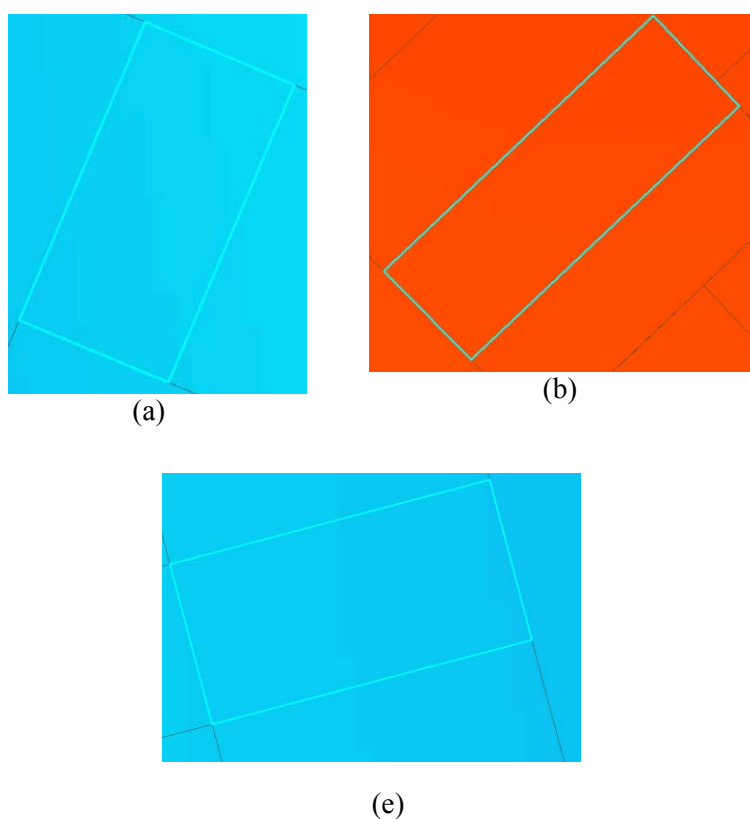


Figura 35: Seleção do terreno de interesse.

Selecionado o terreno de interesse, extraíram-se os valores de todos os pixels contidos nesse terreno e então fez-se a soma dos valores do metro quadrado obtendo-se o valor do terreno de interesse. Neste trabalho, a extração dos valores dos pixels do terreno de interesse foi feita manualmente.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Valores em reais calculados através do modelo de superfície.

TERRENO	VALOR REAL	VALOR CALCULADO	MÍNIMO VALOR DO m ²	MÁXIMO VALOR DO m ²
a	12000	8643,51	33,67	36,06
b	35000	60904,99	116,33	119,5
c	6000	6616,59	32,7	34,1

Na Tabela 7 observa-se que em relação aos valores reais, os valores calculados pelo método apresentado, são maiores e apresentam uma grande diferença. A Tabela 7 mostra também o menor e o maior valor do metro quadrado em cada um dos 3 terrenos,

percebe-se que a maior diferença de valores ocorre no terreno b onde o menor valor apresentado no terreno é R\$116,33 e o maior valor é R\$119,5.

Analisando como um todo, pela Figura 35 e pela Tabela 7, é difícil perceber as variações que ocorrem em um mesmo terreno, pois aparentemente não apresentam variações significativas, porém, se observado cada terreno particularmente pode-se perceber que a variação dos valores em um mesmo lote pode ser expressiva e acarretar, principalmente nos lotes maiores, uma atribuição equivocada do valor podendo cometer injustiças tanto para mais quanto para menos.

A Figura 36 mostra uma classificação para cada terreno individualmente tornando possível a visualização das diferenças que ocorrem em um mesmo terreno.

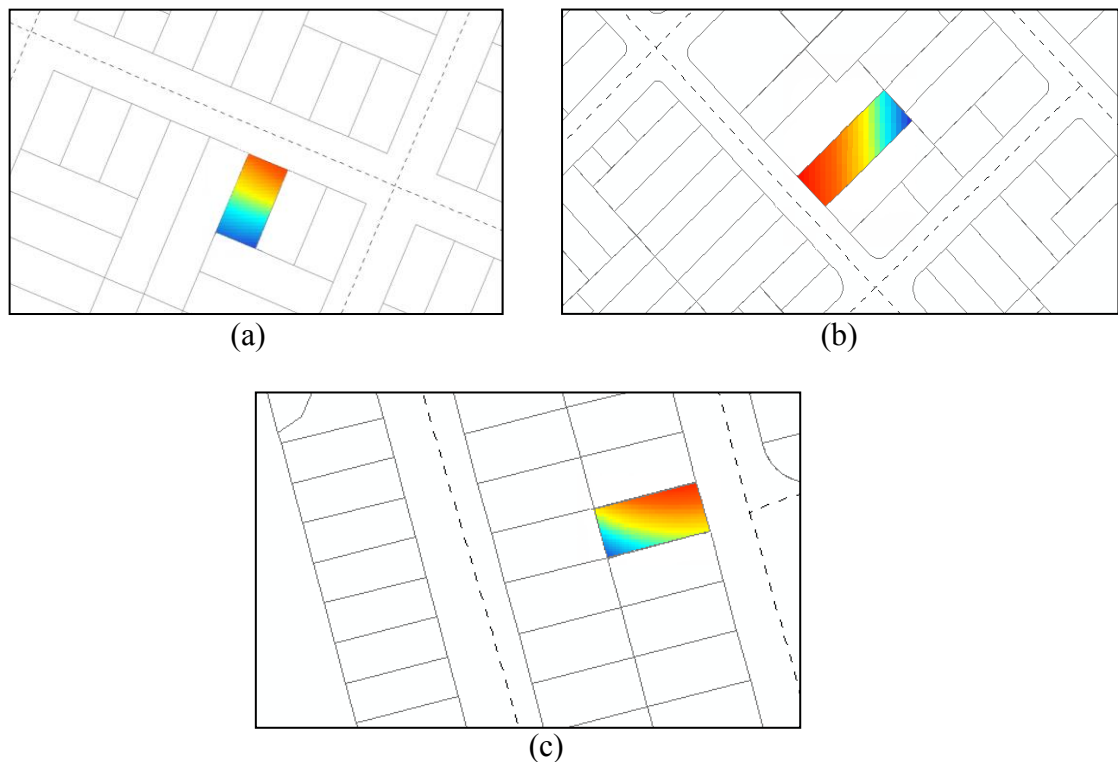


Figura 36: Representação das variações dos terrenos.

Na Figura 36 as cores variam do vermelho, representando os valores mais altos, até o azul, representando os valores mais baixos. Observa-se que em cada terreno as variações dos valores apresentam sentidos diferentes e esse comportamento vai depender dos fatores que influenciam no valor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Conclusões

A partir dos resultados obtidos pode-se perceber que os modelos de regressão são possíveis recursos na elaboração de PVG, como tem sido mostrado na literatura, mas destaca-se a importância do processo de avaliação das estimativas, sobretudo, considerando-se pontos de verificação.

Na estimativa e validação dos modelos de regressão entendeu-se que, embora os modelos passem na ANOVA e nos testes exigidos pela ABNT é possível uma validação mais rigorosa dos modelos através da raiz do EMQ utilizando pontos de verificação que permite uma avaliação dos erros estimados pelos modelos.

Um fato relevante que se deve ressaltar diz respeito a etapa de seleção das variáveis utilizadas na descrição do valor do bem, que é fundamental na obtenção de um modelo para estimativas mais próximas da realidade do mercado. Notou-se que muitas características do mercado imobiliário não são explicadas somente por um fator e sim pela interação de vários fatores, evidenciando que as variáveis não podem ser consideradas individualmente.

Quanto a lógica *fuzzy*, mostrou-se uma ferramenta apropriada para lidar com variáveis que contenham ambiguidades, informações incompletas, incertezas nas definições de seus valores e ainda permitir as representações de estratégias das partes. A metodologia proposta para avaliação imobiliária por meio de modelos *fuzzy* pode contribuir para a melhoria das técnicas atuais, principalmente pela simplicidade e clareza com que os dados são processados e os resultados apresentados, podendo melhorar a transparência nas decisões e o entendimento sobre os valores do mercado.

O método proposto não se enquadra nos métodos estabelecidos pelas Normas da ABNT, mas sim numa nova proposta. Os sistemas baseados em lógica *fuzzy* tentam simular o pensamento humano e são bastante aplicados e recomendados para situações duvidosas e imprecisas como as variáveis estudadas na avaliação imobiliária, especialmente as variáveis qualitativas que se apresentam bastante subjetivas.

Por fim, conclui-se que a utilização de um modelo de superfície para a geração de uma PVG pode ajudar numa representação mais próxima do real e vir a ser aplicado e utilizado em prefeituras.

4.2 Recomendações para trabalhos futuros

Primeiramente, para as estimativas do modelo de regressão recomenda-se a utilização de uma amostra maior, a utilização de mais pontos de verificação para ser chegar à conclusão de qual seria o melhor modelo obtido, adotar outros métodos de seleção de variáveis visando comparar e analisar qual representa melhor os dados e ainda testar o comportamento do modelo para situações que possam acarretar mudanças na distribuição dos valores na cidade, por exemplo, a criação de um Parque, de um Shopping Center ou seja, um empreendimento capaz de valorizar ou mesmo desvalorizar uma região.

Para o modelo *fuzzy* recomenda-se a utilização de mais regras de inferência e de mais variáveis, bem como, um estudo mais aprofundado sobre as funções de pertinência mais adequadas para a problemática em questão e o melhor método de “desfuzzyficação”. Outra possibilidade é a utilização de diferentes softwares já que só foi testado o Matlab desconhecendo as funcionalidades de outros, por exemplo, o *FuzzyTech*.

Outro fator a ser explorado é a utilização de lógica *fuzzy* para geração da PVG em conjunto com um Sistema de Informação Geográficas, de forma que os dados fiquem armazenados em um banco de dados possibilitando melhor aproveitamento dos mesmos.

Por fim, em relação à PVG representada como modelo de superfície, sugere-se a implementação de um método utilizando processamento digital de imagens para a automatização do cálculo dos valores para cada terreno.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (1989). **Avaliação de imóveis urbanos (NBR 5676)**. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (2001). **Avaliação de bens – Parte 1: procedimentos gerais (NBR 14.653-1)**. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (2011). **Avaliação de bens – Parte 2: imóveis urbanos (NBR 14.653-2)**. Rio de Janeiro: ABNT.

AVERBECK, C. E. **Os sistemas de cadastro e planta de valores no município: prejuízos da desatualização**. 2003, 200p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC.

AVERBECK, C. E. O Cadastro Técnico Multifinalitário, a Planta de Valores Genéricos e a Participação do Cidadão. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBRAC, 2004.

AZEVEDO, F. M., BRASIL, L. M., OLIVEIRA, R. C. L. **Redes Neurais – Com aplicações em Controle e sem Sistemas Especialistas**. Bookstore Livraria Ltda. Florianópolis – SC. 2000.

BENINI, L. C.; MENEGUETTE JUNIOR, M. **Uma abordagem para modelagem de dados com o uso de sistemas neuro-fuzzy: aplicações geoespaciais**. In: BARBELOS, C.A. Z.; ANDRADE, E. X. L.; BOAVENTURA, M. (Ed.). XXXII CNMAC. São Carlos:SBMAC, 2009, (Notas em Matemática Aplicada, v. 43).

BERVEGLIERI, A.; **Classificação fuzzy de vertentes por krigagem e tps com agregação de regiões via diagrama de voronoi**. 2011, 132p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, SP.

BOCHECCHIO, V. R. **Atlas Atual: Geografia. Manual de Cartografia**. São Paulo, Ed. Atual, 1995.

BRAULIO, S. N.; **Proposta de uma metodologia para a avaliação de imóveis urbanos baseado em métodos estatísticos multivariados**. 2005, 158p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná – UFSC, Curitiba, PR.

CAY, T.; ISCAN, F. Fuzzy expert system for land reallocation in land consolidation. **Expert Systems with Applications**, Turkey, v. 38, n. 9, p. 1105-11071, 2011.

DANTAS, R. A. **Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica**. São Paulo: Pini, 2005. Ed 2.

DALAUQUA, R. R.; **Aplicação de métodos combinados de avaliação imobiliária na elaboração da planta de valores genéricos**. 2007, 128p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, SP.

DALAUQUA, R.R., AMORIM, A., FLORES, E.F. Utilização de métodos combinados de avaliação imobiliária para a elaboração da Planta de Valores Genéricos. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.16, p.232-253, 2010.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1998. 3. ed.

FERREIRA, J. F. **Proposta de tratamento da variável localização em modelos inferenciais de avaliação imobiliária para municípios médios**. 2007, 159p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana– Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, SP.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. Curso de estatística. São Paulo: Atlas, 1996.

GONZÁLEZ, M.A.S. **Aplicação de Técnicas de Descobrimeto de Conhecimento em Bases de Dados e de Inteligência Artificial em Avaliação de Imóveis**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre - RS.

GONZÁLEZ, M.A.S. **A formação do valor dos aluguéis de apartamentos residenciais na cidade de Porto Alegre**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, UFRGS, Porto Alegre - RS.

HOCHHEIM, N.; UBERTI, M. S. Uso de variáveis ambientais na avaliação de imóveis urbanos: uma contribuição à valoração ambiental. In: XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações, 2001, Guarapari. **Anais...** Guarapari: XI COBREAP, 2001.

IBAPE-SP (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo) (2005). **Norma para avaliação de imóveis urbanos**. São Paulo: IBAPE.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 5. ed.

LOCH, C. Importância do cadastro técnico multifinalitário para instrumentação de prefeituras. In: COMBRAFT, 1995, Cachoeira do Sul, **Anais...** Cachoeira do Sul: COMBRAFT, 1995.

MACANHAN, V. B. P.; **A avaliação de imóveis pelos métodos econômicos financeiros**. 2002, 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Itajubá, MG.

MARQUES, A.P.S; MARCATO JUNIOR, J.; AMORIM, A.; FLORES, E.F. Aplicação do interpolador krigagem ordinária para a elaboração de planta de valores genéricos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, n. 2, p. 175-186, ISSN: 1808-0936, 2012.

MARTINELLI, M. **Curso de cartografia Temática**. São Paulo: Contexto, 1991.

MARTINELLI, M. **Cartografia Temática: caderno de mapas**. São Paulo: EDUSP, 2003

MARTINS, Fernando G.; MARTINS, Fábio G. N. **A Contribuição da Engenharia de Avaliações à Tributação Municipal**. Ano II, n.19/22. Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias. Porto Alegre. Avalien. jan./abr. 1991.

MEDVEDCHIKOFF, T. G. **Análise da planta genérica de valores por meio de estrato de renda no município de São Carlos**. 2009, 108p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP.

MELLO, R.; SANTELLO, R. O uso de Lógica Fuzzy para Avaliação de imóveis e exemplos de aplicação. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.12, n.4, p.904-927, 2012.

MELO, M. F.; **Planta de Valores Genéricos: Um Produto Cartográfico como Instrumento para a Equidade Tributária e o Planejamento Municipal** . 2001, 104p. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Rio de Janeiro, RJ.

MÖLLER, L. F. C. **Planta de valores genéricos**. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto, 1995.

MORAES, O. B. (2008). **Método de análise de dados para avaliação de áreas urbanas recuperadas: Uma abordagem utilizando a lógica fuzzy**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP, São Paulo.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**, 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

MURGUEL FILHO, W. **Sistema Nebuloso de apoio à produção de planta de valores**. 2005, 132p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação - Geomática) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Computação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, RJ.

NETER, J; WASSERMAN, W.; WHITMORE , G. A. **Applied Statistics**. Boston: Allyn and Bacon, Inc. 1978.

OBSERVATÓRIO da Gestão Pública. Disponível em:
<<http://www.igepri.org/observatorio/?p=4256>>. Acesso em: ago. 2013.

OLIVEIRA, C. **Curso de cartografia moderna**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

ORTEGA, N.R.S. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina**. São Paulo, 2001. 152 f. Tese (Doutorado em Física) - Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

PEREIRA, C.C.; LOCH, C. A importância do Cadastro Técnico Multifinalitário para elaboração de Planos Diretores. In: VIII Seminário Internacional da LARES, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2009.

PEREIRA, C.C.; LOCH, C.; GEISSLER, H.J. A importância do Cadastro Técnico Multifinalitário para elaboração de Planos Diretores. In: Congresso Brasileiro de

Cadastro Técnico Multifinalitário, 2008, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBRAC, 2008.

PHILIPS, J. Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários. In: Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário, 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBRAC, 1996. p. 170 -183.

PINHEIRO, V.R.; SILVA, F. F.; RODRIGUES, C.K. Importância de delimitar o tamanho de amostra em inferência estatística. **Revista de Estatística da UFOP**, v.1, 2011.

PREFEITURA Governador Valadares. Disponível em: <http://www.valadares.mg.gov.br>. Acesso em: ago. 2013

PREFEITURA São José dos Campos. Disponível em: http://www.sjc.sp.gov.br/media/295159/planta_generica_valores_2013.pdf. Acesso em: ago. 2013

PUGLIESI, E. A. **Desenvolvimento de um mapa dinâmico para sistema de navegação terrestre**. 2002, 216p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, SP

SILVA, E., VERDINELLI, M. A. Utilização de Ferramentas de Análise Estatística de Dados na Tributação Imobiliária. In. Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBRAC, 2000.

SILVA, E.; LOCH, C. A. A importância do valor das propriedades para as administrações municipais. In. Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBRAC, 2000.

SNEDECOR, G.W. **Statistical Methods**. Iowa: Ames, 1956. 5ª Ed.

THOFEHRN, R. **Avaliação de terrenos urbanos por fórmulas matemáticas**. São Paulo: Pini, 2008.

TRIVELLONI, C.A.P., HOCHHEIM, N. Avaliação de Imóveis com Técnicas de Análise Multivariada. In. Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBRAC, 1998.

ANEXO A

Dados fornecidos por Dalaqua (2007), utilizados nas estimativas dos modelos.

1 – Amostra composta por 71 elementos:

TEST_COR	T_AREA	T_DIST	X_COORD	Y_COORD	FRENTE_VIA	DIST_VIA	T_PADRAO	T_TOPO	ZONA_COMER	VALOR	VMLTC
26.83	1200	800	450766.00	7557832.00	8	500	3	0.9	0	45000	1677.227
27.33	1245	700	450796.00	7557884.00	8	500	3	0.9	0	50000	1829.491
14.6	444	700	450597.00	7558356.00	8	500	2	0.9	0	25000	1712.329
14.6	444	700	450652.00	7558273.00	8	500	2.5	1	0	25000	1712.329
9.01	169.23	400	450881.00	7558346.00	7	400	3	1	0	20000	2219.756
13.29	367.71	800	450519.00	7558502.00	8	500	1.5	0.9	0	9000	677.201
13.15	360	800	450531.00	7558479.00	8	500	2	0.9	0	11000	836.502
10.95	300	600	450808.00	7558019.00	8	500	2.5	1	0	22000	2009.132
12.6	345	700	451021.00	7557775.00	8	500	3	1	0	25000	1984.127
12.7	336	600	451141.00	7557842.00	8	500	3	1	0	30000	2362.205
12.92	348	400	450915.00	7558706.00	3	100	3	1	0	25000	1934.985
13.15	360	400	450922.00	7558698.00	3	100	3	0.9	0	25000	1901.141
9.17	210	300	451483.00	7558137.00	6	300	3	0.9	0	22000	2399.128
11.02	253	400	450975.00	7558755.00	2	50	3	0.9	1	38347	3479.764
13.17	361.34	100	451443.00	7558324.00	3	100	2.5	0.9	1	39994	3036.750
12.64	400	100	451748.00	7558643.00	1	0	2	0.8	1	38766	3066.930
11.58	239.4	250	451427.00	7558193.00	5	200	3	0.9	0	21674	1871.675
14.6	444	700	450586.00	7558335.00	8	500	2	0.9	0	20000	1369.863
17.02	603.6	600	450673.00	7558431.00	8	500	3	0.9	0	32000	1880.141
18.86	444.71	200	451268.00	7558692.00	2	50	3	0.9	0	30764.6	1631.209
9.96	225.5	700	452180.00	7559072.00	6	300	2.5	0.9	0	15000	1506.024
12	300	1000	452800.00	7558431.00	3	100	2	0.9	0	12000	1000.000
5.28	126.5	400	451951.00	7558145.00	7	400	2	0.7	0	7000	1325.758
8.94	200	700	452147.00	7559121.00	6	300	2.5	0.9	0	15000	1677.852
12	300	1200	452961.00	7558243.00	3	100	2	0.9	0	9500	791.667
8.94	200	700	452167.00	7559038.00	5	200	2.5	0.9	0	16000	1789.709
10.55	253	400	451917.00	7558141.00	7	400	2	0.7	0	12500	1184.834
12.42	321.46	1000	452753.00	7558394.00	4	150	1.5	0.9	0	7000	563.607
11.51	276	1000	452745.00	7558404.00	4	150	1.5	0.9	0	5500	477.845
9.84	220	800	452269.00	7559117.00	6	300	2.5	0.9	0	11000	1117.886
6.83	145.88	700	452253.00	7558948.00	4	150	2	0.9	0	6000	878.477
11.51	276	1000	452761.00	7558384.00	4	150	1.5	0.9	0	6500	564.726
10.08	231	800	452172.00	7559236.00	7	400	2	0.9	0	9000	892.857
11.16	259.27	700	452483.00	7558674.00	2	50	2	0.9	0	11500	1030.466
12	300	1000	452797.00	7558476.00	3	100	2.5	0.7	0	10000	833.333
12	300	1300	453019.00	7558327.00	1	0	3	0.9	0	17000	1416.667

12.39	383.55	1000	452145.00	7559499.00	8	500	2	0.9	0	7000	564.972
8	160	1100	452111.00	7559535.00	8	500	2	0.8	0	6000	750.000
10.95	300	600	452301.00	7558597.00	3	100	2.5	1	0	15000	1369.863
10.95	300	600	452309.00	7558598.00	3	100	2.5	1	0	15000	1369.863
12.65	400	500	452290.00	7558552.00	4	150	2	0.8	0	15000	1185.771
12.65	400	500	452299.00	7558553.00	4	150	2	0.8	0	15000	1185.771
12.65	400	600	452310.00	7558554.00	4	150	2	0.8	0	15000	1185.771
12.65	400	600	452321.00	7558555.00	4	150	2	0.7	0	12000	948.617
12.65	400	600	452332.00	7558556.00	4	150	2	0.8	0	12000	948.617
12	300	800	452565.00	7558689.00	2	50	2.5	0.9	0	15000	1250.000
12	300	900	452583.00	7558697.00	2	50	2.5	0.9	0	15000	1250.000
13.15	360	1100	452852.00	7558517.00	1	0	3	1	0	25000	1901.141
26.15	950	250	451976.00	7558519.00	4	150	2	0.9	1	80000	3059.273
15.11	475.5	150	451881.00	7558496.00	3	100	2	0.8	1	40000	2647.253
10.95	250	1500	451063.00	7559954.00	5	200	2	1	0	12000	1095.890
11	252	1300	450997.00	7559737.00	5	200	2	1	0	12000	1090.909
11.27	317.42	1400	451180.00	7559890.00	6	300	1.5	0.9	0	7000	621.118
10.95	250	1400	451089.00	7559938.00	6	300	2	1	0	13000	1187.215
17.6	704	1600	450585.00	7559997.00	5	200	1	0.8	0	4500	255.682
9.52	192.15	500	451144.00	7558968.00	4	150	2.5	0.9	0	14000	1470.588
14.59	484	1500	450619.00	7559842.00	3	100	1	0.9	0	6700	459.219
10.66	236.56	600	451050.00	7559024.00	3	100	2.5	0.8	0	17000	1594.747
11	252	600	451136.00	7559122.00	5	200	2.5	1	0	14000	1272.727
7.16	160	1400	451215.00	7559917.00	7	400	1.5	0.9	0	5000	698.324
12.64	363	1200	450804.00	7559573.00	3	100	1.5	0.8	0	7500	593.354
10.32	242	1600	450659.00	7559996.00	4	150	1	0.9	0	4000	387.597
12.15	307.4	800	450659.00	7559050.00	3	100	2	0.9	0	20500	1687.243
11	252	600	451094.00	7559073.00	5	200	2.5	0.8	0	14500	1318.182
11	252	800	450941.00	7559238.00	4	150	2	1	0	15000	1363.636
9.74	296.39	1500	451218.00	7559980.00	7	400	1.5	0.9	0	6000	616.016
13.68	389.6	600	451131.00	7557848.00	8	500	3	1	0	35000	2558.480
8.72	158.55	500	450826.00	7558319.00	7	400	3	1	0	15000	1720.183
14.28	300	0	451285.00	7558490.00	1	0	3	1	0	45000	3151.261
19.1	701.31	50	451238.00	7558485.00	2	50	3	1	0	60000	3141.361
11	252	1000	452769.00	7558468.00	3	100	2	0.9	0	16000	1454.545

2 –Pontos de verificação:

TEST COR	T AREA	T DIST	X COORD	Y COORD	FRENTE VIA	DIST VIA	T PADRAO	T TOPO	ZONA_COMER	VALOR	VMLTC
12.64	363	1400	450794	7559807	1	0	1	0.9	0	12000	949.3671
7.98	159.36	900	452061	7559440	8	500	2	0.9	0	6000	751.8797
12	300	1000	452767	7558515	3	100	2.5	0.7	0	10000	833.3333
17.6	645	100	451677.00	7558359.00	3	100	2.5	0.8	1	50570	2873.295
13.86	400	300	451029.00	7558647.00	2	50	2	0.8	1	35000	2525.253
14.57	408	700	450913.00	7557824.00	8	500	3	1	0	25000	1715.854

ANEXO B

Valores obtidos pelos modelos de regressão e *fuzzy* para todos os imóveis da amostra.

VARIÁVEIS						VALOR REAL	FUZZY	REGRESSÃO
T_DIST	T_PADRAO	T_TOPO	ZONA_COMER	Y_COORD	X_COORD			
800	3	0.9	0	7557832.00	450766.00	1677.227	2120	1736.934
700	3	0.9	0	7557884.00	450796.00	1829.491	2120	1798.871
700	2	0.9	0	7558356.00	450597.00	1712.329	897	1131.36
700	2.5	1	0	7558273.00	450652.00	1712.329	1290	1578.258
400	3	1	0	7558346.00	450881.00	2219.756	2900	2153.5
800	1.5	0.9	0	7558502.00	450519.00	677.201	737	830.6018
800	2	0.9	0	7558479.00	450531.00	836.502	897	1083.094
600	2.5	1	0	7558019.00	450808.00	2009.132	1320	1637.172
700	3	1	0	7557775.00	451021.00	1984.127	2290	1943.469
600	3	1	0	7557842.00	451141.00	2362.205	2290	1999.919
400	3	1	0	7558706.00	450915.00	1934.985	2930	2132.128
400	3	0.9	0	7558698.00	450922.00	1901.141	2650	1959.22
300	3	0.9	0	7558137.00	451483.00	2399.128	2610	1998.407
400	3	0.9	1	7558755.00	450975.00	3479.764	3230	3642.018
100	2.5	0.9	1	7558324.00	451443.00	3036.750	3060	3316.254
100	2	0.8	1	7558643.00	451748.00	3066.930	2950	2507.796
250	3	0.9	0	7558193.00	451427.00	1871.675	2730	2038.415
700	2	0.9	0	7558335.00	450586.00	1369.863	897	1132.83
600	3	0.9	0	7558431.00	450673.00	1880.141	2120	1855.735
200	3	0.9	0	7558692.00	451268.00	1631.209	2680	2068.977
700	2.5	0.9	0	7559072.00	452180.00	1506.024	1080	1283.233
1000	2	0.9	0	7558431.00	452800.00	1000.000	907	847.2248
400	2	0.7	0	7558145.00	451951.00	1325.758	2180	965.5192
700	2.5	0.9	0	7559121.00	452147.00	1677.852	1080	1284.139
1200	2	0.9	0	7558243.00	452961.00	791.667	907	763.272
700	2.5	0.9	0	7559038.00	452167.00	1789.709	1080	1285.442
400	2	0.7	0	7558141.00	451917.00	1184.834	2180	967.858
1000	1.5	0.9	0	7558394.00	452753.00	563.607	732	637.4924
1000	1.5	0.9	0	7558404.00	452745.00	477.845	732	637.6711
800	2.5	0.9	0	7559117.00	452269.00	1117.886	1080	1221.456
700	2	0.9	0	7558948.00	452253.00	878.477	868	997.8047
1000	1.5	0.9	0	7558384.00	452761.00	564.726	732	637.3138
800	2	0.9	0	7559236.00	452172.00	892.857	852	949.7218

700	2	0.9	0	7558674.00	452483.00	1030.466	927	990.5019
1000	2.5	0.7	0	7558476.00	452797.00	833.333	725	888.7846
1300	3	0.9	0	7558327.00	453019.00	1416.667	2100	1226.664
1000	2	0.9	0	7559499.00	452145.00	564.972	725	858.3942
1100	2	0.8	0	7559535.00	452111.00	750.000	725	728.4697
600	2.5	1	0	7558597.00	452301.00	1369.863	1120	1480.13
600	2.5	1	0	7558598.00	452309.00	1369.863	1120	1479.396
500	2	0.8	0	7558552.00	452290.00	1185.771	938	991.6933
500	2	0.8	0	7558553.00	452299.00	1185.771	938	991.0654
600	2	0.8	0	7558554.00	452310.00	1185.771	938	945.3985
600	2	0.7	0	7558555.00	452321.00	948.617	1030	845.2561
600	2	0.8	0	7558556.00	452332.00	948.617	938	943.9249
800	2.5	0.9	0	7558689.00	452565.00	1250.000	1020	1213.226
900	2.5	0.9	0	7558697.00	452583.00	1250.000	1020	1160.169
1100	3	1	0	7558517.00	452852.00	1901.141	2340	1476.224
250	2	0.9	1	7558519.00	451976.00	3059.273	3050	2557.296
150	2	0.8	1	7558496.00	451881.00	2647.253	2970	2457.33
1500	2	1	0	7559954.00	451063.00	1095.890	1340	802.4019
1300	2	1	0	7559737.00	450997.00	1090.909	1340	894.293
1400	1.5	0.9	0	7559890.00	451180.00	621.118	949	551.0937
1400	2	1	0	7559938.00	451089.00	1187.215	1340	841.561
1600	1	0.8	0	7559997.00	450585.00	255.682	523	312.748
500	2.5	0.9	0	7558968.00	451144.00	1470.588	1120	1487.018
1500	1	0.9	0	7559842.00	450619.00	459.219	560	389.8885
600	2.5	0.8	0	7559024.00	451050.00	1594.747	1130	1301.991
600	2.5	1	0	7559122.00	451136.00	1272.727	1300	1562.801
1400	1.5	0.9	0	7559917.00	451215.00	698.324	949	548.9889
1200	1.5	0.8	0	7559573.00	450804.00	593.354	754	564.0829
1600	1	0.9	0	7559996.00	450659.00	387.597	560	362.2285
800	2	0.9	0	7559050.00	450659.00	1687.243	852	1056.578
600	2.5	0.8	0	7559073.00	451094.00	1318.182	1360	1296.771
800	2	1	0	7559238.00	450941.00	1363.636	1260	1144.719
1500	1.5	0.9	0	7559980.00	451218.00	616.016	949	517.4617
600	3	1	0	7557848.00	451131.00	2558.480	2290	2000.701
500	3	1	0	7558319.00	450826.00	1720.183	2250	2085.152
0	3	1	0	7558490.00	451285.00	3151.261	3060	2417.664
50	3	1	0	7558485.00	451238.00	3141.361	3060	2382.424
1000	2	0.9	0	7558468.00	452769.00	1454.545	907	848.1081