



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG

DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICA PARA MONITORAMENTO DO CADASTRO URBANO BASEADO EM CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE GOIANÉSIA – GOIÁS

RODRIGO RODRIGUES ANTUNES

Brasília - DF
Março de 2014

RODRIGO RODRIGUES ANTUNES

DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICA PARA MONITORAMENTO DO CADASTRO URBANO BASEADO EM CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE GOIANÉSIA – GOIÁS

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora do Instituto de Geociências Aplicadas da Universidade de Brasília, como exigência para obtenção de título de mestre em Geociências.

Orientador: Prof. Dr. Edilson de Souza Bias

Brasília – DF
Abril de 2014

RODRIGO RODRIGUES ANTUNES

DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICA PARA MONITORAMENTO DO CADASTRO URBANO BASEADO EM CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE GOIANÉSIA – GOIÁS

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora do Instituto de Geociências Aplicadas da Universidade de Brasília, como exigência para obtenção de título de mestre em Geociências.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edilson de Souza Bias
Presidente (orientador)

Prof. Dr. Guiliano Sant'Anna Marota
Membro interno

Prof. Dra. Maria Isabel Castreghini de Freitas
Membro Externo

Brasília, 14 de abril 2014.

*Uma vida sem desafios não vale a pena
ser vivida (Sócrates).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por conceder-me força e esperança a cada dia; ao meu orientador Professor Edilson Souza Bias por confiar e apoiar-me a todo o momento durante a pesquisa; a minha esposa Karyne e a meu filho Rafael, que muitas vezes ficaram sem minha presença por dedicação à pesquisa.

RESUMO

O objetivo principal da pesquisa foi demonstrar e avaliar as potencialidades dos processos de classificação baseadas em objeto como instrumento para subsidiar o monitoramento das alterações intra-urbanas visando atender à manutenção do cadastro técnico multifinalitário, tendo como base o Sistema de Informações Geográficas do município de Goianésia. Este município está localizado na porção norte do estado de Goiás, com uma população aproximada de 70 mil habitantes. Para a classificação, utilizou-se o sistema *open source* InterIMAGE, que possibilitou a segmentação e a coleta de amostras de cada classe definida. Com o objetivo de minimizar tempo e eliminar a subjetividade na implementação das regras de decisões geradas pelo especialista no sistema InterIMAGE, foi aplicada a técnica de mineração de dados (*data mining*) na classificação temática. Para esse processo foi utilizado o algoritmo J48 do sistema minerador WEKA, a partir dos atributos extraídos do InterIMAGE. Os resultados foram avaliados por meio da aplicação do índice TAU, demonstrando-se satisfatórios, com concordância acima de 70%. Os arquivos exportados pelo InterIMAGE, em forma de *shapefile*, permitiram gerar indicadores de alterações das edificações urbanas, subsidiando o monitoramento cadastral do CTM.

Palavras-chave: Classificação orientada a objetos. Alteração intra-urbana. Cadastro Técnico Multifinalitário. InterIMAGE. WEKA. TAU.

ABSTRACT

The main objective of the research was to demonstrate and evaluate the potential of object-based classification process as a tool to support the monitoring of intra - urban changes to meet the maintenance of multipurpose technical records, based on the geographic information system municipality of Goianésia. This municipality is located in the northern portion of Goiás state, with a population of approximately 70,000 inhabitants. For classification, we used the open source InterIMAGE system, which enabled the targeting and collection of samples of each class defined. In order to minimize time and eliminate the subjectivity in implementing the rules of decisions generated by the InterIMAGE expert system technique was applied to data mining (data mining) in the thematic classification. For this process the J48 algorithm mining system WEKA was used, from the attributes extracted from InterIMAGE. The results were evaluated by applying the TAU index, demonstrating to be quite satisfactory, with over 70 % agreement. The files exported by InterIMAGE, shaped shapefile allowed generating indicators of changes in urban buildings, supporting the monitoring of the CTM registration.

Keywords: Classification Object Oriented. Intra-urban amendment. Multipurpose technical cadastre. InterIMAGE. WEKA. TAU.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CONCAR	Comissão Nacional de Cartografia
CTM	Cadastro Técnico Multifinalitário
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
SEGPLAN	Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINIMA	Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
SRTE	Superintendência Regional do Trabalho e Emprego
SR	Sensoriamento Remoto
REM	Radiação Eletromagnética
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
PMAT	Programa de Modernização da Administração Tributária

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Amostras da área de teste 1 - 2011.....	87
Gráfico 2 - Amostras da área de teste 1 - 2013.....	87
Gráfico 3 - Amostras da área de teste 2 - 2011.....	88
Gráfico 4 - Amostras da área de teste 2 - 2013.....	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo – área urbana	19
Figura 2 - Principais indústrias no município de Goianésia	22
Figura 3 - Secretarias e departamentos envolvidos no SIG do município	24
Figura 4 - Foto índice do aerolevanteamento - área urbana de Goianésia (2004)	25
Figura 5 - Ortofoto do perímetro urbano de Goianésia - 2003 (escala 1:2000)	27
Figura 6 - Estrutura do SIG	28
Figura 7 - Processo de controle de alvará de construção	29
Figura 8 - Processo de controle de cadastro e atualização cadastral no SIG	30
Figura 9 - Tela de entrada do sistema. Acesso ao SIG via <i>Internet</i>	31
Figura 10 - Consulta de logradouro e número via acesso público	32
Figura 11 - Mapa de Agripa. Qualificação de cobrança de impostos	34
Figura 12 - Componentes do SIG	42
Figura 13 - Camadas temáticas representando o mundo real	42
Figura 14 - Elementos fundamentais das técnicas do SR	45
Figura 15 - Relação da resolução espacial de diversos sensores com os equipamentos urbanos	49
Figura 16 - Curvas espectrais de reflectância de algumas feições urbanas	50
Figura 17 - Componentes no processo de interpretação do InterIMAGE	56
Figura 18 - Exemplo de matriz de erro	57
Figura 19 - Imagens (RGB)	63
Figura 20 - Esquema das etapas do trabalho	66
Figura 21 - Localização das áreas de teste 1 e 2	68
Figura 22 - <i>Shape</i> de quadras e vias fornecido pela prefeitura de Goianésia	69
Figura 23 - Área de teste 1 - Setor Central	70
Figura 24 - Área de teste 2 - Setor Universitário	70
Figura 25 - Tela de entrada de dados e definição de parâmetros	75
Figura 26 - Estrutura da rede semântica para as duas áreas de teste	77
Figura 27 - Amostras dos resultados das aplicações das técnicas de fusão	81
Figura 28 - Imagem não fusionada e fusionada - (GeoEye 2011)	82
Figura 29 - Exemplo de seleção para exportação de atributos	89
Figura 30 - Exemplo de arquivo unificado com dados exportados do InterIMAGE ...	89
Figura 31 - Janela <i>Node Editor</i> do sistema InterIMAGE	90
Figura 32 - Árvore de decisão e matriz de confusão – Área de teste 1 (2011).	91
Figura 33 - Apresentação das regras de decisão no sistema IntelIMAGE - Área de teste 1 (2011).	92
Figura 34 - Árvore de decisão e matriz de confusão. Área de teste 1 (2013)	95
Figura 35 - Apresentação das regras de decisão no sistema IntelIMAGE - Área de teste 1 (2013)	96
Figura 36 - Árvore de decisão e matriz de confusão - Área de teste 2 (2011)	98
Figura 37 - Apresentação das regras de decisão no sistema IntelIMAGE - Área de teste 2 (2011)	99
Figura 38 - Árvore de decisão e matriz de confusão - Área de teste 2 (2013)	101
Figura 39 - Apresentação das regras de decisão no sistema IntelIMAGE - área de teste 2 (2013)	102
Figura 40 - Amostra do resultado da classificação. Objetos não rotulados	104
Figura 41 - Novos nós inseridos na classificação em todas as áreas de teste	105
Figura 42 - Mapa temático da classificação da área de teste 1 (2011)	106
Figura 43 - Classificação confusa de cerâmica escura e solo exposto	106

Figura 44 - Amostra aleatória simples das áreas de teste 1 - 2011	107
Figura 45 - Mapa temático da classificação da área de teste 1 (2013)	108
Figura 46 - Amostra aleatória simples das áreas de teste 1 - 2013	109
Figura 47 - Mapa temático da classificação da área de teste 2 (2011)	110
Figura 48 - Mapa temático da classificação da área de teste 2 - 2011	111
Figura 49 - Mapa temático da classificação da área de teste 2 (2013)	112
Figura 50 - Mapa temático da classificação da área de teste 2 - 2013	113
Figura 51 - Exemplo de consulta SQL. Classe amianto, área de teste 1 – 2013	116
Figura 52 - Indicadores de alteração intra-urbana - área de teste 1.....	117
Figura 53 - Indicadores de alteração intra-urbana - área de teste 2.....	120
Figura 54 - Proposta de processo de atualização cadastral baseado nos indicadores	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População de Goianésia em relação à microrregião de Ceres - 2013	20
Tabela 2 - Principais produções agrícolas cultivadas no município - 2012	21
Tabela 3 - Comparação dos indicadores das principais cidades da microrregião de Ceres no período de 2001-2011	23
Tabela 4 - Dados de entrada que compõem o SIG do município	26
Tabela 5 - Principais satélites com sensores de alta resolução espacial	48
Tabela 6 - Especificações técnicas básicas – GeoEye-1	64
Tabela 7 - Coberturas que pontuam para valores no IPTU do município	71
Tabela 8 - Parâmetros aplicados para a área de teste 1 – 2011 e 2013	83
Tabela 9 - Parâmetros aplicados para a área de teste 2 – 2011 e 2013	83
Tabela 10 - Classes e quantidade de amostras da área de teste 1 - 2011	87
Tabela 11 - Classes e quantidade de amostras da área de teste 1 - 2013	87
Tabela 12 - Classes e quantidade de amostras da área de teste 2 - 2011	88
Tabela 13 - Classes e quantidade de amostras da área de teste 2 - 2013	88
Tabela 14 - Porcentagem de objetos não rotulados em cada área de teste	104
Tabela 15 - Matriz de confusão – Área de teste 1 - 2011	107
Tabela 16 - Matriz de confusão – Área de teste 1 - 2013	109
Tabela 17 - Tabela 14 - Matriz de confusão – Área de teste 2 - 2011	111
Tabela 18 - Matriz de confusão – Área de teste 2 - 2013	113
Tabela 19 - Índice de exatidão global e Tau da classificação	114
Tabela 20 - Valores para análises das diferenças - Área de teste 1.	123
Tabela 21 - Valores para análises das diferenças - Área de teste 2	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Chaves de interpretação	71
Quadro 2 - Análise de coleta amostral das classes interessadas	84
Quadro 3 - Exemplos de análises comparativas de área (SIG x InterIMAGE)	114

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
1.1 INTRODUÇÃO	16
1.2 PROBLEMA	16
1.3 HIPÓTESE	17
1.4 OBJETIVO GERAL	17
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
2.1 LOCALIZAÇÃO	18
2.2 ASPECTOS POPULACIONAIS	20
2.3 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E DEMOGRÁFICOS	21
2.4 ASPECTOS FÍSICOS	23
2.5 A TECNOLOGIA ASSOCIADA À ANÁLISE URBANA.....	23
2.5.1 SIG Corporativo de Goianésia	23
2.5.2 Estrutura organizacional da prefeitura para desenvolver o SIG.....	24
2.5.3 Serviços iniciais.....	25
2.5.4 Dados de entrada do SIG	26
2.5.5 Arquitetura do SIG	27
2.5.6 Funcionalidade e controle	29
2.5.7 Acesso e apresentação - SIG.....	31
3 REVISÃO DA LITERATURA	33
3.1 BREVE HISTÓRICO DO CADASTRO.....	33
3.1.1 O cadastro na Alemanha.....	34
3.1.2 O cadastro no Brasil.....	35
3.2 O CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO.....	37
3.2.1 Cartografia cadastral	37
3.2.2 Cadastro Técnico Urbano	38
3.2.3 Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM)	39
3.2.4 Controle de qualidade e padronização	40
3.3 SIG NO CONTEXTO CADASTRAL	41
3.3.1 Fundamentos do SIG.....	41
3.3.2 O desafio da atualização cadastral no SIG.....	43
3.4 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO CADASTRO URBANO.....	44
3.4.1 Fundamentos do SR – Sensoriamento Remoto	44
3.4.2 Aplicação do SR para análise do espaço urbano	47
3.4.3 Sistemas de classificação de imagens digitais para mapeamento do uso de ocupação do solo.....	50

3.4.4	<i>Classificação por segmentação</i>	53
3.4.5	<i>Sistema de interpretação de imagem baseado em conhecimento</i>	54
3.4.6	<i>Exatidão temática</i>	56
3.4.7	<i>Mineração de dados geográficos</i>	60
4	MATERIAL E MÉTODOS	62
4.1	MATERIAL	62
4.1.1	<i>SIG urbano</i>	62
4.1.2	<i>Dados de entrada</i>	62
4.1.3	<i>Software</i>	64
4.2	METODO	65
4.2.1	<i>Levantamento das Imagens</i>	67
4.2.2	<i>Fusão de imagens</i>	67
4.2.3	<i>Definição das áreas de teste</i>	67
4.2.4	<i>Recorte</i>	69
4.2.5	<i>Caracterização das classes interessadas</i>	70
4.2.6	<i>Classificação por segmentação multirresolução e a mineração de dados</i>	74
4.2.7	<i>Avaliação da classificação</i>	78
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
5.1	FUSÃO	80
5.2	SEGMENTAÇÃO E AMOSTRAGEM	82
5.3	MINERAÇÃO DE DADOS	90
5.4	CLASSIFICAÇÃO	104
5.5	MAPAS TEMÁTICOS E AVALIAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO	105
5.6	ANÁLISE COMPARATIVA DE ÁREA: SIG E INTERIMAGE	114
5.7	MAPAS INDICADORES DE ALTERAÇÕES	116
6	CONCLUSÃO	126
6.1	RECOMENDAÇÕES	127
6.2	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	127
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 INTRODUÇÃO

O mapeamento da ocupação do solo em área urbana apresenta um papel importante para a gestão municipal, pois permite avaliar e fornecer informações importantes das alterações intra-urbanas, tornando-se uma ferramenta para o planejamento urbano e para a auditoria fiscal.

Impulsionada pelos crescimentos socioeconômico e urbano do município, a cidade de Goianésia propicia mudanças aceleradas na ocupação do solo, como o surgimento de novas construções e alterações das edificações, contudo, não há mecanismo que possibilite monitoramento contínuo e eficiente dessas alterações.

Para se ter ideia do nível de alterações na base urbana, no ano de 2012, dos 21.211 parcelamentos cadastrados no SIG, foram efetuadas 9.469 alterações, o que corresponde a 44 %. Vale esclarecer que todas essas alterações ocorreram necessariamente após visitas in loco, o que demanda um alto custo de pessoal e de tempo.

Dessa forma, é notável a importância da existência de indicadores de alterações intra-urbanas para fiscalização e auditoria, garantindo a confiabilidade do CTM – Cadastro Técnico Multifinalitário.

Segundo Cesare (2005), um projeto de atualização e qualificação cadastral é fundamental para melhorar o grau de equidade fiscal na cobrança dos tributos imobiliários, por meio do aumento da eficiência na administração tributária.

1.2 PROBLEMA

No segundo semestre de 2003, o município de Goianésia, Goiás, iniciou a implantação do Sistema de Informação Geográfica (SIG) urbano visando obter um Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) que garantisse a modernização administrativa e fiscal. Todas as etapas para atingir o sucesso do projeto foram cumpridas, como a aquisição de aerofoto proveniente da área urbana do município, *software* de SIG, a contratação de consultoria especializada em cadastro urbano e a criação do núcleo de geoprocessamento. Mas a dificuldade de acompanhar as expansões e alterações intra-urbanas no processo de atualização cadastral deixou o sistema duvidoso e muitas alterações não são detectadas. A interpretação de

alteração e novas edificações são realizadas de maneira visual, sem direcionamento, por meio das imagens de sensoriamento remoto disponíveis. Após detecção visual e aleatória de alteração de edificações existentes e de surgimento de novas ocupações, os fiscais checam *in loco* as possíveis mudanças, e as anotações são feitas de forma analógica, sem instrumentos para auditoria, gerando resultados poucos expressivos, com alto custo de manutenção e sem confiabilidade. Este conjunto de deficiências tem gerado contínuos e volumosos prejuízos à arrecadação pública e atinge a eficiência da gestão municipal.

Por meio de imagens de sensoriamento remoto é possível identificar alterações em edificações de modo semiautomático e aumentar a eficiência do processo de atualização do cadastro territorial urbano?

1.3 HIPÓTESE

A técnica de análise orientada a objeto representa um eficiente e consistente processo de identificação de alterações das ocupações do solo para otimização de um CTM.

1.4 OBJETIVO GERAL

Analisar as potencialidades dos processos de classificação baseadas em objeto como instrumento para subsidiar o monitoramento das alterações intra-urbanas visando atender à manutenção de cadastro multifinalitário.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) definir procedimentos para subsidiar a classificação de imagem de alta resolução espacial com base em segmentos e mineração de dados;
- b) definir procedimentos para analisar a qualidade das classificações com base na aplicação de índices de exatidão Global e Tau;
- c) analisar a qualidade das classificações com base em comparações com a base de dados do atual CTM do município; e
- d) propor indicadores das alterações para monitoramento e atualização do CTM.

2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Goianésia foi fundada em 24 de junho de 1953 e está localizada no centro-norte do estado de Goiás. O município faz parte da microrregião Ceres, que é formada por vinte e dois municípios: Barro Alto, Carmo do Rio Verde, Ceres, Goianésia, Guaraíta, Guarinos, Hidrolina, Ipiranga de Goiás, Itapaci, Itapuranga, Morro Agudo de Goiás, Nova América, Nova Glória, Pilar de Goiás, Rialma, Rianápolis, Rubiataba, Santa Izabel, Santa Rita do Novo Destino, São Luís do Norte, São Patrício e Uruana.

O município possui uma área de 1.547,650 km² e atingiu em 2013, 63.938 habitantes (SEGPLAN, 2013), apontando a maior densidade populacional da região, chegando a 41,31 hab/km².

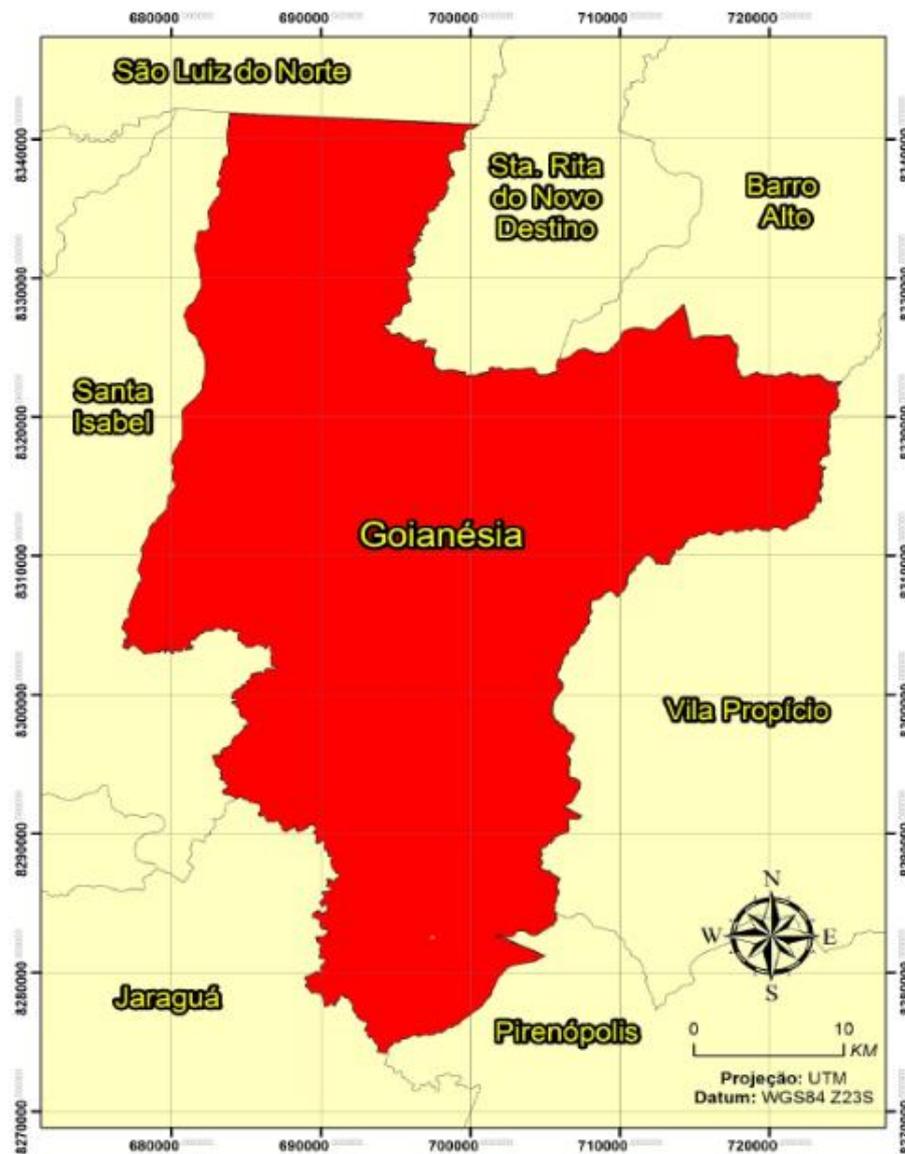
Na região, o município de Goianésia destaca-se pela quantidade de habitantes e pelo aquecimento econômico agroindustrial, que está em plena evolução, caracterizando-se como cidade geradora de emprego, com constante migração e intercâmbio de trabalhadores e com uma renda média diferenciada na região.

Além do intenso processo de expansão do agronegócio e da industrialização no município, outra questão que aqueceu a economia foi à instalação, em 2011, de uma grande mineradora na cidade vizinha de Barro Alto, que, segundo relatório da SEGPLAN, em 2013 a população alcançou 9.606 habitantes. Em 2009, antes da instalação da mineradora, a quantidade de habitantes tinha chegado a 6.714, ou seja, houve um crescimento populacional de 43% em 4 anos. Considerada uma cidade de pequeno porte, Barro Alto não sustenta esse crescimento populacional, que necessita de infraestrutura de moradia e outros recursos como bancos, supermercados, hospitais e escolas. Assim, a maioria dos trabalhadores migra suas residências para cidade de Goianésia.

2.1 LOCALIZAÇÃO

A cidade de Goianésia está localizada a 168 km da capital estadual Goiânia e a 265 km de Brasília, capital do Distrito Federal. O município localiza-se na mesorregião centro goiana e na microrregião Ceres, na porção norte do estado de Goiás. Os povoados que fazem parte do município são Cafelândia e Jucelândia (SEGPLAN, 2013). A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

Figura 1 - Localização da área de estudo – área urbana



2.2 ASPECTOS POPULACIONAIS

De acordo com relatórios disponíveis pela SEGPLAN (2014), a população total da microrregião Ceres, onde está inserido o município de Goianésia, somou 242.621 habitantes em 2013. A Tabela 1 demonstra que o município apresenta 26,35 % da população da região.

Tabela 1 - População de Goianésia em relação à microrregião de Ceres - 2013

Cidade	Número de Habitantes (estimado)	% em relação à microrregião
Barro Alto	9.606	3,96
Carmo do Rio Verde	9.470	3,90
Ceres	21.652	8,92
Goianésia	63.938	26,35
Guaraíta	2.333	0,96
Guarinos	2.221	0,95
Hidrolina	4.006	1,65
Ipiranga de Goiás	2.930	1,21
Itapaci	20.161	8,31
Itapuranga	26.695	8,63
Morro Agudo	2.387	0,98
Nova América	2.342	0,96
Nova Glória	8.633	3,56
Pilar de Goiás	2.703	1,11
Rialma	10.899	4,49
Rianópolis	4.747	1,96
Rubiataba	19.661	8,10
Santa Izabel	3.814	1,57
Sta. Rita do Novo Destino	3.301	1,36
São Luiz do Norte	4.884	2,01
São Patrício	2.054	0,85
Uruana	14.184	5,85

Fonte: www.seplan.go.gov.br

O relatório do último censo realizado em 2010 indica que a população rural do município de Goianésia somou 3.889 habitantes enquanto a população da área urbana somou 55.660, ou seja, 93,47% da população do município estão da área urbana.

2.3 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E DEMOGRÁFICOS

Goianésia é um município referência na produção agrícola, principalmente no cultivo da cana-de-açúcar. Outros cultivos na agricultura também predominam e contribuem para o desenvolvimento socioeconômico do município, como a seringueira, soja, milho e tomate.

As produções apresentadas na Tabela 2 impulsionam a demanda para uma industrialização efetiva no município, onde, com destaque, são instaladas: 3 (três) usinas de açúcar e álcool, 2 (dois) frigoríficos e 1 (uma) indústria de alimentos derivados do tomate. Em conjunto, as produções de campo e das indústrias locais colocam o município com índice de emprego acima da média do país.

Tabela 2 - Principais produções agrícolas cultivadas no município - 2012

Cultivo	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)
Cana-de-açúcar	19.300	1.582.600
Soja	1.800	5.400
Milho	2.000	9.000
Seringueira	800	2.800 (borracha)
Tomate	400	36.000

Fonte: http://www.seplan.go.gov.br/sepin/perfilweb/Estatistica_bde.asp.

A agropecuária também é destaque no local. Em 2012 o município apontava para um efetivo de 122.150 bovinos (SEGPLAN, 2012).

A Figura 2 apresenta as principais indústrias instaladas no município de Goianésia.

Figura 2 - Principais indústrias no município de Goianésia



(a) Usina Jalles Machado - Goianésia



(b) Usina Codora - Goianésia



(c) ©Usina Goianésia S/A - Goianésia



(d) Goiás Alimentos S/A (Goialli) - Goianésia

Fonte: (a) <http://www.jallesmachado.com.br/portugues/fale.php>,

(b) <http://www.panoramio.com/photo/63255842>,

(c) <http://www.cbserveconsultoria.com.br/galeria.htm>,

(d) <http://www.goialli.com.br/site/empresa.php>.

Nos últimos 12 meses, o nível de emprego no estado de Goiás cresceu 6,56% enquanto o Brasil cresceu 4,64%. Os municípios que mais geraram empregos no estado de Goiás foram Goianésia, Formoso e Morrinhos, economicamente vinculados ao agronegócio (SRTE/GO, 2012).

Para fim de análise dos principais motivadores que geram expansão intra-urbana dos municípios, a quantidade de habitantes é levada em consideração, em conjunto com emprego e renda média.

Sendo assim, é possível analisar o crescimento do número de habitantes, do emprego e da renda nas cidades mais populosas da região (Tabela 3). Em 10 anos, Goianésia cresceu 21% em quantidade de habitantes, 214% em emprego e 180% em renda.

Tabela 3 - Comparação dos indicadores das principais cidades da microrregião de Ceres no período de 2001-2011

Cidades	Habitantes %	Emprego %	Renda %
Ceres	7,97	103	144,87
Goianésia	21,36	214	180,05
Itapaci	33,42	120	245,08
Itapuranga	0,98	121	211,87
Rubiataba	3,97	210	211,03

Fonte: www.seplan.go.gov.br.

2.4 ASPECTOS FÍSICOS

Segundo Ávila (2009), o município de Goianésia tem uma área de 1.547,274 quilômetros quadrados, possui a altitude média de 640 metros, com relevo caracterizado entre plano e ondulado. O clima da região é o tropical úmido, com invernos secos e verões chuvosos. A temperatura varia em torno dos 20° C a 25° C. É banhado pelo Rio dos Peixes, Rio dos Bois e Rio dos Patos. É um dos municípios que compõem a bacia do Rio Tocantins (SEPLAN, 2005).

A vegetação predominante na região é o cerrado, com gramínea, arbustos e árvores esparsas (AVILA, 2009).

2.5 A TECNOLOGIA ASSOCIADA À ANÁLISE URBANA

Desde 2004 a prefeitura conta com estrutura tecnológica por meio de SIG Urbano para o controle e gestão do CTM e para a gestão do planejamento urbano da cidade. Anteriormente este trabalho era realizado de forma rudimentar, tendo por base a coleta e armazenamento de dados de forma analógica por meio de planilhas e mapas.

2.5.1 SIG Corporativo de Goianésia

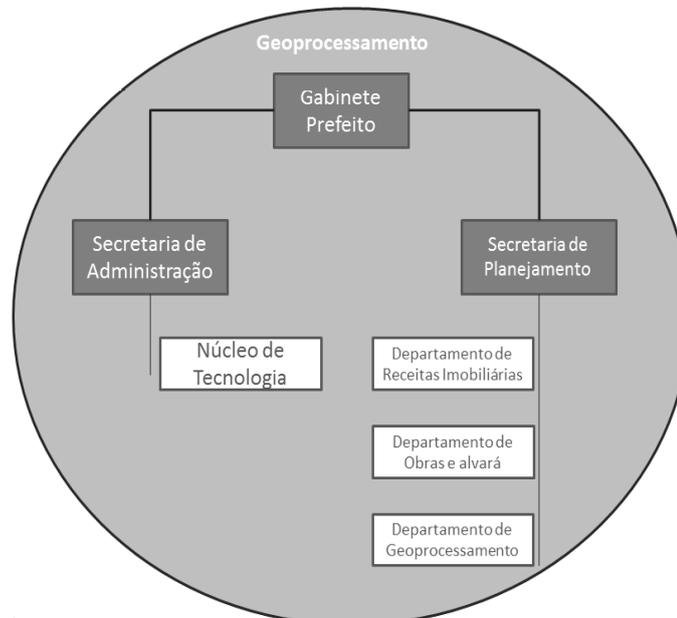
A administração pública de Goianésia teve a iniciativa de implantação de um SIG Urbano em 2003, com o financiamento do BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento) – PMAT (Programa de Modernização da Administração Tributária). A preocupação em organizar, qualificar a arrecadação e modernizar a administração pública foi o incentivo para a ação.

2.5.2 Estrutura organizacional da prefeitura para desenvolver o SIG

Conforme apresentado na Figura 3, a prefeitura conta com a seguinte estrutura para desenvolvimento e manutenção do SIG:

- Secretaria de Administração: capturar de recursos para desenvolvimento e manutenção do SIG;
- Secretaria de Planejamento: planejar, desenvolver e coordenar o desenvolvimento territorial do município;
- NTI – Núcleo de Tecnologia: fornecer a estrutura tecnológica e prestar suporte aos sistemas envolvidos (softwares e hardwares);
- Departamento de Receitas Imobiliárias: lançamento e fiscalização dos tributos imobiliários;
- Departamento de Obras e Alvará: promover e fiscalizar licenciamento de obras;
- NGeo – Núcleo de Geoprocessamento: envolve atividades de aquisição, tratamento e análise de dados geoespaciais e manutenção do CTM.

Figura 3 - Secretarias e departamentos envolvidos no SIG do município



Fonte: Prefeitura Municipal de Goianésia, Goiás.

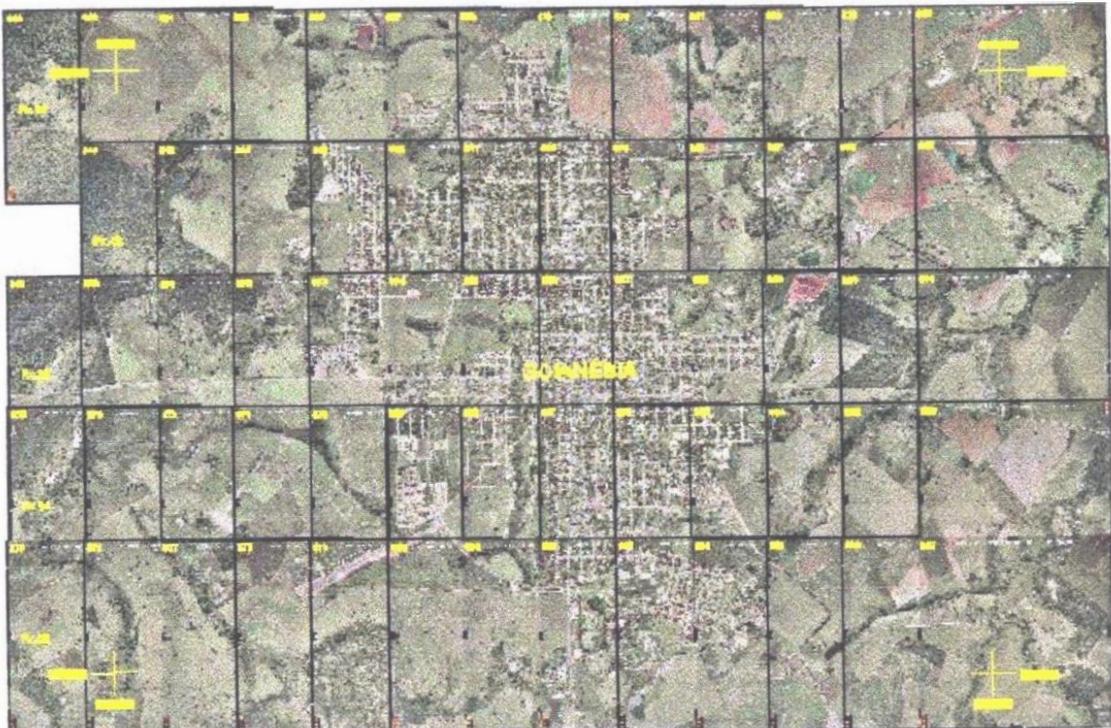
2.5.3 Serviços iniciais

Alguns serviços foram essenciais na constituição do SIG, tais como mapeamento urbano, aerolevanteamento das áreas urbanizadas e a base cartográfica digital.

A partir do levantamento aerofotogramétrico, o mapeamento urbano teve por objetivo dotar o município de uma base cartográfica precisa e única, servindo como apoio para o planejamento e representação das ações sobre o meio físico urbano, realizadas pela administração pública municipal e empresas concessionárias de serviços públicos.

O aerolevanteamento foi realizado em 2004 para obtenção de imagens digitais de alta resolução recobrimdo toda área urbanizada para a escala de voo 1:8000, no qual foram geradas 64 fotos em papel fotográfico, conforme mosaico apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Foto índice do aerolevanteamento - área urbana de Goianésia (2004)



Fonte: Relatório Funcate (2003).

No mesmo ano de 2003, em formato digital, foi gerada base cartográfica planimétrica, por meio de restituição sobre a ortofoto e base de dados da prefeitura. A empresa que executou o serviço foi a FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais, de São José dos Campos, São Paulo. Feições

foram organizadas em camadas independentes e compatíveis com a escala 1:2000, com base no sistema de coordenadas planas UTM, referenciado SAD-69:

- a) faces de quadras;
- b) eixo de logradouros;
- c) bairros;
- d) setores fiscais;
- e) hidrografias;
- f) rodovias e outros.

2.5.4 Dados de entrada do SIG

Como dados de entrada, o SIG conta com uma ortofoto e três imagens de satélites, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados de entrada que compõem o SIG do município

Produto	Ano de Aquisição	Escala
Ortofoto	2003	1:2000
Imagem Quickbird	2007	1:10000
Imagem GeoEye-1	2011	1:5000
Imagem GeoEye-1	2013	1:5000

Fonte: Adaptado Relatório Funcate.

Na Figura 5 é apresentado a ortofoto na escala de 1:2000 elaborado pela empresa FUNCATE. Foi o primeiro dado de entrada integrado ao SIG.

Figura 5 - Ortofoto do perímetro urbano de Goianésia - 2003 (escala 1:2000)

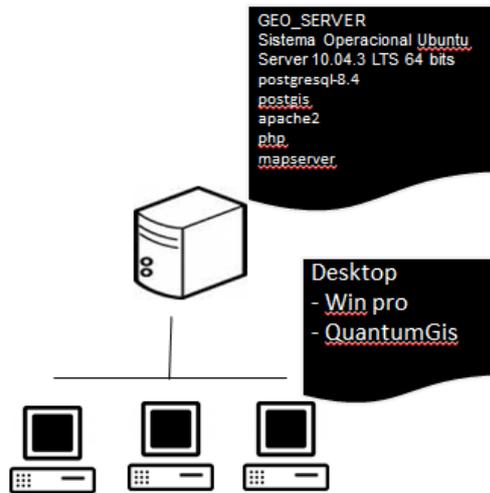


Fonte: Arquivos do Departamento de Geoprocessamento do município.

2.5.5 Arquitetura do SIG

Atualmente, a plataforma que compõe o SIG de Goianésia é baseada no *software* livre QuantumGIS, versão 1.8.0, e comporta acesso interno e externo (*web*). A composição do SIG se dá por meio de banco de dados, servidor de mapa e aplicação WEB. A estrutura do sistema é mostrada na Figura 6 e formada por:

Figura 6 - Estrutura do SIG



Fonte: Núcleo de Geoprocessamento. Município de Goianésia, Goiás.

a) Banco de dados:

- PostgreSQL: sistema de gerenciamento de banco de dados objeto-relacional (SGBDOR) desenvolvido pelo Departamento de Ciência da Computação da Universidade da Califórnia, em 1995, em Berkeley. (<http://www.postgresql.org.br/>);
- Postgis: é uma extensão da base de dados espaciais para banco de dados objeto-relacional PostgreSQL, de modo a permitir suporte para objetos geográficos (<http://postgis.net/>).

b) Servidor de mapa:

- MapServer: é uma plataforma *open source* para a publicação de dados espaciais na *web*. Originalmente desenvolvido em meados da década de 1990, na Universidade de Minnesota (<http://mapserver.org/>).

c) Aplicação *web*

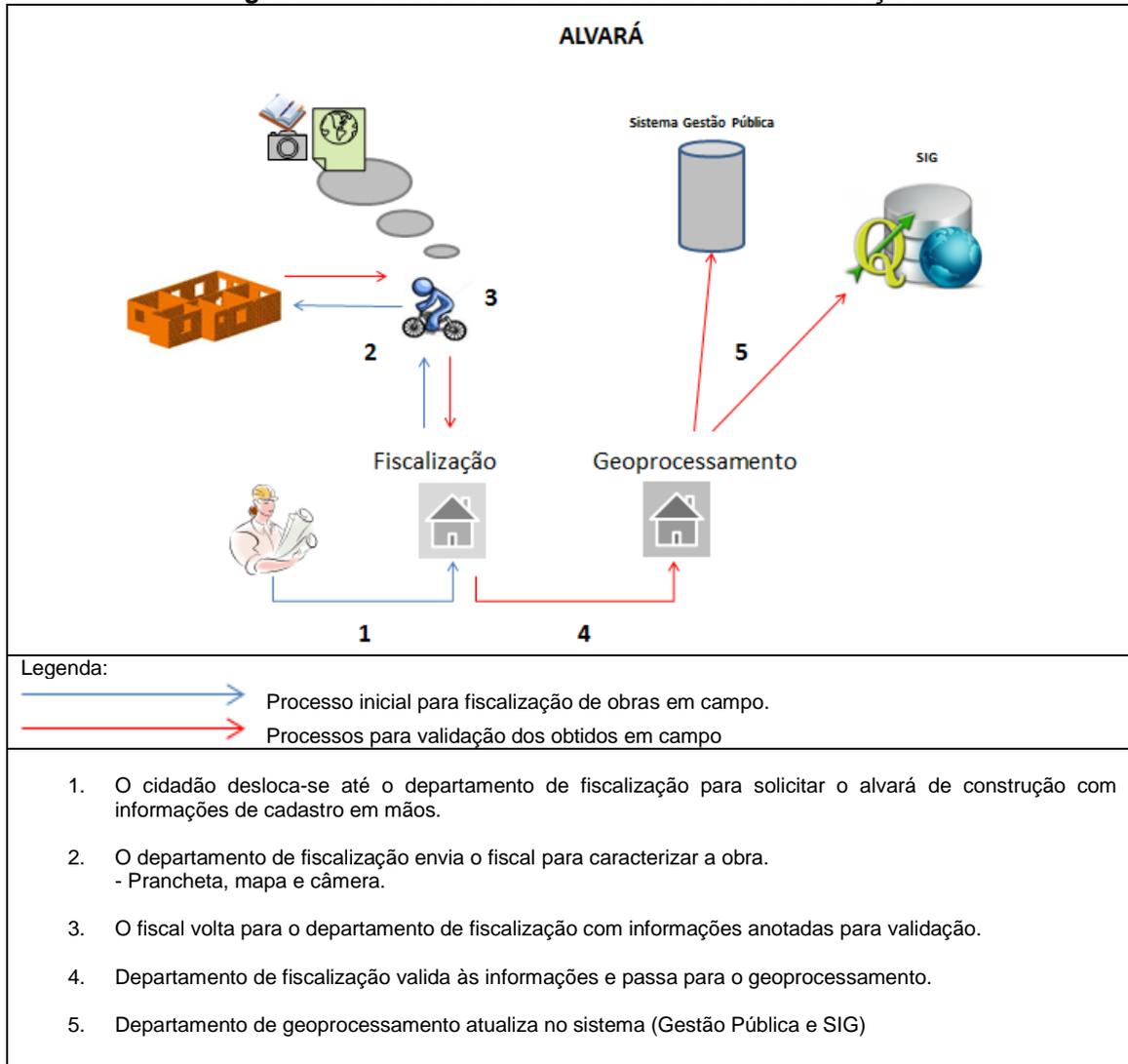
- Sistema proprietário: permite acesso às informações do SIG por meio da *Internet*. Desenvolvido na linguagem de programação *open source* chamada PHP (*Hypertext Preprocessor*).

d) QuantumGIS: Sistema de Informação Geográfica Livre e de Código Aberto que teve sua primeira versão em 2002 (www.qgis.org).

2.5.6 Funcionalidade e controle

Nas Figuras 7 e 8 são apresentados os processos de controle de alvará de construção, cadastro e atualização no SIG.

Figura 7 - Processo de controle de alvará de construção



Fonte: Entrevista com a coordenadora do departamento de obras e alvará (junho/2012). Adaptação do autor.

Para o funcionamento e controle de obras, o município baseia-se em um processo de fiscalização com visitas *in loco* realizadas por fiscais da prefeitura. O departamento de fiscalização e geoprocessamento fazem parte do processo.

Figura 8 - Processo de controle de cadastro e atualização cadastral no SIG



Fonte: Entrevista com a coordenadora de geoprocessamento (junho/2012). Adaptação do autor.

Para atualização dos dados cadastrais, o município baseia-se em um processo de fiscalização com visitas *in loco* realizadas por fiscais da prefeitura. Os departamentos que fazem partes do processo são: fiscalização, geoprocessamento e receitas imobiliárias.

2.5.7 Acesso e apresentação - SIG

O sistema pode ser acessado pelo seguinte endereço da *Internet*: <http://geo.goianesia.go.gov.br/geo_goianesia/index2.php>. São disponibilizados dois perfis para o acesso, público e interno, conforme Figura 9.

Figura 9 - Tela de entrada do sistema. Acesso ao SIG via *Internet*



Fonte: SIG Urbano do município. Endereço de acesso: http://geo.goianesia.go.gov.br/geo_goianesia/index2.php

O acesso público permite qualquer usuário da *Internet* fazer consulta ao sistema. Essas consultas possuem algumas restrições como, por exemplo, não selecionar nomes de contribuintes e não permitir alteração no sistema, conforme exemplo mostrado na Figura 10.

Além de consultas a quadras, lotes e logradouros, o SIG oferece consultas a mapas temáticos:

- censo 2010: estatística populacional por setor;
- educação: informações de endereço, localização, telefone, diretoria, séries e contato;
- equipamentos públicos: informações de estabelecimentos de poder público, tais como correios, terminal rodoviário e praças;
- saúde: informações sobre as unidades de atendimento de saúde, endereço, localização, telefone, responsáveis e contato.

Figura 10 - Consulta de logradouro e número via acesso público

The screenshot displays a web application interface for public access to street and number information. At the top, the header identifies the system as 'Geoprocessamento Corporativo Prefeitura Municipal de Goianésia'. A search bar on the right allows searching by 'Logradouro / Número', with 'Rua 31, 455' entered. The main area shows a map with a yellow highlighted lot (0230/0035 455) and a satellite image of the lot. Below the map, a search results table is displayed.

Resultado da(s) Pesquisa(s)		
Rua 31, 455(...)		
1 - 1 de 1 resultados para Rua 31, 455 (Logradouro / Número)		
Cd_logr	Logradouro	Bairro
789	RUA 31, 455	3718

Fonte: SIG Urbano do município.

O acesso restrito é permitido somente a usuários cadastrados, geralmente funcionários que fazem parte do processo de manutenção do SIG ou que necessitam de consultas complexas e sem restrição.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 BREVE HISTÓRICO DO CADASTRO

A preocupação dos governantes em demarcar e controlar o território vem de milhares de anos atrás. Os primeiros cadastros tiveram propósitos para arrecadação e organização de territórios.

Segundo Loch (2007), a utilização mais remota do cadastro de que se tem conhecimento é a sua aplicação fiscal, pelos caldeus, aproximadamente em 4.000 a.C.

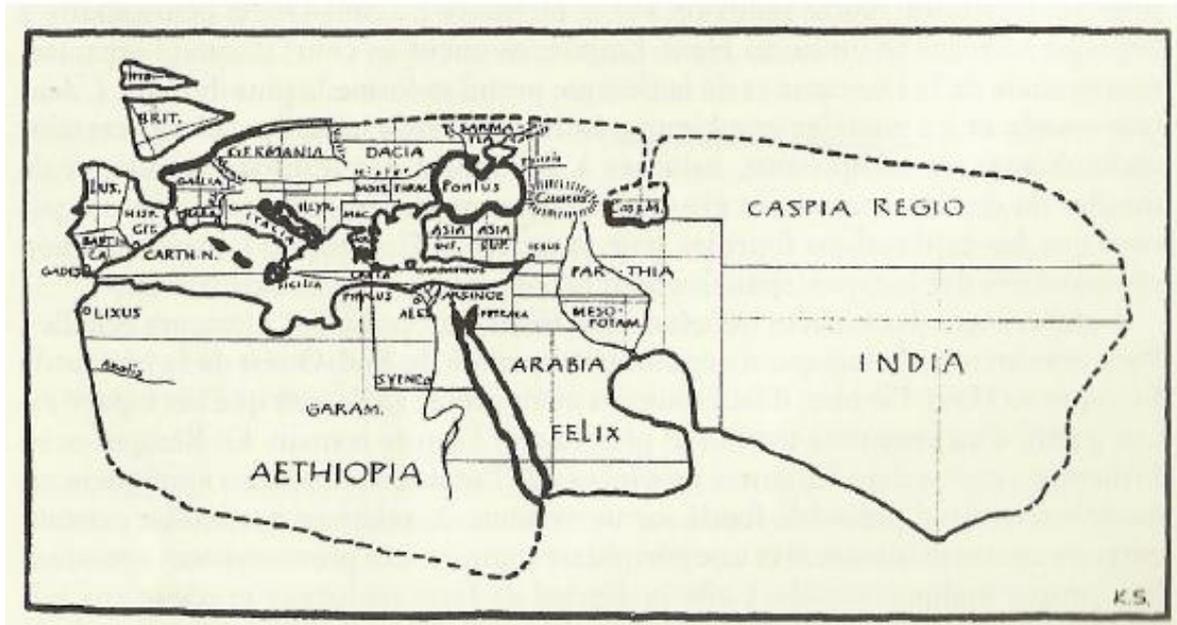
Parma (2003) explica que os caldeus prepararam as primeiras tabelas que descreviam geometricamente a estrutura predial para ter conhecimento das parcelas. Esse cadastro tinha finalidades tributárias e é o primeiro, de características fiscais, que se conhece.

Os egípcios são destaque histórico na construção do cadastro, que passou a ser utilizado também como controle de ocupação territorial. Segundo Loch (2007), em função das cheias periódicas do rio Nilo, os egípcios dispunham de um inventário descritivo das terras no qual figuravam ocupantes e confrontantes localizados em um sistema de coordenadas, como ocorre atualmente em sistemas cadastrais.

Na Europa, o Império Romano foi um exemplo de ordem territorial. Em Roma, na época de Sérvio Túlio, o censo e o cadastro eram atualizados a cada cinco anos. O imperador Augusto determinou a medição e a classificação das terras, visando a melhor tributação dos imóveis. Nessa mesma linha, o imperador Diocleciano, por volta de 287 d.C., determinou o mapeamento de todo o Império Romano visando uma nova sistemática de tributação (LOCH, 2007).

É importante ressaltar que o primeiro mapa mundial foi confeccionado no Império Romano, com o intuito de demarcar território e qualificar a questão da cobrança de impostos. Segundo Mendes (2007), era preciso ter conhecimento da esfera imperial de forma mais precisa e global, buscando praticidade e coerência, daí a criação de uma geografia política de todo o império, representada pela obra *Cosmographia* de Estrabão, que foi complementada com a elaboração do primeiro mapa global, conhecido por Agripa (Figura 11), entre os anos 2 e 10 d.C.

Figura 11 - Mapa de Agripa. Qualificação de cobrança de impostos



Fonte: Mendes (2007).

Outros países da Europa também ganharam destaque no cenário. A Inglaterra iniciou o cadastramento fundiário em 1080 a.C., sendo refeito em 1692 (LOCH, 2007) e a França, que, segundo Rosenfeldt e Loch (2012), teve o marco principal do cadastro em 1808.

Segundo Battaglia (1995), o sistema cadastral na Itália é essencialmente fiscal, formado por dois grandes cadastros: de terrenos e de construções urbanas. O autor complementa que o primeiro cadastro foi organizado a partir de uma lei de 1886 para substituir os diversos arquivos existentes antes da unificação do país.

3.1.1 O cadastro na Alemanha

Segundo Loch (2007), nos países desenvolvidos percebe-se que o cadastro técnico tem tradição de séculos, podendo-se citar o caso da Alemanha, que não teve maiores problemas em reconstruir a sua estrutura fundiária após a segunda guerra mundial, isto porque tinha um sistema cadastral muito bem definido, o que possibilitou devolver a cada proprietário exatamente o que lhe era de direito.

Logo, pode-se referenciar a Alemanha como modelo cadastral. Loch (2007) afirma que na Alemanha, Hannover é conhecida como a capital mundial do cadastro e o país está trabalhando para completar o mapeamento cadastral para a escala 1:500 de todo o território nacional.

3.1.2 O cadastro no Brasil

O cadastro no Brasil pode ser contextualizado levando-se em consideração dois tipos: o de terras e o urbano. Esses, porém, surgiram em épocas diferentes.

Para Brandão e Santos (2008), o cadastro no Brasil é tratado de forma distinta: se o imóvel encontra-se em área rural ou em área urbana.

No Brasil, o cadastro de terras teve seu marco em 1850, com a Lei nº 601:

Dispõe sobre as terras devolutas no Império, e acerca das que são possuídas por título de sesmaria sem preenchimento das condições legais, bem como por simples título de posse mansa e pacífica; e determina que, medidas e demarcadas as primeiras, sejam elas cedidas a título oneroso, assim para empresas particulares, como para o estabelecimento de colônias de nacionais e de estrangeiros, autorizado o Governo a promover a colonização estrangeira na forma que se declara [...] (BRASIL, 1850).

Segundo Loch (2007), com essa lei, conhecida como lei de terras, passou-se a discriminar as terras públicas e privadas, e teve início a preocupação com o registro público de terras. Já Brandão e Santos (2008) relatam que o cadastro de imóveis rurais no Brasil foi inicialmente estabelecido pelo Estatuto da Terra – Lei nº 4.504, de 30/11/1964: “Esta Lei regula os direitos e obrigações concernentes aos bens imóveis rurais, para os fins de execução da Reforma Agrária e promoção da Política Agrícola” (BRASIL, 1964).

Outro marco importante no contexto foi a criação do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), que em 1971 teve aprovada sua regulamentação geral no Brasil com o Decreto nº 68.153. De acordo com o órgão, sua missão prioritária é realizar a reforma agrária, manter o cadastro nacional de imóveis rurais e administrar as terras públicas da União. Está implantado em todo o território nacional por meio de 30 Superintendências Regionais.

Em 28 de agosto de 2001 foi criada a Lei nº 10.267, que vem a ser outro marco importante com relação ao cadastro territorial no Brasil. A partir dela, os imóveis rurais incluídos no Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) passaram a ter identificação única, tanto cadastral quanto registral, além de ter seus perímetros georreferenciados com precisão posicional definida (REIS; BRANDÃO, 2010).

Recentemente, o governo regulamentou, por meio do Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, art. 2º, o controle eletrônico das áreas ambientais de todos os estados. É mais um passo para o cadastro e o monitoramento eficientes no país.

II - Cadastro Ambiental Rural - CAR - registro eletrônico de abrangência nacional junto ao órgão ambiental competente, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente – SINIMA, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

O cadastro de imóveis em áreas urbanas no Brasil surgiu exclusivamente para controle tributário. De acordo com Brandão e Santos (2008), a Constituição Federal de 1946 definiu e assegurou aos municípios brasileiros a autonomia no que se refere à decretação e arrecadação de tributos de sua competência. Desde então, os municípios passaram a organizar-se para a cobrança de tributos. Mello (2000) também explica que a Constituição de 1946 fez com que os tributos municipais fossem ampliados, compreendendo os seguintes impostos: predial e territorial urbano; de indústrias e profissões; de licença; sobre atos de sua economia e assuntos de sua competência.

Mas não bastava somente aplicar a constituição, era preciso um padrão para um cadastro mais eficiente. Cada empresa e município adotava um meio de realizar o seu cadastro, ocasionando erros significativos nas plantas cadastrais. Foi quando, em 1998, surge uma norma de referência para o cadastro municipal. Segundo Silva, Krueger e Veiga (2002), a publicação da Norma Brasileira NBR 14.166/1998 veio padronizar a implantação e monumentação de redes de referência cadastrais municipais, bem como todos os procedimentos para a sua determinação. Esta norma orienta e fixa as diretrizes gerais para a implantação da Rede de Referência de Cadastro Municipal.

A migração da população rural para a área urbana de forma acelerada também fez com que os governantes se preocupassem ainda mais com o controle territorial urbano.

Rosenfeldt e Loch (2012) afirmam que a inversão do perfil habitacional nos anos 1970 foi confirmada pelos dados do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual mostra que 84% da população vivem em cidades.

3.2 O CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO

3.2.1 Cartografia cadastral

De acordo com Rosa (2004), cartografia é a ciência e a arte de expressar (representar), por meio de mapas e cartas, o conhecimento da superfície terrestre. É ciência porque, para alcançar a exatidão, depende basicamente da astronomia, geodesia e matemática. É arte porque está subordinada às leis da estética, simplicidade, clareza e harmonia.

Quanto ao termo cadastro, segundo Erba et al. (2005), não há consenso no mundo em relação a sua definição e funções. O conceito apresenta diferentes conotações oriundas da legislação de terras de cada nação.

Pelegrina e Valmorbida (2010) definem cartografia cadastral como um produto cartográfico no qual o objeto de estudo é a unidade parcelar, tendo como ênfase a representação absoluta dos pontos definidores de uma parcela.

Segundo Fernandes e Loch (2007), quando se pensa em cartografia cadastral, o produto a que se remete a primeira ideia é a carta cadastral.

Dentro de uma estrutura de cadastro territorial, seja informatizada ou não, pode-se considerar a carta cadastral a base para um sistema de consulta, podendo ser eficiente e confiável, dependendo da qualificação e representação dos dados ali contidos.

A carta cadastral deve conter descrição detalhada do território por meio da representação gráfica das parcelas, constituindo importante referencial para caracterização da posse e da propriedade. É um instrumento de base fundamental para o reconhecimento do território, para a definição das políticas de planejamento e gestão territorial municipal, dá suporte aos desenvolvimentos social, ambiental e econômico e é essencial para o reordenamento do espaço territorial (OLIVEIRA; ERBA, 2010).

Segundo Pelegrina e Valmorbida (2010), o principal objetivo da carta cadastral é delimitar, sistematizar e apresentar informações das propriedades territoriais em seus diversos aspectos, de forma a servir de base para os diferentes usuários.

No Brasil não havia norma ou padrão atualizado para levantamento quando se tratava de cadastro urbano. Em 27 de novembro de 2008, por meio do Decreto nº

6.666, foi criada a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), com a seguinte definição:

[...] conjunto integrado de tecnologias; políticas; mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessários para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal. (BRASIL, 2008).

O cadastro passou a ter uma diretriz na sua construção, homologada pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR). Este fato fortaleceu ainda mais com a Portaria nº 511, de 7 de dezembro de 2009, editada pelo Ministério das Cidades, que estabeleceu diretrizes para criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros. No artigo 8º da Portaria define-se carta cadastral como sendo a representação cartográfica do levantamento sistemático territorial do município.

Segundo Oliveira (2010), os elementos fundamentais que devem ser definidos na representação de uma carta cadastral são: sistemas de coordenadas, sistema de projeção cartográfica, referencial geodésico, escala gráfica e numérica, atributos da representação gráfica das parcelas e código unívoco identificador da parcela cadastral.

3.2.2 Cadastro Técnico Urbano

O cadastro urbano está ligado praticamente à administração e ao planejamento dos municípios, e é por meio dele que se pode proporcionar aos administradores uma leitura confiável do território urbano.

Segundo Moller e Pelegrina (2008), o cadastro inclui normalmente uma descrição geométrica das parcelas em conjunto com outros registros que descrevem a natureza dos interesses da parcela, direitos, restrições e responsabilidades, bem como as condições desta propriedade ou o controle destes interesses.

No Brasil, o cadastro urbano ainda tem como foco principal a tributação dos imóveis. Segundo Pelegrina e Valmorbidia (2010), pela falta de cadastro territorial multifinalitário nas áreas urbanas, o cadastro fiscal é entendido como um inventário dos limites físicos dos imóveis e das benfeitorias para apuração dos impostos sobre a propriedade urbana.

Para Moller e Pelegrina (2008), o cadastro técnico contém os valores venais, tanto das parcelas, como das edificações existentes sobre elas. Esse tipo de

cadastro pode ser estabelecido para finalidades fiscais (avaliação e tributação); para finalidades legais (transferências e certidões); para finalidades administrativas (planejamento e controle do uso da terra), bem como pode servir de base para desenvolvimento sustentável e proteção ambiental.

Outros objetivos do cadastro urbano são mostrados por Erba, Oliveira e Novais (2005):

- a) coletar e armazenar informações descritivas do espaço urbano;
- b) manter atualizado o sistema descritivo das características das cidades;
- c) implantar e manter atualizado o sistema cartográfico;
- d) fornecer dados físicos para o planejamento urbano, informações que estão sempre ligadas ao sistema cartográfico, respeitando o nível de detalhamento da escala da carta;
- e) fazer com que o sistema cartográfico e o descritivo gerem informações necessárias à execução de planos de desenvolvimento integrado da área urbana;
- f) tornar as transações imobiliárias mais confiáveis, através da definição precisa da propriedade imobiliária;
- g) colocar os resultados do cadastro urbano à disposição dos diversos órgãos públicos envolvidos com a terra, jamais se esquecendo do cidadão e contribuinte; e
- h) facilitar o acesso rápido e confiável aos dados gerados pelo cadastro a todos os usuários que precisam de informações.

3.2.3 Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM)

A pesquisa científica na área do cadastro técnico surgiu, no Brasil, basicamente na década de 1970, após iniciativas de parceria com o governo alemão, e foi implantada nas universidades federais do Paraná e de Pernambuco (LOCH, 2001).

Cunha e Erba (2010) explica que, a partir do século XX, a informação territorial do cadastro deixou de ser utilizada somente para fins fiscais e legais e passou a incluir vários outros interesses, sendo voltada ao objeto “parcela”. Surgia a necessidade de se obter informações sobre as parcelas e os ocupantes. Dessa forma, o cadastro territorial passou a ser contextualizado no novo cenário da

multifinalidade e assume o papel de base para um sistema geral para informações territoriais.

Para Erba et al. (2005), o CTM compreende desde as medições, que representam toda a parte cartográfica, até a avaliação socioeconômica da população; a legislação, que envolve verificar se as leis vigentes são coerentes com a realidade regional e local; e a parte econômica, em que se deve considerar a forma mais racional de ocupação do espaço, desde a ocupação do solo de áreas rurais até o zoneamento urbano.

Considerando que o CTM tem como exigência as medições até o nível da parcela, os produtos gerados pela instituição atendem a todas as empresas de serviços e às prefeituras. No caso de levantamentos cadastrais detalhados, é a prefeitura a instituição que mais se beneficia com os produtos cartográficos e dados gerados, os quais são utilizados nas Secretarias de Planejamento, Obras, Transportes, Meio Ambiente, Segurança Pública, Saneamento, Educação, dentre outros, dependendo da estrutura administrativa do município. Porém, outras instituições, como a polícia, os bombeiros, a defesa civil, os correios, as empresas de serviços de água, luz e telefone também têm interesse nos dados territoriais (ERBA et al., 2005).

3.2.4 Controle de qualidade e padronização

A fase de controle de qualidade corresponde à etapa de validação da consistência dos dados. A referência espacial do cadastro deverá garantir a qualidade geométrica de todos os levantamentos a serem realizados no futuro, seja por ocasião de novos projetos de parcelamento do solo ou da implementação de rotinas de atualização cadastral (UNESC, 2012).

O mesmo autor afirma que o sistema descritivo do cadastro, a ser utilizado para a confecção de relatórios e envio de dados para a tributação territorial, não pode conter dados inconsistentes, duplicados, com erros de notação gráfica ou ausência de informações. O sistema cartográfico do cadastro deve permitir com clareza a leitura dos elementos gráficos, suas toponímias relativas às medições das parcelas e benfeitorias, complementaridade e exatidão do código identificador e endereço da propriedade, livre de inconsistências geométricas quanto à duplicação ou ausência de elementos, padronização de símbolos e escalas, fechamento analítico de áreas, aspectos visuais e precisão cartográfica.

3.3 SIG NO CONTEXTO CADASTRAL

Os fundamentos do SIG e o desafio da atualização cadastral no SIG serão abordados neste capítulo.

3.3.1 Fundamentos do SIG

A gestão municipal trabalha com uma gama considerável de dados e informações, sejam eles gráficos ou alfanuméricos. Neste cenário, novos dados e/ou informações ainda podem estar disponíveis na forma de tabelas, mapas temáticos, vídeos, figuras, entre outros, os quais são produzidos a cada instante (RIBEIRO; CÂMARA, 2001).

Segundo Ribeiro e Câmara (2001), o termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também por meio de sua localização espacial; oferecendo ao administrador (urbanista, planejador ou engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados em um SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados em uma projeção cartográfica.

Para Ribeiro e Câmara (2001), as principais características de um SIG são:

- inserir e integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; e
- oferecer mecanismos para combinar as várias informações por meio de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

A Figura 12 mostra os componentes principais que integram um SIG.

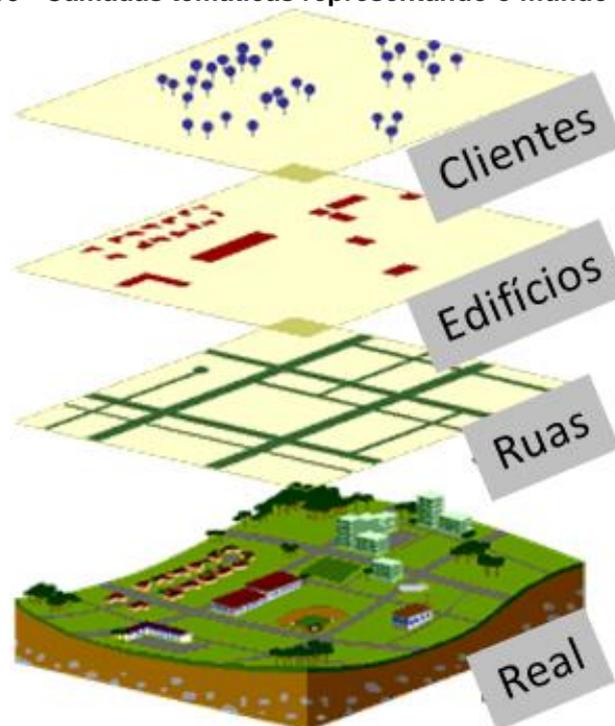
Figura 12 - Componentes do SIG



Fonte: http://www.rst2.edu/ties/gentools/comp_gis.html

Um SIG armazena informações do mundo real, representadas por um conjunto de camadas temáticas que podem ser ligadas entre si, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Camadas temáticas representando o mundo real



Fonte: http://www.rst2.edu/ties/gentools/comp_gis.html

3.3.2 O desafio da atualização cadastral no SIG

A transformação do território, tanto urbano, quanto rural, é dinâmica. Todos os dias ocorrem transações imobiliárias, construção de imóveis licenciados ou sem as devidas documentações legais, a demolição de edificações, a modificação do uso do solo ou do ramo de atividade, o nascimento e óbito de indivíduos, entre outros. Se todas estas informações fazem parte de um sistema cadastral, é indispensável a definição de rotinas de atualização do cadastro como forma de admitir que o processo seja contínuo e evitar a defasagem de informações e necessidade de consideráveis investimentos em um curto espaço de tempo (UNESC, 2012).

Para Loch e Erba (2007), em termos estratégicos, antes de começar um projeto de atualização é necessário que se tenha claro como atualizar e o que atualizar. Segundo os autores, há duas alternativas:

a) como atualizar:

- atualização continuada: é a manutenção cadastral; e
- atualização em período curto: normalmente realizada por empresa especializada contratada.

b) o que atualizar: depende da estrutura do cadastro da jurisdição em questão. Exemplo: cadastro imobiliário:

- atualização do cadastro jurídico: atualizar os dados correspondentes ao cadastro jurídico é fundamental para conhecer a situação da tenência da terra na jurisdição e identificar os proprietários para manter uma comunicação permanente com eles; e;
- atualização do cadastro físico: a desatualização do cadastro físico pode se dar pela falta de registro da subdivisão da terra (loteamentos clandestinos, favelas, entre outros), bem como pela não declaração das novas construções ou das ampliações.

A rotina de atualização da parcela no sistema também precisa ser integrada a um processo eficiente e confiável na prefeitura. Dados inconsistentes tendem a

crescer, caso a administração pública não se mobilize para um processo de monitoramento e atualização temporal da parcela no SIG.

Segundo Amorim e Saas (2013), é importante estabelecer a necessidade da coleta sistemática, da atualização, do processamento e da distribuição dos dados espaciais para o apoio à tomada de decisão administrativa, econômica e legal.

É necessário estabelecer estratégia de levantamentos massivos periódicos que permitam atualizar a cartografia municipal e as bases de dados de forma conjunta. Os mesmos autores explicam que levantamentos com aerofotografias ou imagem de alta resolução, bem como recenseamento efetuado em campo são práticas comuns nos cadastros e nas empresas de serviços, sendo interessante a coordenação dessas ações para a diminuição de custos e esforços e para o incremento da frequência dos levantamentos.

A coleta de dados exige perseverança e dedicação muito grandes por parte da equipe de atualização. Não é suficiente que se faça o levantamento de dados cadastrais do presente sem uma correlação com aqueles do passado, pois esta correlação é elemento básico para se estruturar qualquer modelo de planejamento (LOCH; ERBA, 2007).

3.4 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO CADASTRO URBANO

Os fundamentos do SR, sua aplicação para análise do espaço urbano, a classificação de imagens digitais, a classificação por segmentação e o sistema de interpretação de imagem baseado em conhecimento serão abordados neste capítulo.

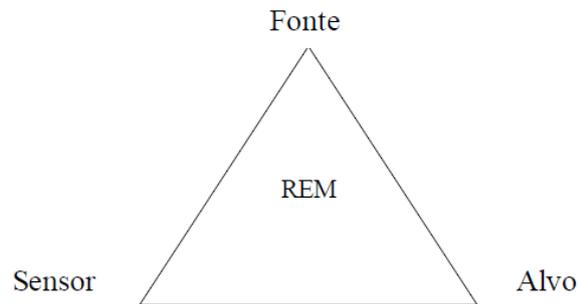
3.4.1 Fundamentos do SR – Sensoriamento Remoto

Novo e Ponzoni (2001) definem sensoriamento remoto como um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles.

Para Meneses (2012), o acelerado avanço com que o sensoriamento remoto desenvolveu-se em poucas décadas deve-se à revolução nos meios de se observar a Terra em uma escala global e periódica, e à rapidez da monitoração dos fenômenos dinâmicos e das mudanças das feições terrestres.

Os elementos fundamentais das técnicas de SR são expostos na Figura 14:

Figura 14 - Elementos fundamentais das técnicas do SR



Fonte: Novo e Ponzoni (2001).

- a) Radiação Eletromagnética (REM): no centro do triângulo deste esquema encontra-se a REM, que é o elemento de ligação entre todos os demais elementos que se encontram nos vértices;
- b) Fonte: são eles a fonte de REM, que para o caso da aplicação das técnicas de SR no estudo de recursos naturais, é o sol (pode ser também a Terra, para os sensores ativos de micro-ondas e termais, ou as antenas de micro-ondas, para os sistemas radares);
- c) Sensor: é o instrumento capaz de coletar e registrar a REM refletida e emitida pelo objeto; e
- d) Alvo: representa o elemento do qual se pretende extrair informação.

A partir desse esquema, compreende-se que o elemento fundamental das técnicas de sensoriamento remoto é a REM (NOVO; PONZONI, 2001).

Segundo Loch e Erba (2007), o sensoriamento remoto contempla os produtos e os sistemas fotogramétricos e imageadores que permitem gerar dados cartográficos. Com a evolução dos sistemas sensores imageadores, que já trabalham com imagem de alta resolução espacial e espectral, surge uma nova possibilidade para viabilizar projetos que necessitam de imagens com qualidade, periodicidade e com custo relativamente baixo (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Para Moreira (2003), as características dos sistemas sensores não fotográficos imageadores em geral são expressas por quatro domínios de resolução:

- a) resolução espectral: todo o princípio do sensoriamento remoto baseia-se na premissa de que os alvos da superfície terrestre diferem-se quanto ao comportamento espectral. Cada alvo reflete a energia de forma diferente do

outro. Se um sistema sensor possui detectores operando em mais de uma faixa espectral, ele é denominado multiespectral;

- b) resolução espacial ou geométrica: refere-se à resolução do sensor, relativo à área vista por um dado sensor sobre a superfície da Terra dentro de um ângulo sólido, em dado instante de tempo. Trata-se da menor unidade de imageamento, denominado pixel;
- c) resolução temporal: resolução em função das características da plataforma na qual o sensor está instalado. No caso de sistemas de sensores orbitais, a resolução temporal indica o intervalo de tempo que o satélite leva para voltar a recobrir a área de interesse. Isso depende da largura da faixa imageada no solo; e
- d) resolução radiométrica: a radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos da superfície terrestre. Possuem valor de intensidade que difere de um alvo para outro ou mesmo dentro de um determinado alvo.

Para Meneses e Almeida (2012), a resolução espacial é um importante parâmetro do sensor, porque ela determina o tamanho do menor objeto que pode ser identificado em uma imagem. Por definição, um objeto somente pode ser detectado quando seu tamanho é, no mínimo, igual ou maior ao tamanho do elemento de resolução no terreno, ou seja, da resolução espacial. Por exemplo, se uma casa tem 20 m x 20 m de tamanho, a resolução espacial da imagem deveria ser, no mínimo, de 20 m para que essa casa pudesse ser identificada na imagem.

Entretanto, a experiência mostra que, de fato, para um objeto ser resolvido na imagem, a resolução espacial nominal deveria ser, pelo menos, a metade do tamanho do objeto medido na sua menor dimensão. Mesmo assim, o objeto ainda tem que apresentar um bom contraste de reflectância com os alvos que lhe são vizinhos, vistos na dimensão do pixel (ALMEIDA; MENESES, 2012).

A resolução espacial é dependente do tamanho do pixel. À medida que o tamanho do pixel aumenta, a imagem resultante apresenta-se menos definida, logo, quanto maior o tamanho do pixel, menor a resolução espacial do sensor (NOVO; PONZONI, 2001).

3.4.2 Aplicação do SR para análise do espaço urbano

Diversos estudos têm indicado que o acelerado processo de crescimento das cidades é um fenômeno constante na realidade hodierna, criando situações específicas que devem ser avaliadas por meio de monitoração permanente dos cenários em constante alteração. Neste particular, as técnicas de sensoriamento remoto são ferramentas que desempenham importante papel no processo de planejamento e reestruturação do ambiente urbano, pois as imagens permitem identificar as características dos objetos e correlacioná-los às origens dos agentes modificadores do espaço. Além disso, permitem verificar a extensão e a intensidade das alterações provocadas pelas ações antrópicas (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Para Bias et al. (2012), as necessidades voltadas para os estudos do planejamento urbano, nos dias atuais, visam obter respostas cada vez mais rápidas, objetivando ações nos processos ligados à gestão municipal. Essas necessidades encontram-se vinculadas ao retorno político, que requer análise acurada dos cenários e, sobretudo, a possibilidade de prospecções futuras.

O sensoriamento remoto urbano pode fornecer aos urbanistas e planejadores dados cruciais necessários para a análise urbana, tais como: extensão espacial e localização das áreas urbanas; distribuição espacial dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo; redes de transporte e infraestrutura relacionada; estatísticas associadas a censos; capacidade para acompanhar temporalmente as mudanças no uso e cobertura do solo, entre outros (RIBEIRO; KUX, 2009).

A partir do lançamento dos satélites da série Landsat, os estudos urbanos contaram com uma nova ferramenta para obtenção de dados que proporciona repetitividade, visão sinótica e cobertura de extensas áreas (ALVES et al., 2009).

Segundo Bias et al. (2012), na década de 1970, devido à baixa resolução espacial das imagens, da ordem de 80 metros, não havia condições de se identificar e analisar as feições intra-urbanas, o que acarretava a necessidade de demorados trabalhos de campo e o envolvimento de grande equipe de profissionais.

Os autores explicam que estudos realizados (OLIVEIRA et al., 1984 apud BIAS et al., 2012) mostraram que, para a dinâmica urbana do Distrito Federal, com a utilização de imagens MSS do Landsat somente era possível de se mapear nas áreas urbanas, aquelas áreas abertas para novas construções, adensamento residencial, invasões (favelas), movimentos de terra (terraplenagem) e solo exposto.

Ribeiro e Kux (2009) explicam que o avanço das tecnologias de sensoriamento remoto e a maior disponibilidade de sistemas sensores expandiram o leque de opções de uso de produtos orbitais, devido, principalmente, à significativa melhoria nas resoluções.

Segundo Bias et al. (2012), as imagens de sensoriamento remoto tornaram-se mais atrativas a partir da década de 1980, com o advento da segunda geração de satélites da série Landsat, portanto um sensor de melhor resolução espacial (30 metros) e com o surgimento, em 1986, do satélite francês SPOT, com um módulo capaz de registrar imagens multiespectrais de resolução espacial de 20 metros e imagem pancromática de 10 metros. Atualmente, existem várias opções de satélites com alta resolução espacial, conforme mostrado na Tabela 5.

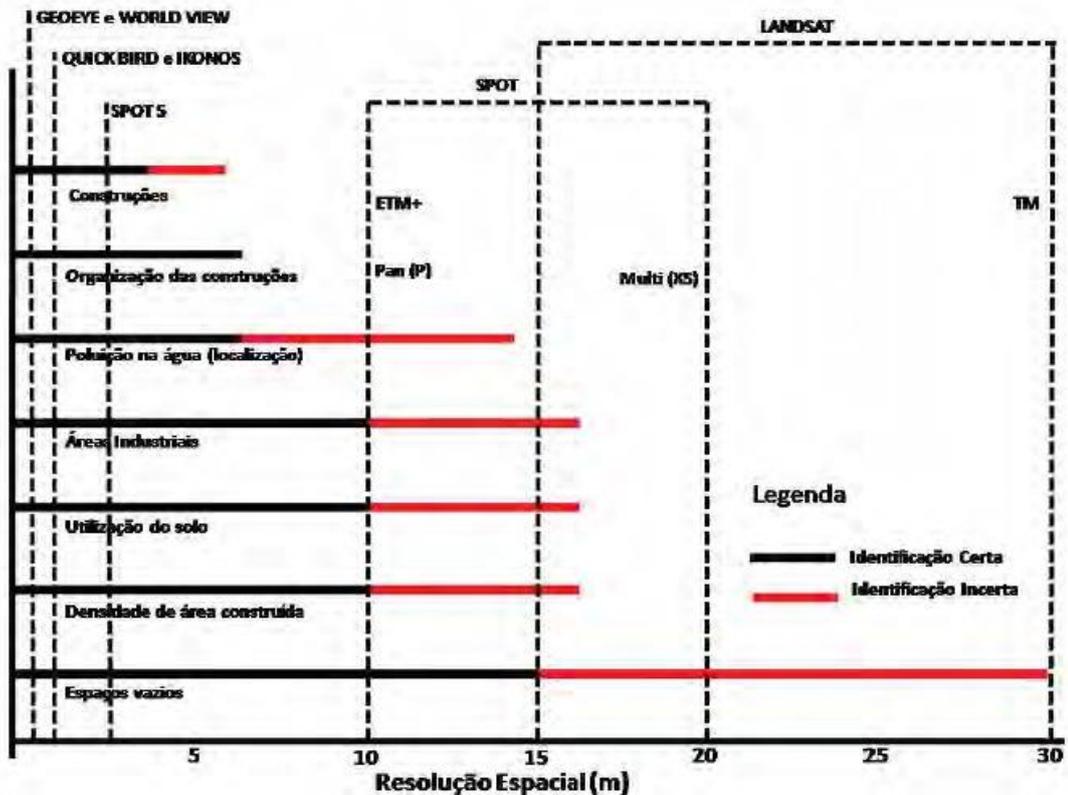
Tabela 5 - Principais satélites com sensores de alta resolução espacial

SATÉLITES DE SENSORIAMENTO REMOTO DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL			
IKONOS-2	USA	1999	1 m
QUICKBIRD	USA	2001	60 cm
ALOS	JAPÃO	2006	2,4 m
CARTOSAT-2	ÍNDIA	2007	2,5 m
FORMOSAT-2	TAIWAN	2006	2,5 m
GEOEYE-1	USA	2008	41 cm
KOMPASAT-2	KOREA	2006	1 m
WORLDVIEW-2	USA	2009	50 cm
ORBVVIEW-3	USA	2003	1 m

Fonte: Bias, Brites e Rosa (2012).

Uma interessante avaliação da resolução espacial na discretização de objetos do meio urbano com diferentes sensores foi realizada por Robin (1995 apud FREITAS, 1997), conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Relação da resolução espacial de diversos sensores com os equipamentos urbanos

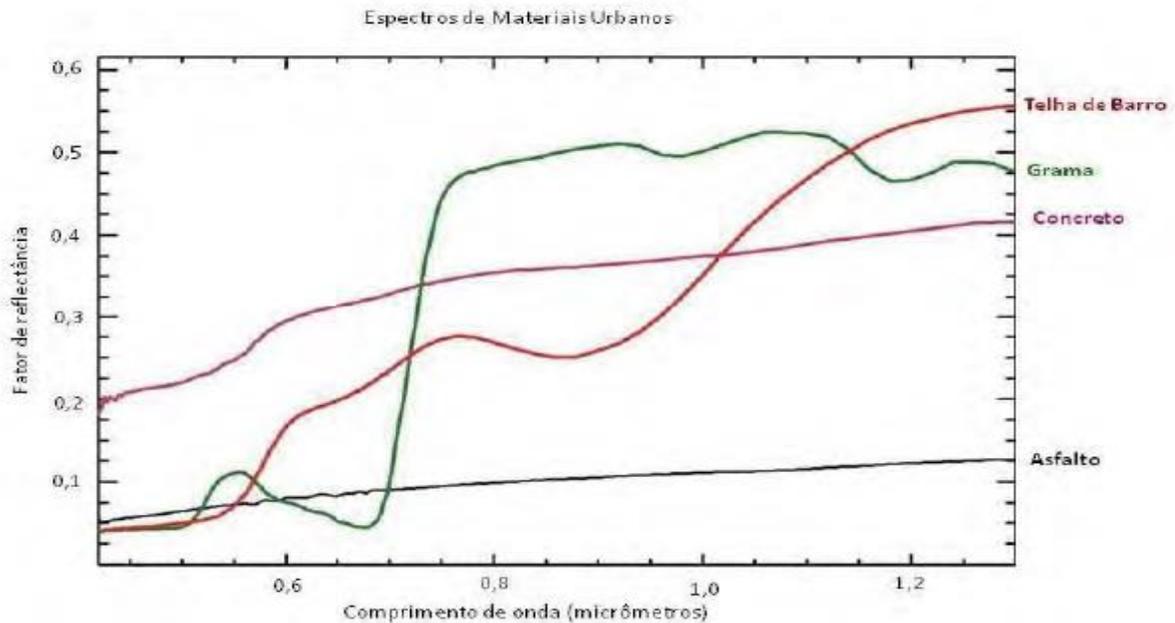


Fonte: Bias, Brites e Rosa (2012).

Observe que é necessária uma resolução de no mínimo 2 a 3 metros para a identificação dos menores equipamentos urbanos, que são as construções residenciais. Por outro lado, conforme observou Freitas (1997), a resolução espectral das imagens é outro parâmetro importante na detecção e identificação dos objetos urbanos. O referido autor chamou a atenção para a diversidade da composição e do espaço intra-urbano, onde os alvos apresentam grande diversidade, como edifícios, *shopping center*, loteamentos, praças, estacionamentos, gramados, asfalto etc., cada um com uma assinatura espectral diferenciada (BIAS et al., 2012).

Os exemplos de reflectâncias na faixa espectral de 0,4 μm a 1,0 μm , de materiais normalmente encontrados em áreas urbanas, são apresentados na Figura 16 e mostram que o uso de bandas espectrais na faixa da luz do visível, combinadas com banda do infravermelho próximo, aumenta o poder da detecção e identificação desses objetos (BIAS et al., 2012).

Figura 16 - Curvas espectrais de reflectância de algumas feições urbanas



Fonte: Bias, Brites e Rosa (2012).

3.4.3 Sistemas de classificação de imagens digitais para mapeamento do uso de ocupação do solo

Durante a classificação de dados digitais, alvos do universo real recebem a denominação genérica de classes ou classes temáticas. Em outras palavras, na classificação procura-se rotular cada pixel da imagem segundo a ocupação do solo, semelhando o que se faz na abordagem visual. Para tal, utilizam-se programas apropriados, também denominados algoritmos de classificação ou simplesmente classificadores. A categorização (rotulação) dos valores do nível de cinza é feita utilizando algoritmos estatísticos por meio de programas computacionais de reconhecimento de padrões espectrais. Dependendo do algoritmo utilizado neste procedimento a classificação é dita supervisionada ou não supervisionada (MOREIRA, 2003).

Segundo Meneses e Almeida (2012), a classificação supervisionada requer conhecimentos prévios das classes de alvos, a fim de classificar a imagem nas classes de interesse pré-fixadas pelo analista. O algoritmo necessita ser treinado para poder distinguir as classes uma das outras. O treinamento supervisionado é controlado de perto pelo analista. Nesse processo, o analista escolhe pequenas áreas de amostras na imagem, contendo poucas centenas de pixels que sejam bem representativos, espectralmente, de padrões ou feições dos alvos por ele

reconhecidos, ou que possam ser identificados com a ajuda de outras fontes, tais como dados coletados no campo ou mapas.

Há vários métodos de classificação supervisionada: paralelepípedo, distância mínima, distância de Mahalanobis e máxima verossimilhança (MENESES; ALMEIDA, 2012). Segundo Perumal e Bhaskaran (2010), paralelepípedo é um classificador considerado simples. Duas bandas de imagem são utilizadas para determinar a área de formação dos pixels baseadas nos valores máximos e mínimos dos pixels. Apesar de o paralelepípedo ser um dos métodos mais precisos de classificação, não é o mais utilizado. Ele deixa muitos pixels não classificados e também pode haver sobreposição de pixel no treinamento. Os valores do pixel candidato são comparados aos limites superiores e inferiores. Para os autores é com base na regra de distância mínima de decisão que se calcula a distância espectral entre o vetor de medida para o pixel candidato e a média para cada assinatura de classe. De acordo com Meneses e Almeida (2012), cada pixel será incorporado a um agrupamento por meio da análise da medida de similaridade de distância euclidiana. A classificação da distância de Mahalanobis é semelhante à classificação da mínima distância, exceto pelo fato de que uma matriz de covariância é usada (PERUMAL; BHASKARAN, 2010). Segundo Meneses e Almeida (2012), o classificador por máxima verossimilhança (MaxVer) considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos.

Para Moreira (2003), o uso de classificadores não supervisionados é indicado quando o analista não possui conhecimento, *a priori*, da área de estudo. Neste sentido, o intuito é eliminar a subjetividade no processo de obtenção das amostras de áreas para criar o pacote de treinamento, como indicado no processo supervisionado.

Dentre os algoritmos de classificação não supervisionada, tem-se o classificador K-Médias, em que o analista fornece ao sistema três parâmetros: a) número de classes espectrais prováveis dentro da área de estudo; b) a distância mínima desejada entre os valores dos níveis digitais de duas classes; e c) o número de iterações realizadas. A partir desses parâmetros, o sistema realiza o agrupamento dos pixels homogêneos em n classes espectrais. Outro classificador não supervisionado é o ISOSEG, que não requer parâmetro inicial para começar o agrupamento dos pixels em regiões homogêneas. A princípio, ele aceita todos os

pixels da cena como pertencentes a uma única classe. Posteriormente começa a dividir a cena em diferentes classes, segundo as diferenças espectrais observadas nos pixels (MOREIRA, 2003).

Moreira (2003) explica que tanto a classificação supervisionada quanto a não supervisionada possuem regras de decisão para que o classificador associe determinado pixel à determinada classe ou regiões de similaridade de nível de cinza. Tais regiões são baseadas nas características espectrais do pixel ou do pixel e seus vizinhos. Quando a regra de decisão toma como base as características somente do pixel, a classificação é dita pixel a pixel. Caso contrário, é dita por região.

A classificação por região utiliza, como critério de decisão, a informação espectral de cada pixel da imagem e a informação espacial que envolve a relação entre o pixel e seus vizinhos. Estes classificadores procuram simular o comportamento de um fotointérprete ao reconhecer áreas homogêneas nos dados orbitais, baseado nas propriedades espectrais e espaciais dessas áreas na imagem. A informação de borda é utilizada inicialmente para separar regiões; e as propriedades espaciais e espectrais agrupam áreas com a mesma textura. A classificação por regiões é dividida em fases, quais sejam: segmentação, extração de regiões, classificação e mapeamento (MOREIRA, 2003). Meneses e Almeida (2012) citam alguns dos principais algoritmos por regiões: Iseseg, Bhattacharyya e ClaTex. O Iseseg é um algoritmo de agrupamento de dados (não supervisionado) aplicado sobre conjuntos de regiões que foram caracterizadas por seus atributos estatísticos (média e matriz de covariância). Trata-se de uma técnica de classificação que procura agrupar regiões a partir de uma medida de similaridade entre elas. O classificador Bhattacharyya, diferentemente do que ocorre no Iseseg, não realiza a classificação de forma automática, exigindo uma etapa de treinamento com as regras da classificação supervisionada. As amostras são as regiões formadas nas segmentações de imagens. O classificador Clatex é um algoritmo supervisionado que utiliza atributos texturais das regiões de uma imagem segmentada para efetuar a classificação.

Contudo, procedimentos convencionais de classificação digital encontram dificuldades no reconhecimento automático de padrões. Nesse contexto, desponta como promissora a Análise de Imagem Baseada em Objeto, do inglês *Object-Based Image Analysis* (OBIA) (VIEIRA et al., 2011).

Segundo Pinho, Feitosa e Kux (2005), destaca-se a análise orientada a objetos, que permite a inserção do conhecimento do analista e a utilização de parâmetros de cor, forma, textura e relações de vizinhança na classificação de imagens.

Para Kux et al. (2011), a classificação de imagens baseada em objeto e em conhecimento é, no momento, o enfoque mais vantajoso para a análise de imagens de alta resolução espacial para aplicações em planejamento urbano.

3.4.4 Classificação por segmentação

Para Meneses e Almeida (2011), a segmentação de imagens consiste em um processo de agrupamento de pixels que possuem características semelhantes. Moreira (2003) diz que este é um procedimento adotado antes da fase de classificação, que tenta solucionar a questão da subjetividade da aquisição do pacote de treinamento. Com esse procedimento, a imagem é dividida em regiões espectralmente homogêneas, em que algumas dessas áreas são utilizadas como treinamento do classificador. A expectativa de resultado da segmentação é extrair automaticamente todos os objetos de interesse em uma imagem, relativa à determinada tarefa (BAATZ; SCHÄPE, 2001).

Segundo Meneses e Almeida (2012), a maioria dos atuais aplicativos de processamento de imagens comercializados, trazem variados algoritmos de segmentação. Como regra geral desses algoritmos, fica a cargo do usuário definir o limiar de similaridade e o tamanho mínimo para os polígonos que serão gerados. Esse processo, inevitavelmente, acaba levando a procedimentos de tentativa e erro até que se consiga uma configuração apropriada dos segmentos gerados. Essa tarefa torna-se mais complexa na medida em que mais heterogênea é a área de estudo. A segmentação de áreas urbanas, onde normalmente pretende-se obter categorias diferentes no processo de classificação, é um exemplo da variedade de possibilidades que se tem para a geração de polígonos dependendo, naturalmente, dos limiares de similaridade estabelecidos.

O limiar de similaridade é o valor mínimo abaixo do qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma única região, enquanto o limiar de área define o número mínimo de pixels necessários para que uma área seja individualizada (MOREIRA, 2003).

Para Meneses e Almeida (2012), dentre os algoritmos disponibilizados pelos classificadores, o mais utilizado é o de crescimento de regiões. Inicialmente, ele considera um pixel, dito “semente”, como sendo uma região. Na sequência, ele inicia as comparações com outras regiões adjacentes, levando em consideração o limiar de similaridade fixado pelo analista, executando um teste de médias em que o limiar define a distância entre elas. No caso de a distância ser inferior ao limiar, as regiões são unidas; caso contrário, continuam separadas. É importante notar que sempre que regiões são unidas, os parâmetros estatísticos são recalculados e novas comparações são feitas com as regiões adjacentes.

A técnica de segmentação multirresolução é considerada similar à utilizada pelo processo de segmentação por crescimento de região (ANTUNES, 2003 apud LUZ et al., 2009). Segundo Luz et al. (2009), ambas as técnicas realizam um teste de hipótese estatístico que verifica a média entre as regiões para realizar o agrupamento, considerando os critérios de similaridade, diferenciando-se pelo fato de que a segmentação multirresolução considera os parâmetros de forma.

Durante o processo, a metodologia adotada pela segmentação multirresolução particiona a imagem em regiões homogêneas, podendo ser influenciada por parâmetros de escala, tonalidade e forma, em que (WHITESIDE; AHMAD, 2005 apud LUZ et al, 2009) explicam:

- a) o parâmetro de escala influencia a heterogeneidade dos pixels, definindo o tamanho dos objetos;
- b) a tonalidade equilibra a homogeneidade das cores dos segmentos com a homogeneidade da figura; e
- c) o parâmetro de forma promove o equilíbrio entre a suavidade da borda de um segmento e a compacidade, estabilizando os critérios de homogeneidade dos objetos primários.

3.4.5 Sistema de interpretação de imagem baseado em conhecimento

Explicam Pinho et al. (2009) que a inserção do conhecimento do intérprete no processo de classificação automática consiste em uma alternativa promissora para a distinção de alvos urbanos. Os sistemas de interpretação automática que permitem a inserção do conhecimento são conhecidos como sistemas baseados em conhecimento.

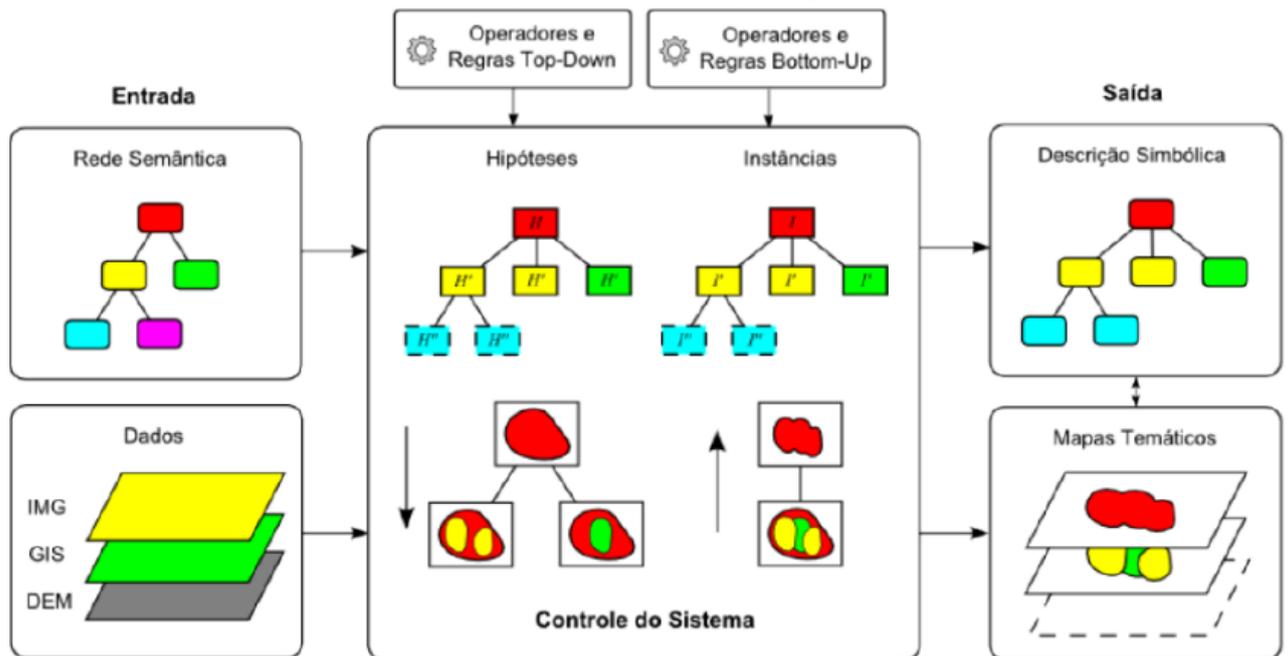
Para Pahl (2003), denominam-se de “sistemas baseados em conhecimento” aqueles que armazenam o conhecimento específico da aplicação de modo explícito e separado da estratégia geral de solução de problemas.

O funcionamento destes sistemas baseia-se na introdução do conhecimento do analista a respeito da cena, ou seja, é uma formalização da “visão” de determinado indivíduo sobre uma cena específica. Assim, o resultado da classificação é reflexo do conhecimento (informações coletadas a priori sobre a área a ser classificada) e da capacidade de compreensão do analista (fortemente influenciada por sua formação profissional e experiência) a respeito de determinada cena (PINHO et al., 2009).

No Brasil, um sistema que vem ganhando destaque em análise do ambiente urbano em sensoriamento remoto é o *software* InterIMAGE.

Este *software* possui código aberto, que faz parte de um projeto de cooperação científica internacional liderado pelo Laboratório de Visão Computacional do Departamento de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e pelas divisões de Processamento de Imagens e de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O InterIMAGE baseia-se no aplicativo GeoAIDA, desenvolvido pelo Instituto de Tecnologia de Informação da Universidade de Hannover, na Alemanha, e herdou deste sistema sua característica funcional básica, além de estruturas de conhecimento e mecanismos de controle. Uma nova interface gráfica bem como a funcionalidade de representação de conhecimento e operadores de processamento de imagem foram posteriormente adicionadas ao sistema. Na Figura 17 observam-se os componentes do processo de interpretação do InterIMAGE.

Figura 17 - Componentes no processo de interpretação do InterIMAGE



Fonte: <http://www.lvc.ele.puc-rio.br/projects/interimage/pt-br/documentacao/arquivos/InterImage%201.30%20-%20Manual%20do%20Usuário.pdf>

Os operadores *top-down* são responsáveis pela partição da cena em regiões, consideradas como hipóteses de objetos. Trata-se de uma classificação preliminar, que identifica segmentos com o potencial de pertencer a cada uma dessas classes. Os operadores *bottom-up* refinam as classificações produzidas na etapa *top-down*, confirmando-as ou rejeitando-as e resolvendo eventuais conflitos espaciais entre elas. No final do processo de interpretação, as hipóteses validadas tornam-se instâncias de objetos.

A saída do processo de interpretação é uma descrição simbólica da cena, consistindo principalmente de uma rede de instâncias de objetos e de imagens rotuladas que correspondem às regiões associadas às classes de objetos. A partir das imagens rotuladas, o sistema permite a criação de diferentes mapas temáticos representando os diferentes níveis de conceitos na rede semântica.

3.4.6 Exatidão temática

Para avaliar o desempenho de uma classificação de forma objetiva é necessário usar critérios quantitativos. Dentre os métodos de avaliação da qualidade de classificações, os mais utilizados são baseados na matriz de confusão ou matriz de erros (PASSO, 2013). Congalton (1991) explica que a matriz de confusão é formada por um quadrado de números dispostos em linhas e colunas que

expressam o número de unidades de amostras de uma categoria particular relativa – inferida por um classificador (ou regra de decisão) – comparada com a categoria verificada no campo. Na Figura 18 verifica-se um exemplo, em que as colunas da matriz representam os dados de referência e as linhas representam tipos de cobertura do solo atribuídos (mapeados). A maior diagonal (linha azul) da matriz indica concordância entre os dados de referência e os tipos de cobertura do solo interpretados (CONGALTON, 2005). O número referenciado com a linha vermelha é o total da quantidade de amostras.

Figura 18 - Exemplo de matriz de erro

		Referência			Total-linha
		V	A	U	
Classificação	V	43	10	6	59
	A	3	23	5	31
	U	2	1	30	33
Total-coluna		48	34	41	<u>123</u>

Categories
V = vegetação
A = água
U = urbano

Fonte: Congalton, 2005. Adaptação do autor.

Congalton (1991) sugere considerar os seguintes fatores para avaliar a exatidão temática: coleta de dados de campo, esquema de classificação, correlação espacial, tamanho da amostra e sistema de amostragem.

a) coletas de dados

A coleta dos dados de referência, ou seja, aqueles que representam a situação real de campo, é parte essencial de qualquer projeto de classificação e mapeamento envolvendo dados obtidos por meio de sensoriamento remoto. Esses dados são usados para verificar a exatidão da classificação, para descobrir a confusão entre classes e como entrada no processo de refinamento da classificação (BRITES, 1996 apud CONGALTON; BIGING, 1992).

b) esquema de classificação

Segundo Congalton (1991), qualquer esquema de classificação deve ser mutuamente exclusivo e totalmente exaustivo. Em outras palavras, qualquer área a ser classificada deve cair em apenas uma categoria ou classe.

c) correlação espacial

A correlação espacial é a tendência das medidas em um dado local geográfico se assemelharem às tomadas em outros locais que se encontram na vizinhança imediata do primeiro. Este conceito é importante em amostragem porque, idealmente, é desejável que cada observação forneça informações independentes. Se as observações estiverem pouco espaçadas entre si, elas estarão mensurando informações espacialmente correlacionadas e, em virtude disso, fornecerão menos informações do que seria desejável (BRITES, 1996 apud CAMPBELL, 1987).

d) tamanho da amostra

Segundo Grenier et al. (2008), o cálculo do tamanho mínimo da amostra necessário para a representatividade da população é baseado na probabilidade que corresponde a uma distribuição binomial e multinomial (pixel a pixel).

A distribuição binomial não é apropriada para computar número de amostras, visto que esta só faz a distinção entre a classificação correta e incorreta, não levando em conta o conjunto de classes analisado. Na distribuição multinomial, o erro deve ser classificado em relação ao total de possibilidades, de modo que o uso dessa distribuição implica no conhecimento, *a priori*, do número de classes e suas proporções no mapa (TORRIJOS; CADENA, 2011).

De acordo com Congalton e Green (1999), a avaliação do número de pontos necessários para validar os resultados de uma imagem é baseada em vários critérios, incluindo o número de classes (ou estratos de amostragem) e sua proporção. O tamanho da amostra necessário para validar o mapa temático com várias classes depende de uma distribuição polinomial (Equação I).

$$N = \frac{B \Pi_i (1 - \Pi_i)}{b^2_i} \quad (I)$$

Onde:

N = número de amostras;

B = obtido da tabela de distribuição qui-quadrado;

Grau de liberdade $1 - \alpha / k$;

Π_i = no mapa, a classe com maior proporção;

$1 - \alpha$ = grau de confiança;

K = número de classes;

b = erro admissível.

e) unidade da amostra

No caso da classificação baseada em objetos, os atributos utilizados para a classificação são calculados com base no objeto e, conseqüentemente, a unidade de amostragem para validação é o objeto ou o polígono (GRENIER, 2008 apud TIEDE et al., 2006; SCHÖPFER; LANG, 2006; ZHAN et al., 2005).

Segundo Da Costa e Brites (2004), a qualidade da classificação de imagens de sensoriamento remoto é avaliada por meio de índices de exatidão (exatidão global e Kappa, dentre os mais comuns), que são calculados a partir de matrizes de erros que expressam a concordância entre a imagem classificada e a amostra de referência.

A exatidão global (P_o) (Equação II) é calculada dividindo-se a soma dos valores da diagonal principal, que representa o número de amostras classificadas corretamente n_{ii} , pelo número total de amostras coletadas N (PASSO, 2013 apud HELLDEN et al., 1980), ou seja:

$$P_o = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} \quad (II)$$

Onde,

M = número de categorias informacionais presentes na matriz de erros;

n_{ii} = elementos da diagonal principal, ou seja, elementos classificados corretamente;

N = número total de amostras.

Outros índices utilizados são Kappa e Tau. De acordo com Brites (1996), Tau surgiu para ajustar um percentual de concordância (aquele que considera somente os elementos da diagonal da matriz de erros, também chamado de concordância global) pelo número de categorias, e seu uso é mais fácil de entender e interpretar do que o Kappa. O índice Tau é expresso de acordo com a equação III:

$$T = \frac{P_o - P_r}{1 - P_r} \quad (\text{III})$$

Onde:

T = Coeficiente Tau;

P_o = Exatidão global;

P_r = Concordância esperada = 1/M (M é o número de classes).

3.4.7 Mineração de dados geográficos

De acordo com Guidini e Ribeiro (2006), devido à facilidade crescente de aquisição de imagens e coleta de dados para aplicações, o volume de dados armazenados cresce muito além da capacidade humana de processá-los para extrair informações relevantes e conhecimentos úteis à tomada de decisão. Em aplicações geográficas, além dos dados alfanuméricos a serem processados, surge a necessidade de se lidar com geometrias e suas relações, determinando áreas de contato, de sobreposição etc., e com os aspectos temporais, que podem ser contínuos ou discretos. Estas dificuldades levam, naturalmente, à aplicação de técnicas de mineração de dados como solução para extrair conhecimento destes sistemas.

Para Miller e Han (2009), métodos analíticos espaciais tradicionais foram desenvolvidos em uma época em que a coleta de dados tinha alto custo e o poder computacional era limitado. O crescente volume e a diversidade de dados geográficos digitais limitam as técnicas de análises espaciais tradicionais, provocando escassez de informações a partir de pequenos e homogêneos conjuntos de dados. O processo de “garimpagem” de dados é chamado de *Knowledge Discovery Databases* (KDD) e pode ser visto como processo de descoberta de novas correlações, padrões e tendências significativos por meio de análise minuciosa de grandes conjuntos de dados escondidos. A mineração de dados é uma técnica

utilizada para a realização de KDD. São chamadas de mineração de dados todas as técnicas que permitem extrair conhecimento de uma massa de dados que, de outra maneira, permaneceria escondida nas grandes bases (QUONIAN, 2010).

Para Souza e Kux (2013), a mineração de dados é uma aplicação de algoritmos computacionais sobre uma base de dados com o intuito de abstrair conhecimentos novos e úteis.

Nascimento et al. (2013) utilizaram o *software* minerador WEKA na classificação da cobertura da terra. Esse *software* mostrou-se satisfatório na etapa de modelagem, disponibilizando uma árvore de decisão com limiares e ganhando tempo no processo.

Souza e Kux (2013) também utilizaram a técnica de mineração de dados por meio do *software* minerador WEKA para a classificação da cobertura do solo urbano na área costeira de São Luís, no estado do Maranhão, e concluíram que a abordagem permitiu economia de tempo para análise exploratória dos atributos e limiares. Ambos os trabalhos de Nascimento et al. (2013) e Souza e Kux (2013) utilizaram o *software* InterIMAGE na classificação das imagens.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Para a execução da pesquisa proposta, foi utilizada uma série de dados e informações disponibilizada por departamentos da Prefeitura Municipal de Goianésia.

O SIG municipal utiliza-se a projeção UTM e o Datum SAD69. Para esta pesquisa, utilizou-se a projeção UTM e transformou-se o Datum para WGS-84, tanto para dados matriciais quanto para dados vetoriais, sendo portanto, efetuar a transformação dos dados recebidos da Prefeitura Municipal de Goianésia para a projeção definida para o presente estudo.

4.1.1 SIG urbano

Esta pesquisa tem como base e conteúdo técnico principal para seu desenvolvimento o SIG já implantado no município e em plena utilização de onde foram extraídos dados cadastrais.

4.1.2 Dados de entrada

Para este estudo específico foram utilizadas somente as imagens de sensores do satélite GeoEye-1, adquiridas em 2011 e 2013, com 50 km² cada. Estas imagens são as últimas adquiridas para a atualização cadastral. As imagens adquiridas das 4 bandas multiespectrais mais a pancromática são originais, e nenhum tratamento especial foi aplicado no processo. As características e especificação técnica dos sensores podem ser verificadas na Figura 19 e Tabela 6.

Figura 19 - Imagens (RGB)

2011	2013
	
<p style="text-align: center;">Metadados</p> <p>Empresa: GeoEye Endereço: 12076, Grant Street Thornton. Colorado 80241 – EUA. http:// www.geoeye.com Telefone (EUA): 1.800.232.9037 Email: info@geoeye.com</p> <p>Número do Produto: SG00084240_001_002049182 Projeto: 20130514_GEAC_UNB ID Imagem: 2011092513442061603031605938 Sensor-GeoEyE-1 Data/Hora da coleta: 25-09-2011 às 13:44</p>	<p style="text-align: center;">Metadados</p> <p>Empresa: DigitalGlobe Endereço 1601 Dry Creek Drive, Suite 260 Longmont. Colorado 80503 - EUA. http://www.digitalglobe.com Telefone (EUA): 1.800.232.9037 Email: info4@digitalglobe.com</p> <p>Número do Produto: G00086305_001_002077902 Projeto: 20130701_GENC_GOIANESIA ID Imagem: 2013070913325701603031608276 Sensor: GeoEyE-1 Data/Hora da coleta: 09-07-2013 às 13:32</p>

Fonte: GeoEye – Metadados e Imagem urbana de Goianésia – 2011 / 2013

Tabela 6 - Especificações técnicas básicas – GeoEye-1

Informações de lançamento	Data: 06/09/2008
Local de lançamento	Base aérea de Vandenberg, Califórnia - EUA
Órbita	Altitude: 684 km
Tipo	Heliossíncrona, 10:30 am
Período	98 minutos
Bandas do sensor	Pancromática, vermelha, azul, verde e infravermelho
Resolução espacial	50 cm (pancromático) 2 metros (multiespectral)
Resolução Radiométrica	11 bits por pixel
Comprimento da faixa	15,2 km no nadir
Ângulo máximo de visada	+/- 45° off-nadir
Capacidade de coleta	700 mil km ² por dia
Resolução temporal	Aproximadamente 3 dias - 30° off nadir
Acurácia posicional	Acurácia especificada de 5 m CE 90% no nadir excluindo efeitos de terreno

Fonte: <http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/DG_GeoEye1_DS.pdf> Acesso em: 05/12/2013

4.1.3 Software

a) QuantumGIS - *Software* de Sistema de Informação Geográfica Livre e com Código Aberto. 2002 foi o ano de lançamento e versão utilizada nessa pesquisa a 1.8.0. Esse *software* foi utilizado para as seguintes tarefas:

- elaboração de mapas;
- conversão, confecção e edição de mapas vetoriais;
- leitura de dados matriciais;
- recorte das áreas de testes (matricial e vetorial);
- plotagem de pontos aleatórios de amostragem;
- checagem por interpretação visual individualizada; e
- elaboração de indicadores para monitoramento.

b) ENVI (*Environment for Visualizing Images*) – é um *software* proprietário, lançado em 1994 e distribuído no Brasil pela empresa Sulsoft. A versão utilizada foi a 4.7. Esse *software* foi utilizado para as seguintes tarefas:

- fusão das imagens multiespectral e pancromática; e
- composição colorida.

c) InterIMAGE – é uma plataforma livre baseada em conhecimento para interpretação automática de imagens. O Desenvolvimento engloba dois institutos científicos: a Pontifícia Universidade Católica do Estado do Rio de Janeiro (PUC-RJ) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A primeira versão foi lançada em 2010 e a versão utilizada para essa pesquisa foi a 1.3.7. Esse *software* foi utilizado para as seguintes tarefas:

- coleta de amostras;
- captura de atributos;
- desenvolvimento da rede semântica;
- aplicação de limiares;
- classificação.

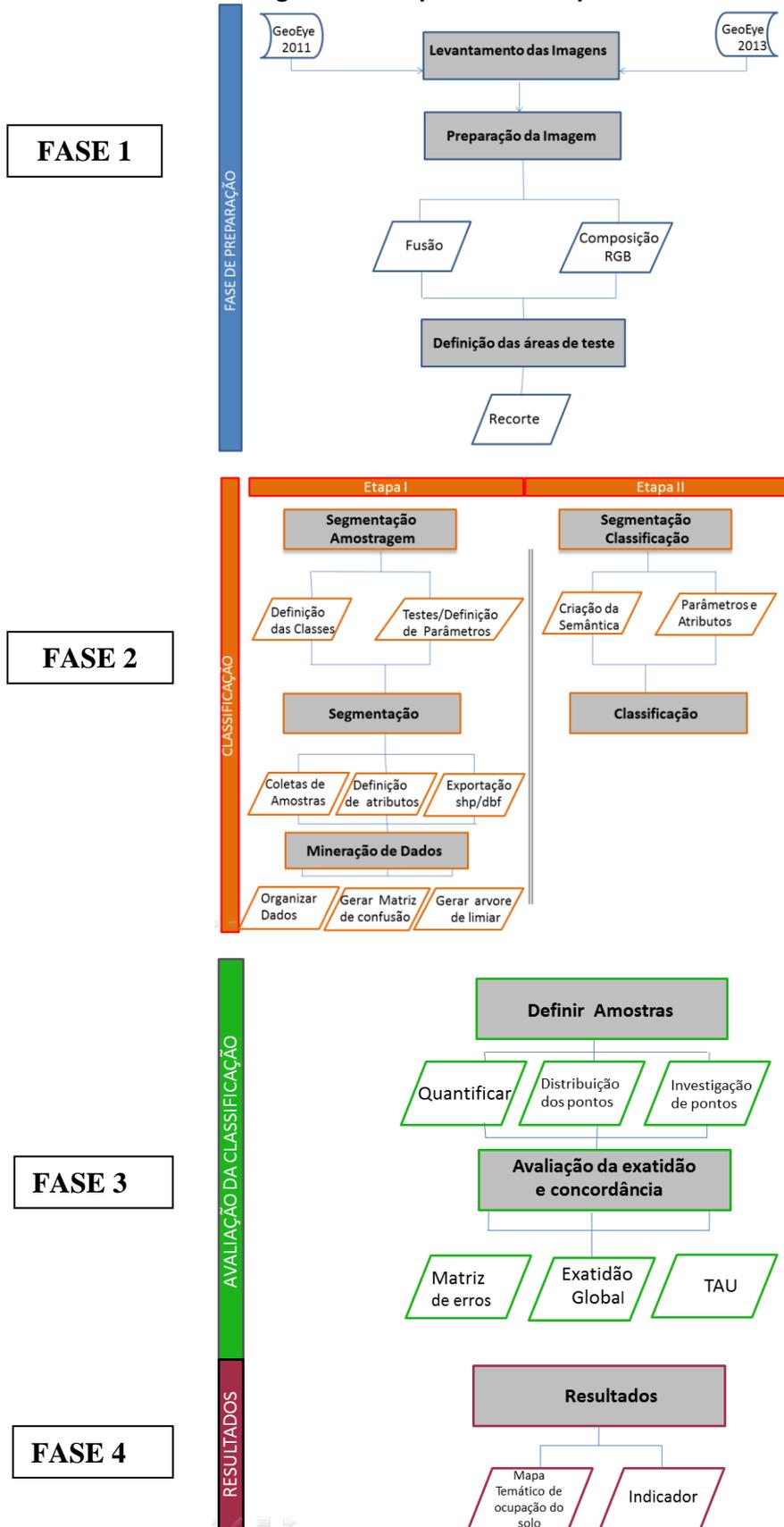
d) WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) – é um *software* de mineração de dados gratuito e de código aberto da Universidade de Waikato (Nova Zelândia). A primeira versão foi lançada em 1997. Para essa pesquisa foi utilizada a versão 3.6. Esse *software* foi utilizado para a seguinte tarefa:

- mineração de dados (definição de limiares).

4.2 METODO

Para alcançar os resultados, as etapas metodológicas apresentadas na Figura 20 foram cumpridas:

Figura 20 - Esquema das etapas do trabalho



4.2.1 Levantamento das Imagens

Foram disponibilizadas pelo departamento de geoprocessamento duas imagens (2011 e 2013) do sensor GeoEye-1 da área urbana sensor do município. As imagens possuem 50 km².

4.2.2 Fusão de imagens

As imagens do sensor pancromático do GeoEye-1 foram disponibilizadas com resolução espacial de 50 cm, enquanto que as imagens do sensor multiespectral foram disponibilizadas com resolução espacial de 2 m. Essas imagens (pancromática e multiespectrais) respectivamente foram fusionadas permitindo a obtenção de uma imagem colorida com 50 cm de resolução espacial. O método de fusão aplicado foi o GS - Gram-Schmidt.

A transformação Gram-Schmidt (GS) é uma técnica comumente utilizada em álgebra linear e estatística multivariada. Baseia-se em rotações e translações do conjunto original de atributos. Neste método, uma banda PAN com baixa resolução espacial é simulada, através de duas etapas: (1) as bandas multiespectrais de baixa resolução são combinadas em uma única, simulando a banda PAN de baixa resolução e (2) a simulação da banda PAN de baixa resolução envolve a participação da banda PAN com alta resolução. Nesta segunda etapa, a banda PAN de alta resolução, através de um fator apropriado, é desfocada, sub-amostrada e interpolada até atingir a resolução apropriada (LABEN et. al., 2000 apud POLIZEL et al., 2011).

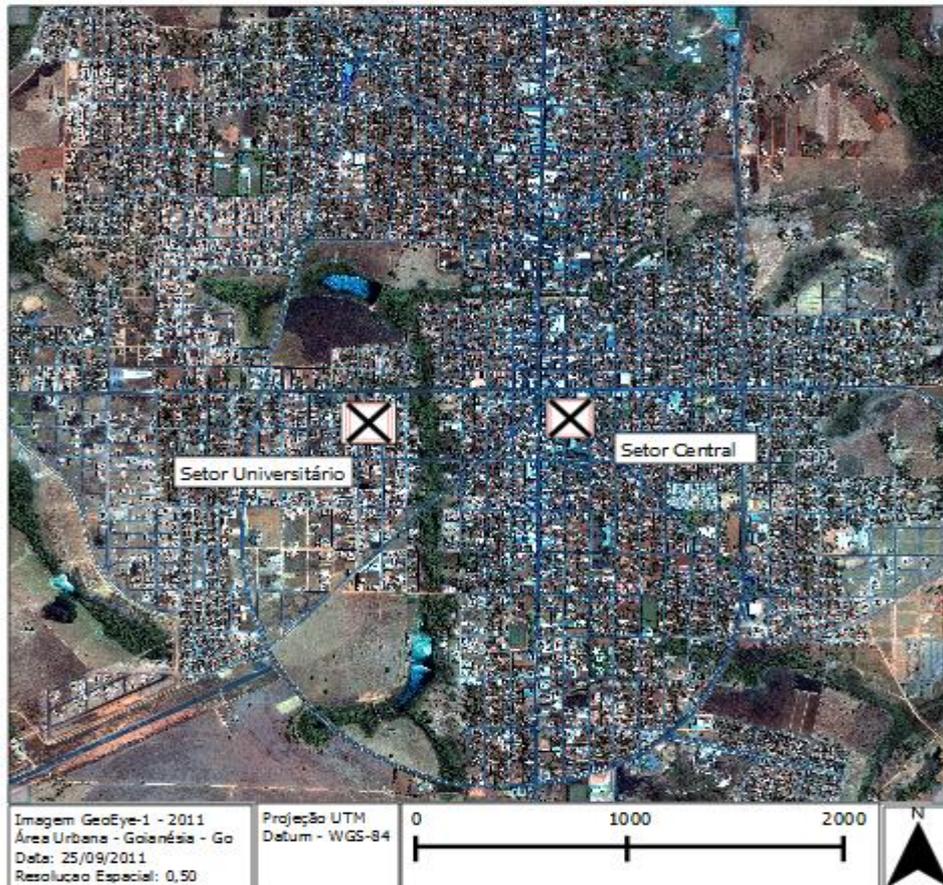
Segundo o mesmo autor, simulação da banda PAN com baixa resolução é então usada como a primeira banda dos dados multiespectrais de baixa resolução, a qual deve ser a entrada para a banda multiespectral original para que ocorra a transformação GS. Na sequência, a banda pancromática de alta resolução espacial é substituída pela primeira banda Gram-Schmidt. Por fim, a transformação inversa Gram-Schmidt é, então aplicada, para formar a banda espectral fusionada.

4.2.3 Definição das áreas de teste

Para executar os testes foram escolhidas duas áreas de testes, o setor central e o setor universitário, conforme mostrado na Figura 21. O motivo do uso das duas

áreas de testes é analisar os resultados em características diferentes de ocupação do solo.

Figura 21 - Localização das áreas de teste 1 e 2



Fonte: Arquivos do departamento de geoprocessamento do município. Recorte imagem GeoEye, 2013.

e) Área de teste 1

Setor Central: bairro já consistente, um dos mais antigos da cidade, com poucas alterações intra-urbanas e com características comerciais, prevalecendo cobertura metálica e cerâmica escura.

f) Área de teste 2

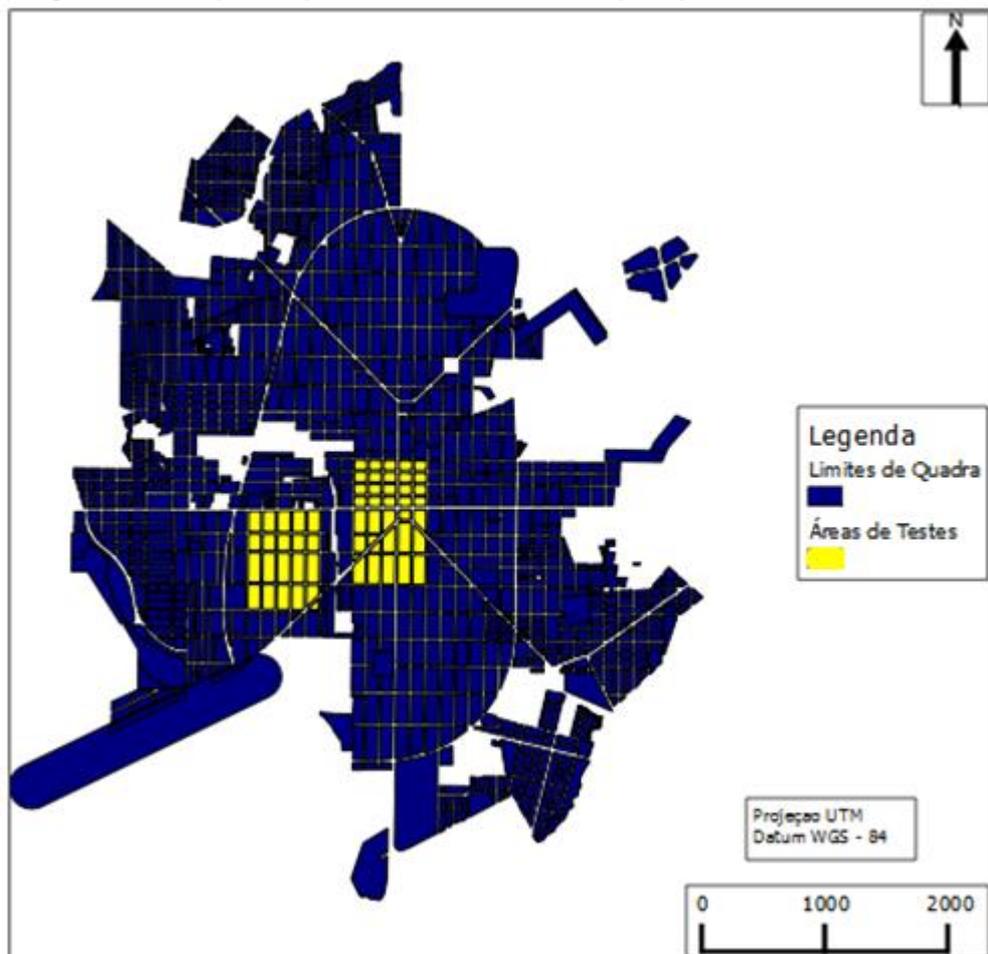
Setor Universitário: bairro considerado novo e com novas construções residenciais em ascensão. Caracterizado por prevalecer variedades de coloração de telhados de cerâmica.

4.2.4 Recorte

Foram utilizadas máscara de vetores de quadras e arruamentos para executar os recortes das imagens nas áreas definidas. A ferramenta extração (*raster*) e geoprocessar (*vetor*) do *software* QuantumGIS permitiu a execução da tarefa.

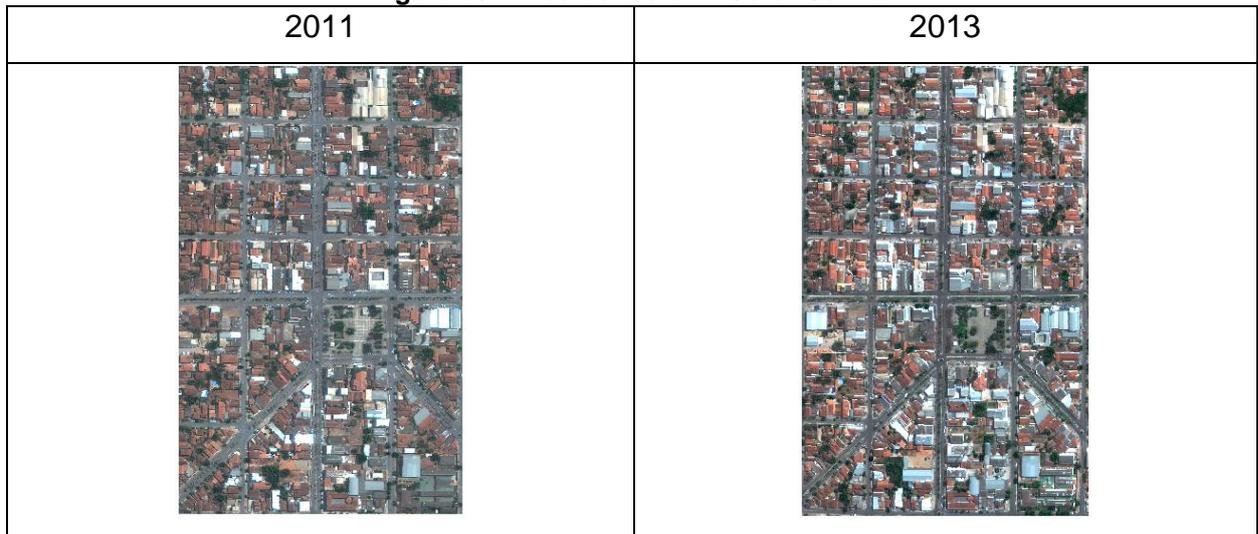
A Figura 22 apresenta o *shape* de quadras e vias da área urbana do município e as Figuras 23 e 24 apresentam os recortes das imagens de cada área de teste.

Figura 22 - *Shape* de quadras e vias fornecido pela prefeitura de Goianésia



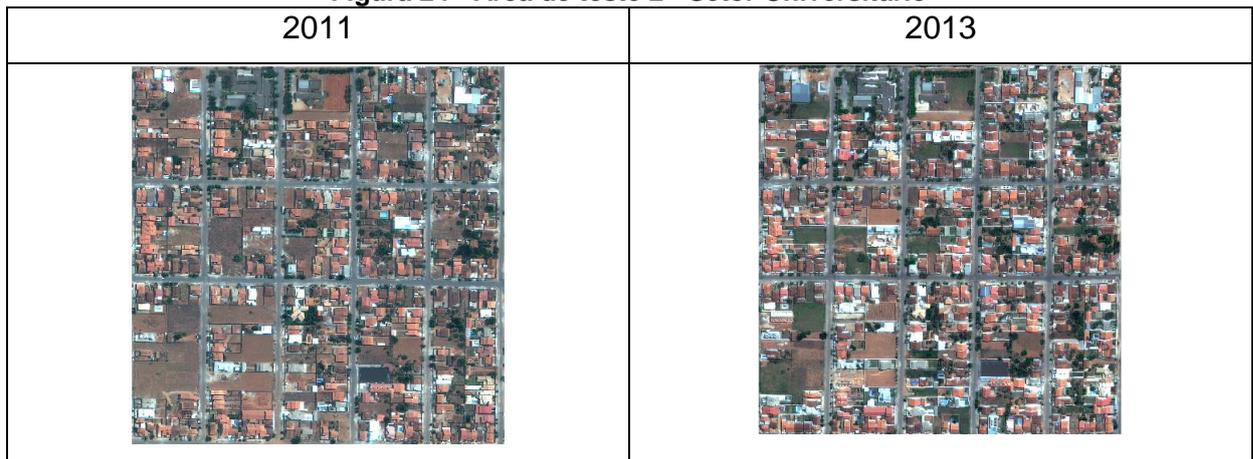
Fonte: Arquivo (*shapefile*) do Departamento de Geoprocessamento da prefeitura municipal de Goianésia - GO. Dezembro de 2012.

Figura 23 - Área de teste 1 - Setor Central



Fonte: Arquivo do Departamento de Geoprocessamento do município. Recorte imagem GeoEye-1.

Figura 24 - Área de teste 2 - Setor Universitário



Fonte: Arquivo do Departamento de Geoprocessamento do município. Recorte imagem GeoEye-1.

4.2.5 Caracterização das classes interessadas

Para caracterizar as classes foi utilizada leitura das características das edificações, especialmente os telhados (coberturas), baseado na Lei n.º 2.323, de 17 de dezembro de 2004, do município de Goianésia, conforme a tabela 7. Esta lei é a última alteração e aprova a planta de valores imobiliários para o ano de 2005, alterando o código tributário municipal.

Tabela 7 - Coberturas que pontuam para valores no IPTU do município

COBERTURA	PONTOS
Palha, zinco e plástico	01
Amianto e metálica	05
Telha cerâmica	09
Lage	09
Especial	10

Fonte: Departamento jurídico da Prefeitura de Goianésia-GO.

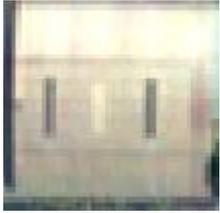
Com base na interpretação visual da imagem fusionada foram criadas as classes de interesse, levando em consideração as características de ocupação do solo da área urbana, tais como: coberturas de edificações, solo exposto, vegetação etc.

Para qualificar cada classe, foram levadas em consideração as seguintes características: cor, forma, tamanho, textura e localização.

Algumas classes foram divididas em função de favorecer uma melhor interpretação como: telhado cerâmico - clara e escura, e telhado metálico - branco, padrão e amarelo. Essa classificação foi adotada em função de ser o padrão existente na base de dados do CTM. No Quadro 1 pode-se analisar as classes identificadas visualmente:

Quadro 1 - Chaves de interpretação

CLASSE/AMOSTRA	DADOS CADASTRAIS DO SIG	COR (RGB)	FORMA, TAMANHO E TEXTURA	LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO																		
CLASSES INTERESSADAS																						
Telhado Palha	Não consta	Não consta	Não consta	Não consta																		
Telhado Metálico Branca 	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Inscrição</td> <td>010600072038200104</td> </tr> <tr> <td>Cci</td> <td>9351</td> </tr> <tr> <td>Contribuinte</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Logradouro</td> <td>RUA 14, 420</td> </tr> <tr> <td>Quadra Loteamento</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Lote Loteamento</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>Área Lote</td> <td>405.66</td> </tr> <tr> <td>Área Total Ed.</td> <td>261.07</td> </tr> <tr> <td>Área Da Unidade</td> <td>248.94</td> </tr> </tbody> </table>	Inscrição	010600072038200104	Cci	9351	Contribuinte		Logradouro	RUA 14, 420	Quadra Loteamento	180	Lote Loteamento	22	Área Lote	405.66	Área Total Ed.	261.07	Área Da Unidade	248.94	Branco	Forma normalmente retangular, podendo variar; Tamanho variado; Textura lisa.	Geralmente dentro de quadras, cobrindo edificações de comércio e/ou indústrias.
Inscrição	010600072038200104																					
Cci	9351																					
Contribuinte																						
Logradouro	RUA 14, 420																					
Quadra Loteamento	180																					
Lote Loteamento	22																					
Área Lote	405.66																					
Área Total Ed.	261.07																					
Área Da Unidade	248.94																					

<p>Telhado Metálica</p> 	<p>Inscrição 010600030021100104 Cci 8528</p> <p>Contribuinte</p> <p>Logradouro RUA 22, 354A</p> <p>Quadra Loteamento 0150</p> <p>Lote Loteamento 0006</p> <p>Área Lote 535.60</p> <p>Área Total Ed. 504.23</p> <p>Área Da Unidade 504.23</p>	<p>Variações de bege</p>	<p>Forma normalmente retangular, podendo variar; Textura lisa ou pouco rugosa.</p>	<p>Geralmente dentro de quadras, cobrindo edificações de comércio e/ou indústrias. Ocorre também em ginásio de esporte.</p>
<p>Telhado Plástico</p>	<p>Não consta</p>	<p>Não consta</p>	<p>Não consta</p>	<p>Não consta</p>
<p>Telhado Metálico padrão</p> 	<p>Inscrição 010200058046200104 Cci 3311</p> <p>Contribuinte</p> <p>Logradouro RUA 33, 308</p> <p>Quadra Loteamento 176</p> <p>Lote Loteamento 10</p> <p>Área Lote 9994,06</p> <p>Área Total Ed. 4606.87</p> <p>Área Da Unidade 396.37</p>	<p>Azul claro</p>	<p>Forma normalmente retangular, podendo variar; Textura lisa.</p>	<p>Geralmente dentro de quadras, cobrindo edificações de comércio e/ou indústrias. Ocorre também em ginásio de esporte.</p>
<p>Telhado amianto</p> 	<p>Inscrição 010200040031600104 Cci 2739</p> <p>Contribuinte</p> <p>Logradouro AVENIDA BRASIL, 373</p> <p>Quadra Loteamento 0162</p> <p>Lote Loteamento 0015</p> <p>Área Lote 622.24</p> <p>Área Total Ed. 649.93</p> <p>Área Da Unidade 649.93</p>	<p>Variando cinza claro e escuro</p>	<p>Forma normalmente retangular, podendo variar; Tamanho variado; Textura lisa.</p>	<p>Geralmente dentro de quadras. Cobertura de edificações.</p>
<p>Telha Cerâmica Clara</p> 	<p>Inscrição 010600054005000104 Cci 8875</p> <p>Contribuinte</p> <p>Logradouro RUA 18, 93</p> <p>Quadra Loteamento 0168</p> <p>Lote Loteamento 0003</p> <p>Área Lote 501.59</p> <p>Área Total Ed. 315.14</p> <p>Área Da Unidade 315.14</p>	<p>Vermelho claro</p>	<p>Forma normalmente retangular, podendo variar; Tamanho variado; Textura lisa a pouco rugosa.</p>	<p>Normalmente dentro de quadras. Cobertura de edificações.</p>
<p>Telha Cerâmica Escura</p> 	<p>Inscrição 010600072043200104 Cci 16945</p> <p>Contribuinte</p> <p>Logradouro RUA 14, 336A</p> <p>Quadra Loteamento 180</p> <p>Lote Loteamento P/26</p> <p>Área Lote 154,44</p> <p>Área Total Ed. 108,44</p> <p>Área Da Unidade 108,44</p>	<p>Variações de marrom</p>	<p>Forma normalmente retangular, podendo variar; Tamanho variado; Textura lisa a pouco rugosa.</p>	<p>Normalmente dentro de quadras. Cobertura de edificações.</p>

<p>Telha Cerâmica Bege</p> 	<p>Inscrição 010500010065000103 Cci 6882</p> <p>Contribuinte</p> <p>Logradouro RUA 15, 415</p> <p>Quadra Loteamento 0327</p> <p>Lote Loteamento 0019</p> <p>Área Lote 1500.00</p> <p>Área Total Ed. 254.63</p> <p>Área Da Unidade 254.63</p>	<p>Variações de bege a amarelo claro</p>	<p>Forma normalmente retangular, podendo variar; Tamanho variado; Textura lisa a pouco rugosa</p>	<p>Normalmente dentro de quadras. Cobertura de edificações.</p>
<p>Telha Cerâmica Cinza</p> 	<p>Inscrição 010500010056000103 Cci 6876</p> <p>Contribuinte</p> <p>Logradouro RUA 15, 425</p> <p>Quadra Loteamento 0327</p> <p>Lote Loteamento 0013</p> <p>Área Lote 750.00</p> <p>Área Total Ed. 276.07</p> <p>Área Da Unidade 276.07</p>	<p>Variações de cinza</p>	<p>Forma normalmente retangular, podendo variar; Tamanho variado; Textura lisa a pouco rugosa</p>	<p>Normalmente dentro de quadras. Cobertura de edificações.</p>
<p>Telhado Especial</p>	<p>Não consta</p>	<p>Não consta</p>	<p>Não consta</p>	<p>Não consta</p>
<p>Asfalto</p> 	<p>Obs. foi utilizado o arquivo de vias existente na base de dados do SIG.</p>			
<p>Piscina</p> 	<p>Inscrição 010600057043000104 Cci 8972</p> <p>Contribuinte</p> <p>Logradouro RUA 27, 387</p> <p>Quadra Loteamento 0275</p> <p>Lote Loteamento 0024</p> <p>Área Lote 713.23</p> <p>Área Total Ed. 250.94</p> <p>Área Da Unidade 250.94</p>	<p>Varição de azul</p>	<p>Forma normalmente retangular, podendo variar; Textura lisa.</p>	<p>Normalmente dentro de quadras, clubes e chácaras.</p>
<p>Vegetação</p> 	<p>Inscrição 010200016021700104 Cci 2008</p> <p>Contribuinte</p> <p>Logradouro RUA 22, 314</p> <p>Quadra Loteamento 0156</p> <p>Lote Loteamento 0005</p> <p>Área Lote 1601.48</p> <p>Área Total Ed. 203.25</p> <p>Área Da Unidade 63.60</p>	<p>Variações de verde</p>	<p>Forma indefinida, com textura rugosa. Podendo ser rasteira e arbórea</p>	<p>Ocorrência em praças, dentro de quadras, calçadas e canteiro de vias.</p>
<p>Solo Exposto</p> 	<p>Inscrição 010500011025000103 Cci 6897</p> <p>Contribuinte PEDRO AUGUSTO DUARTE RIBEIRO</p> <p>Logradouro RUA 15, SN</p> <p>Quadra Loteamento 0325</p> <p>Lote Loteamento 0034</p> <p>Área Lote 750.00</p> <p>Área Total Ed.</p> <p>Área Da Unidade</p>	<p>Variações de marrom</p>	<p>Forma indefinida, com textura rugosa e às vezes lisa.</p>	<p>Normalmente dentro de quadras, entre edificações.</p>

<p>Outro Solo</p> 	<p>Inscrição 010600072028700105 Cci 9345 Contribuinte Logradouro AVENIDA GOIÁS, SN Quadra Loteamento 0180 Lote Loteamento 0017 Área Lote 667.00 Área Total Ed. Área Da Unidade</p>	<p>Variações de cinza e azul.</p>	<p>Forma indefinida, com textura lisa normalmente.</p>	<p>Normalmente dentro de quadras, entre edificações.</p>
<p>Solo Gramado</p> 	<p>Inscrição 010500012056000103 Cci 6952 Contribuinte Logradouro RUA 11, SN Quadra Loteamento 0323 Lote Loteamento 0013 Área Lote 750.00 Área Total Ed. Área Da Unidade</p>	<p>Variações de verde</p>	<p>Forma indefinida. Pouco rugosa.</p>	<p>Ocorrência em praças, dentro de quadras, calçadas e canteiro de vias.</p>
<p>Sombra</p> 	<p>-</p>	<p>Variações de cinza escuro e preto</p>	<p>Forma indefinida.</p>	<p>Ocorre dentro e fora de quadras. Sombra de objetos grandes construções e árvores.</p>

Fonte: SIG Urbano. Prefeitura municipal de Goianésia-GO.

No caso do Município de Goianésia, a classe piscina não pontua para cobrança do imposto local, ou seja, é considerada área não construída. Para o estudo em questão, essa classe foi inserida no processo de classificação por apresentar quantidade significativa de identificação visual e por ser informação importante de auditoria para o CTM.

A classe sombra foi criada, pois a quantidade de pixels existentes nas imagens não é desprezível. Os pixels desta classe deveriam pertencer a outras classes como: cerâmica, solo exposto, metálica, amianto e outros, mas, na impossibilidade de classificá-los corretamente, foram classificados como sombra. A ocorrência da sombra explica-se devido ao ângulo de visada do sensor no momento da tomada da imagem e devido à altura da edificação.

4.2.6 Classificação por segmentação multirresolução e a mineração de dados

a) Segmentação para amostragem

Após a definição e criação de cada classe, foram realizados testes para definir parâmetros utilizando o operador TA_Baatz_Segmenter e posteriormente

foram feitas coletas de amostras utilizando a janela *samples editor* do *software* InterIMAGE. A Figura 25 apresenta a tela de entrada para definição dos parâmetros do operador TA_Baatz_Segmenter, do *software* InterIMAGE.

Para as classes vegetação e sombra não foram coletadas amostras, pois foram definidos outros operadores para classificação, TA_NDVI_Segmenter e TA_Arithmetic, respectivamente.

Figura 25 - Tela de entrada de dados e definição de parâmetros

TopDown Operator	TA_Baatz_Segmenter
BottomUp	
TopDown	
a) Input Image	image
a1) Input Bands (co...	0,1,2,3
a2) Input Weights (...)	1,1,1,1
b) Compactness W...	0.7
c) Color Weight	0.7
d) Scale Parameter	80
e) Use Optimization	no
f) Reliability	0.2
g) Euclidean Distan...	20

Fonte: Janela *sample editor* do *software* InterIMAGE.

Em cada classe definida foram selecionados atributos (forma e estatística espectral) e exportados da janela *sample editor*, conforme abaixo:

1) Atributo de forma

- *Compacity*: retorna a compacidade de um polígono dado. É calculada pela seguinte equação:

$$compacity = \frac{P/A}{\sqrt{A}} \quad (IV)$$

(P é o polígono e A é a área)

- *Angle*: principal ângulo de um polígono, é obtido por meio do cálculo do melhor ajuste elíptico e o ângulo do raio maior da elipse que corresponde ao ângulo do polígono;
- *Squareness*: este atributo encaixa o retângulo mínimo fora do polígono e calcula a razão entre a área do polígono e a área do retângulo.
- *Circleness*: é calculada a partir da Equação V:

$$circle = 1 - \frac{A}{\pi R^2} \quad (V)$$

Onde A representa a área de polígono e R a distância máxima entre o centroide do polígono e todos os seus vértices.

2) Estatística espectral

- *Brightness*: representa o brilho da imagem de um objeto;
- *Entropy*: medida de estatística aleatória usada para descrever algumas características de textura. Os dados aleatórios superiores levam a maiores valores de entropia. O cálculo é feito pela Equação VI, onde n é o número de valores de elementos de imagem distinta e p (x_i) representa a frequência associada a esse valor do pixel (x):

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_b p(x_i), \quad (VI)$$

- *MaxPixelValue*: valor máximo de pixel encontrado dentro de uma região;
- *Mean*: média dos elementos de imagem com valores numéricos x_1, x_2, \dots, x_n . É expressa pela Equação VII:

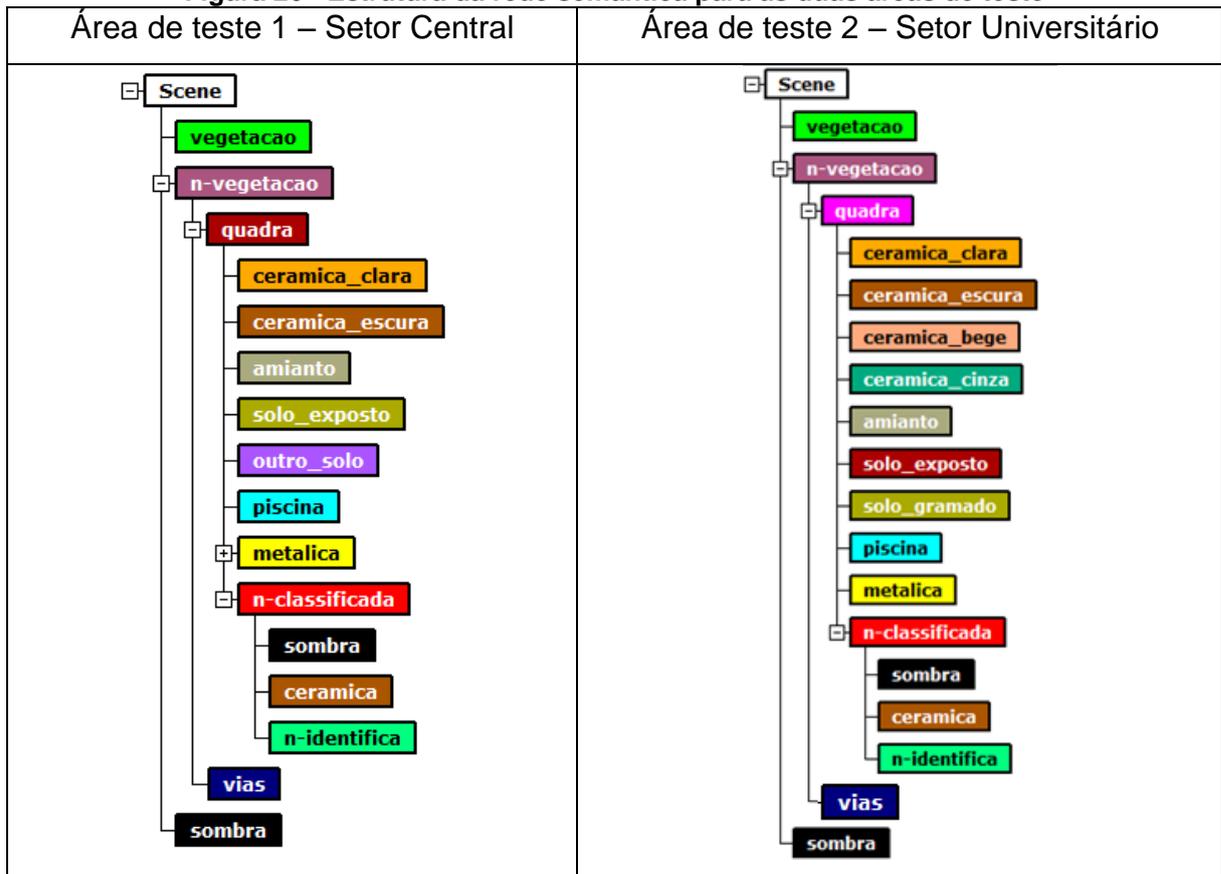
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (VII)$$

- *MinPixelValue*: valor mínimo do pixel encontrado dentro de uma região;
- *Ratio*: representa o montante de uma determinada camada que contribui para o brilho total de um objeto imagem; e
- *BandMeanDiv*: divisão de bandas do sensor.

b) Classificação a objeto

Foi utilizado o *software* InterIMAGE v. 37 para a classificação orientada a objetos. Com os mesmos parâmetros e classes usados no processo de coleta das amostras criou-se uma rede semântica para cada área de teste. A Figura 26 apresenta a estrutura da rede semântica criada para cada área de teste.

Figura 26 - Estrutura da rede semântica para as duas áreas de teste



Fonte: Software InterIMAGE

Abaixo do nó inicial (nó pai) foram criados 3 nós principais, vegetação, *n_vegetacao* e *sombra*. Foi atribuído ao operador *topdown* do nó vegetação o operador *TA_NDVI_Segmenter* para todas as áreas de interesse, de modo a classificar, em conjunto, a vegetação rasteira e arbórea. Este operador gera hipóteses com base no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Este índice é a diferença normalizada de folha verde na dispersão do infravermelho próximo, e a absorção de clorofila em vermelho. É definido pela Equação VIII:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (VIII)$$

No nó *n_vegetação*, o operador atribuído foi *dummy topdown*, que é padrão no sistema. Esse operador tem como saída uma única região, que é igual à região de interesse definida no nó pai do nó ao qual está associado. Não permite regra de decisão (INTERIMAGE, 2010). O operador *TA_Arithmetic* foi aplicado ao nó *sombra* e o resultado é uma operação aritmética (soma e divisão) das imagens de entrada, no caso, as bandas 1, 2, 3 e 4 do sensor.

Abaixo do nó *n_vegetação* foram criados os nós filhos *quadras* e *vias* em cada área definida. O nó filho *quadras* recebeu o operador *TA_ShapeFile_Import*, que importou um arquivo *shape* para um processo de análise. O nó filho *vias* recebeu o operador padrão *dummy topdown*, restringindo as *vias* posicionadas no *shape*.

As classes identificadas (coberturas e solos) foram criadas abaixo do nó *quadras*. Na janela *node editor*, do sistema InterIMAGE, foi selecionado o operador *TA_Baatz_Segmenter*, e posteriormente foram atribuídas regras de decisões no operador *topdown decision*.

c) Mineração de dados

As regras aplicadas foram disponibilizadas pela árvore de decisão J48 do sistema de mineração de dados WEKA. Esta árvore, que disponibilizou os limiares, é uma implementação do algoritmo ID3 (*Iterative Dichotomiser*) no sistema WEKA. A ideia básica do algoritmo é criar uma árvore de decisão a partir de um conjunto de dados, que, em uma abordagem *topdown*, verifica cada atributo em cada nó da árvore (MATHUR; KUMAR; SANTOS, 2012).

4.2.7 Avaliação da classificação

A análise da acurácia temática foi aplicada em cada área de teste definida, seguindo as seguintes avaliações:

- 1) quantificação do número de amostras;
- 2) distribuição aleatória de pontos de checagem;
- 3) investigação por interpretação visual;
- 4) composição da matriz de confusão;
- 5) cálculo de concordância global;
- 6) coeficiente de concordância *Tau*.

Por meio de uma distribuição multinomial, foi calculado o número de amostras. A unidade amostral utilizada foi o *pixel*.

A Equação IX, aplicada para se obter o tamanho da amostra *n*, é (CONGALTON; GREEN, 1999):

$$N = \frac{B \Pi_i (1 - \Pi_i)}{b^2_i} \quad (IX)$$

Onde:

N = número de amostras;

B = obtido de tabela de distribuição qui-quadrado;

Grau de liberdade 1 - α / k;

1- α = grau de confiança;

Π_i = no mapa, a classe com maior proporção;

K = número de classes;

b = erro admissível.

Exemplo do cálculo para quantificação de amostragem pode ser analisado na Equação X. Para a área de teste 1 (2011), baseou-se na existência de 10 (dez) classes (K), com nível de confiança de 95% e erro admissível de 5% (alfa = 0,05). O valor da Equação X foi obtido da tabela do qui-quadrado (1 grau de liberdade) e alfa/k (0.005). O valor de B é $X^2(1, 0,995) = 7,879$.

Valor do tamanho da amostra para o recorte do setor central da imagem GeoEye de 2011 é:

$$N = \frac{B \Pi_i (1 - \Pi_i)}{b^2_i} \quad (X)$$

$$N = 7,879(0,248) * (1-0,248) / (0,05)^2$$

$$1.954 / 0.0025 = 587$$

Após a definição do número de amostra para cada área de teste, foi aplicada investigação por pontos aleatórios (centroide do pixel) por meio da ferramenta *vetor*, do QuantumGIS. Posteriormente, foi feita checagem por interpretação visual individualizada, auxiliada pela imagem da classificação final no InterIMAGE. Os pontos checados foram classificados para compor matriz de confusão, que possibilitou calcular o índice de exatidão global e o coeficiente de concordância *Tau*.

Essa etapa proporcionou avaliar a exatidão temática de cada área de teste definida.

No capítulo 5 serão apresentados os resultados e discussão das etapas da pesquisa.

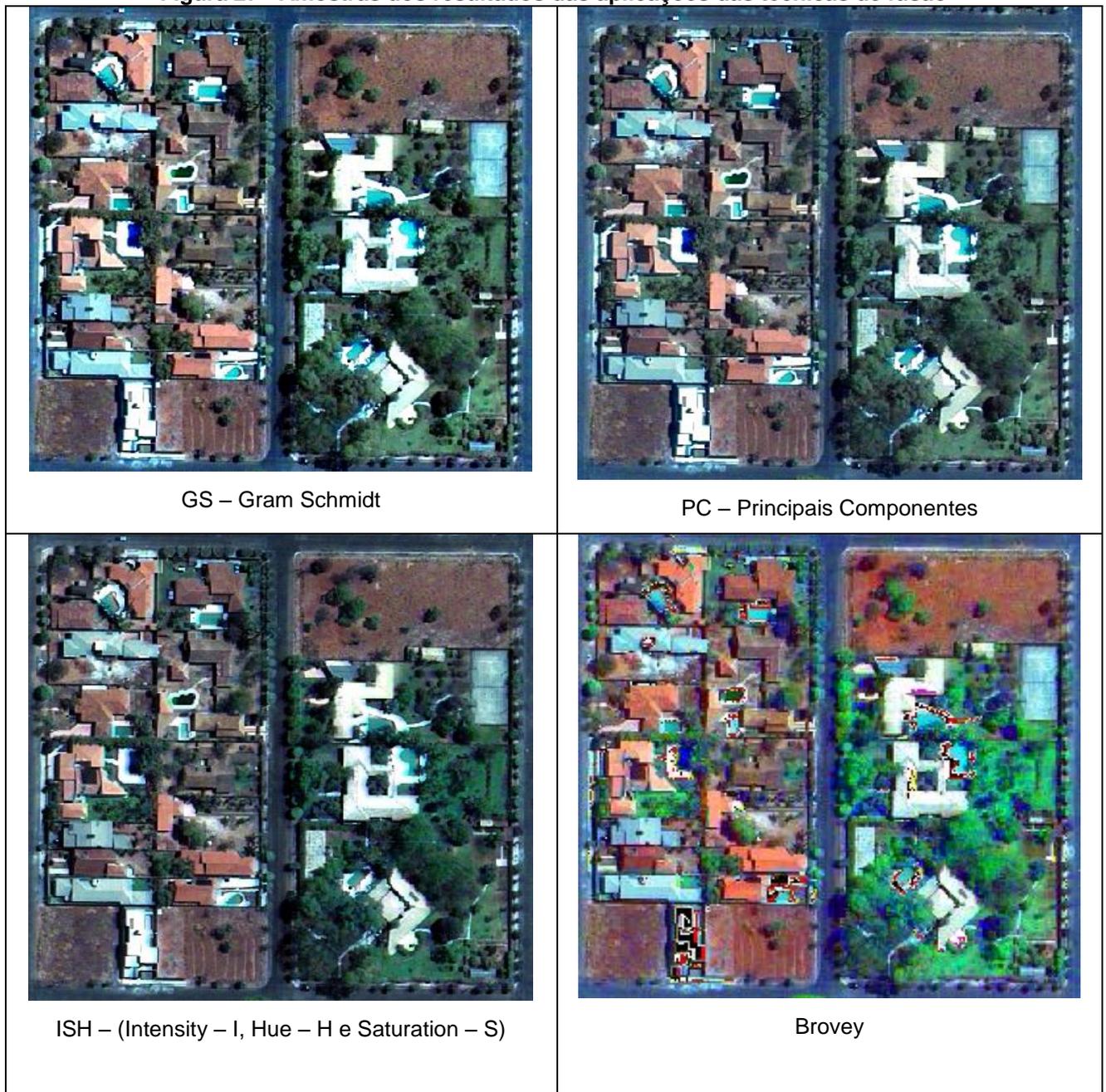
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 FUSÃO

Levando em consideração a conservação do conteúdo e a transferência de detalhes, o resultado indicou os métodos GS (Gram Schmidt) e PC (Principais Componentes) os mais adequados para a fusão de imagem do sensor GeoEye-1, conforme mostrado na Figura 27. O método GS apresentou as cores de forma mais próxima da realidade. O IHS (Intensity, Hue e Saturation) apresentou nitidez no contorno dos alvos, mas as cores, principalmente as das piscinas, ficaram distantes da realidade. O método Brovey teve o pior resultado apresentado, gerando imagem fusionada com ruído. Esses ruídos apareceram, predominantemente, nas áreas de cobertura com telhado branco e solo com pisos branco, provocando o aparecimento de pixels vermelhos. As cores de solo, cerâmica, asfalto e vegetação ficaram distantes da realidade.

Polizel et al. (2011) avaliaram as quatro técnicas de fusão quanto à capacidade de conservação do conteúdo espectral e transferência de detalhes com objetivo de escolher a mais adequada para uma cena Ikonos e GeoEye do município de Duque de Caxias - RJ. De acordo com os resultados obtidos recomendaram a utilização do método Gram-Schmidt para a imagem GeoEye-1. Este resultado foi semelhante ao obtido na presente pesquisa.

Figura 27 - Amostras dos resultados das aplicações das técnicas de fusão



Fonte: *Software ENVI.*

Na Figura 28 pode ser analisada e comparada a imagem antes e depois da fusão usando a técnica GS.

Figura 28 - Imagem não fusionada e fusionada - (GeoEye 2011)

	
<p>Amostra de imagem (2011) não fusionada. Composição colorida (RGB). ENVI 4.7 Identificação no SIG: Quadra 0142</p>	<p>Amostra de imagem (2011) fusionada. Método GS do ENVI 4.7. Identificação no SIG: Quadra 0142</p>

Fonte: Software ENVI.

A imagem depois de fusionada apresentou melhor visualização e possibilitando ao especialista identificar os objetos de interesse com maior nitidez.

5.2 SEGMENTAÇÃO E AMOSTRAGEM

O sistema InterIMAGE possui biblioteca chamada TerraAIDA, com vários operadores. O operador utilizado foi o TA Baatz Segmenter, desenvolvido por Baatz & Schäpe (2000). Neste operador, cada segmento gerado representa uma hipótese a ser analisada pelo próximo nó da rede semântica. Parâmetros importantes foram levados em consideração: compacidade, cor e escala. As quatro bandas do sensor (0=Blue, 1=Green, 2=Red, 3=Infravermelho) foram inseridas e aceitas no sistema com o mesmo peso (1), definindo a relevância de cada banda na classificação. A “compacidade” é a forma de agrupamento de pixel de cada objeto classificado, e é representada por um valor. Um valor menor representa um objeto menos compactado e um valor maior representa um objeto mais compacto. Por exemplo, na Tabela 7 o valor da compacidade aplicado para telhado metálica clara (2011) é 0.5 e para telhado metálica padrão (2013) é 0.8, ou seja, os objetos identificados como telhado metálica clara significam ser menos compactos que os objetos identificados como telhado metálica padrão. Os valores espectrais dos objetos são representados pelo parâmetro “cor”. O parâmetro “escala” refere-se a um valor que define o tamanho do objeto. As Tabelas 8 e 9 mostram parâmetros definidos, que, combinados, apresentaram melhores resultados (separação) para cada classe nas áreas de teste:

- a) Parâmetros aplicados utilizando a imagem de 2011 e 2013 para a área de teste 1.

Tabela 8 - Parâmetros aplicados para a área de teste 1 – 2011 e 2013

Classes	Banda de Entrada 2011/2013	Peso das Bandas 2011/2013	Compacidade 2011/2013	Cor 2011/2013	Escala 2011/2013
Telhado Palha	Não	Não	Não	Não	Não
Telhado Metálica Clara	0,1,2,3	1,1,1,1	0.5/0.8	0.5/0.4	90/90
Telhado Metálica Amarela	0,1,2,3	1,1,1,1	0.5/0.8	0.5/0.4	90/90
Telhado Metálica Padrão	0,1,2,3	1,1,1,1	0.5/0.8	0.5/0.4	90/90
Telhado Plástico	Não	Não	Não	Não	Não
Telhado Amianto	0,1,2,3	1,1,1,1	0.7/0.7	0.7/0.5	80/80
Telhado Cerâmica Clara	0,1,2,3,	1,1,1,1	0.8/0.5	0.3/0.5	80/80
Telhado Cerâmica Escura	0,1,2,3,	1,1,1,1	0.8/0.5	0.3/0.5	80/70
Piscina	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.8	0.5/0.4	60/60
Telhado Especial	Não	Não	Não	Não	Não
Solo Exposto	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.5	0.8/0.5	70/60
Outro Solo	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.5	0.8/0.5	70/60

Fonte: Sistema InterIMAGE. Resultados.

- b) Parâmetros aplicados utilizando a imagem de 2011 e 2013 para a área de teste 2.

Tabela 9 - Parâmetros aplicados para a área de teste 2 – 2011 e 2013

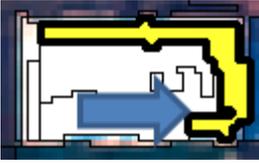
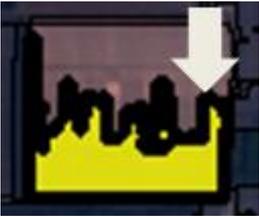
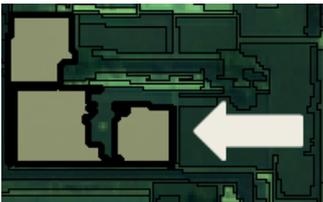
Classes	Banda de Entrada	Peso das Bandas	Compacidade 2011/2013	Cor 2011/2013	Escala 2011/2013
Telhado Palha	Não	Não	Não	Não	Não
Telhado Metálica Clara	0,1,2,3	1,1,1,1	0.1/0.8	0.5/0.4	90/90
Telhado Metálica Padrão	0,1,2,3	1,1,1,1	0.1/0.8	0.5/0.4	90/90
Telhado Plástico	Não	Não	Não	Não	Não
Telhado Amianto	0,1,2,3	1,1,1,1	0.7/0.4	0.7/0.5	90/80
Telhado Cerâmica Clara	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.5	0.3/0.5	80/80
Telhado Cerâmica Escura	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.5	0.3/0.5	70/80
Telhado Cerâmica Bege	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.5	0.3/0.5	80/80
Telhado Cerâmica Cinza	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.5	0.3/0.5	80/80
Piscina	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.2	0.5/0.4	70/70
Telhado Especial	Não	Não	Não	Não	Não
Solo Exposto	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.5	0.8/0.5	80/70
Solo Gramado	0,1,2,3	1,1,1,1	0.8/0.5	0.8/0.5	80/70

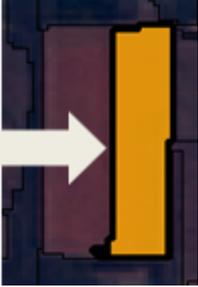
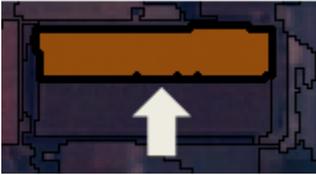
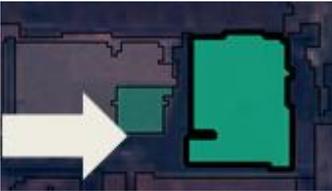
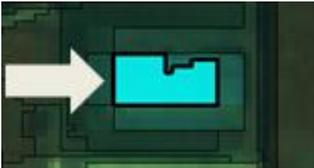
Fonte: Sistema InterIMAGE

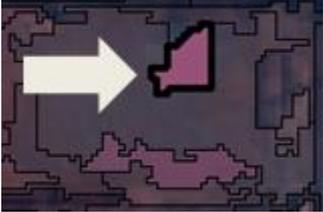
Nas classes vias, vegetação e sombra não foram inseridos parâmetros baseados no operador de Baatz e Schäpe (2000). Para a separação da classe vias utilizou-se arquivo vetorial em formato ESRI *Shapefile*. Por meio de um operador NDVI, foi possível fazer a separação das classes vegetação e sombra, aplicando-se o operador de TA_Arithmetic, que resultou na separação das áreas escuras na imagem.

No Quadro 2 é exemplificada e comentada cada amostra das classes.

Quadro 2 - Análise de coleta amostral das classes interessadas

<p>Telhado Metálica Branca</p> 	<p>Análise: Houve presença e coleta em todas as áreas testes (2011 e 2013), menos na área de teste 2 de 2013, que não foi identificada esta classe.</p>	<p>Justificativa: A não presença desta cobertura na área de teste 2 é devido a característica do bairro que predomina telhado de cerâmica.</p>
<p>Telhado Metálica Padrão</p> 	<p>Análise: Houve presença e coleta em todas as áreas testes (2011 e 2013).</p>	<p>Justificativa: Na área de teste 2 houve pouca presença, e está principalmente em construção comercial.</p>
<p>Telhado Metálica Amarela</p> 	<p>Análise: Houve presença e coleta na área teste 1 (2011 e 2013). Na área de teste 2 esta classe não foi identificada.</p>	<p>Justificativa: Na área de teste 2 houve pouca presença, e está principalmente em construção comercial.</p>
<p>Telhado amianto</p> 	<p>Análise: Houve presença e coleta em todas as áreas testes (2011 e 2013).</p>	<p>Justificativa: Tipo de cobertura com muito utilizada no município, está em todas às áreas de teste.</p>

<p>Telha Cerâmica Clara</p> 	<p>Análise: Houve presença e coleta em todas as áreas testes (2011 e 2013).</p>	<p>Justificativa: Tipo de cobertura muito utilizada no município, está em todas às áreas de teste.</p>
<p>Telha Cerâmica Escura</p> 	<p>Análise: Houve presença e coleta em todas as áreas testes (2011 e 2013).</p>	<p>Justificativa: Tipo de cobertura muito utilizada no município, está em todas às áreas de teste.</p>
<p>Telha Cerâmica Bege</p> 	<p>Análise: Houve presença e coleta na área teste 2 (2011 e 2013). Na área de teste 1 esta classe não foi identificada.</p>	<p>Justificativa: Na área de teste 1 não foi identificado esse tipo de cobertura. São telhados mais modernos.</p>
<p>Telhado Cerâmica Cinza</p> 	<p>Análise: Houve presença e coleta na área teste 2 (2011 e 2013). Na área de teste 1 esta classe não foi identificada.</p>	<p>Justificativa: Na área de teste 1 não foi identificado esse tipo de cobertura. São telhados mais modernos.</p>
<p>Piscina</p> 	<p>Análise: Houve presença e coleta em todas as áreas testes (2011 e 2013).</p>	<p>Justificativa: Está presente em todas as áreas de testes. Aparece com maior quantidade na área de teste 2.</p>

<p>Solo Exposto</p> 	<p>Análise:</p> <p>Houve presença e coleta em todas as áreas testes (2011 e 2013).</p>	<p>Justificativa:</p> <p>Está presente em todas as áreas de teste. Aparece com maior quantidade na área de teste 2.</p>
<p>Outro Solo</p> 	<p>Análise:</p> <p>Houve presença e coleta na área teste 1 (2011 e 2013). Na área de teste 2 esta classe não foi identificada.</p>	<p>Justificativa:</p> <p>Na área de teste 2 não foi identificado esse tipo de solo.</p>
<p>Solo Gramado</p> 	<p>Análise:</p> <p>Houve presença e coleta na área teste 2 (2011 e 2013). Na área de teste 1 esta classe não foi identificada.</p>	<p>Justificativa:</p> <p>Na área de teste 1 há pouca presença de parcelas vazias, sem construções.</p>

Fonte: Sistema InterIMAGE.

Nas Tabelas 10, 11, 12 e 13 e nos Gráficos 1, 2, 3 e 4 são mostrados os quantitativos das amostragens de cada classe, em cada área de teste. Não há quantidade mínima exigida do *software* InterIMAGE para coleta de amostras. O número utilizado foi considerado significativo no processo.

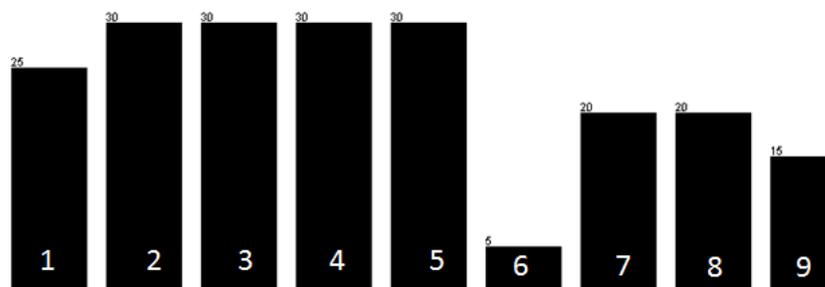
a) Área de teste 1 – 2011

Tabela 10 - Classes e quantidade de amostras da área de teste 1 - 2011

No.	Label	Count
1	amianto	25
2	ceramica_clara	30
3	ceramica_escura	30
4	metalica_padrao	30
5	metalica_amarela	30
6	piscina	5
7	metalica_branca	20
8	solo_exposto	20
9	outro_solo	15

Fonte: Gerado pelo software WEKA.

Gráfico 1 - Amostras da área de teste 1 - 2011



Fonte: Gerado pelo software WEKA.

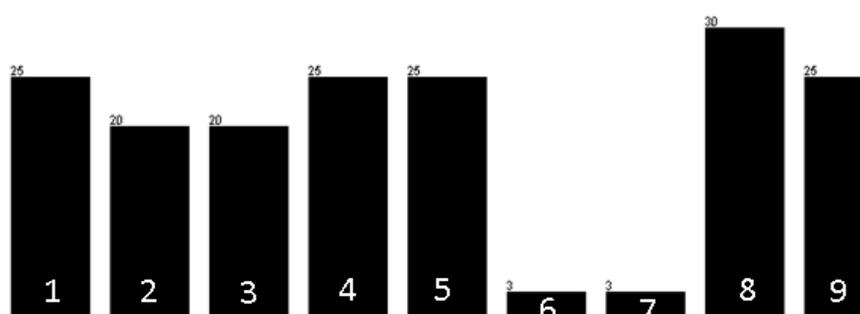
b) Área de teste 1 – 2013

Tabela 11 - Classes e quantidade de amostras da área de teste 1 - 2013

No.	Label	Count
1	amianto	25
2	ceramica_clara	20
3	ceramica_escura	20
4	metalica_padrao	25
5	metalica_amarela	25
6	piscina	3
7	metalica_branca	3
8	solo_exposto	30
9	outro_solo	25

Fonte: Gerado pelo software WEKA.

Gráfico 2 - Amostras da área de teste 1 - 2013



Fonte: Gerado pelo software WEKA.

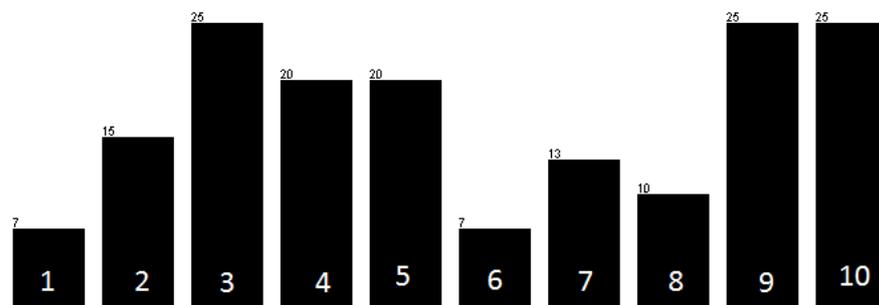
c) Área de teste 2 – 2011

Tabela 12 - Classes e quantidade de amostras da área de teste 2 - 2011

No.	Label	Count
1	amianto	7
2	ceramica_bege	15
3	ceramica_clara	25
4	ceramica_escura	20
5	ceramica_cinza	20
6	metalica_padrao	7
7	metalica_branca	13
8	piscina	10
9	solo_exposto	25
10	solo_gramado	25

Fonte: Gerado pelo software WEKA.

Gráfico 3 - Amostras da área de teste 2 - 2011



Fonte: Gerado pelo software WEKA.

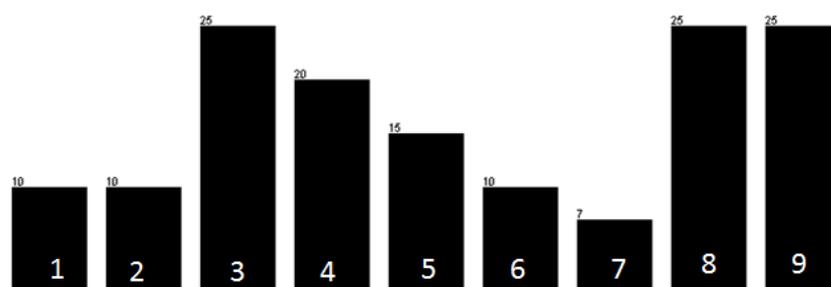
d) Área de teste 2 – 2013

Tabela 13 - Classes e quantidade de amostras da área de teste 2 - 2013

No.	Label	Count
1	amianto	10
2	ceramica_bege	10
3	ceramica_clara	25
4	ceramica_escura	20
5	ceramica_cinza	15
6	metalica_padrao	10
7	piscina	7
8	solo_exposto	25
9	solo_gramado	25

Fonte: Gerado pelo software WEKA.

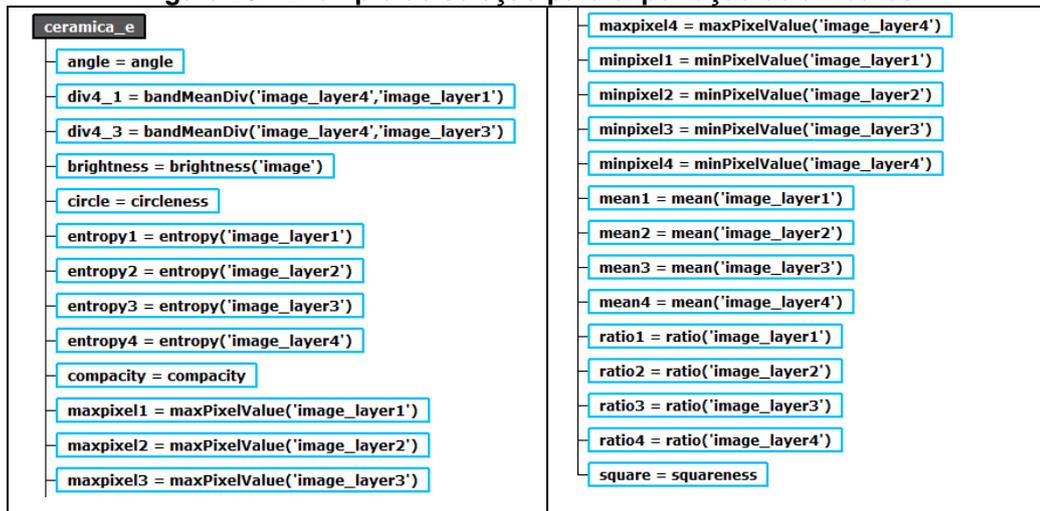
Gráfico 4 - Amostras da área de teste 2 - 2013



Fonte: Gerado pelo software WEKA.

A ferramenta *sample editor*, do sistema InterIMAGE, permitiu selecionar e exportar cada atributo escolhido. Para todas as classes foram atribuídos os mesmos atributos. Fazem parte da exportação os arquivos com extensões .dbf, .shp e .shx. A Figura 29 é um exemplo dos atributos escolhidos e exportados da classe cerâmica escura.

Figura 29 - Exemplo de seleção para exportação de atributos



Fonte: Software InterIMAGE.

Com os resultados das exportações dos atributos de cada classe foi possível juntar todos os dados em um único arquivo .csv, pois é nesta extensão que o minerador WEKA consegue ler os dados e processá-los. A Figura 30 mostra uma porção dos dados reunidos.

Figura 30 - Exemplo de arquivo unificado com dados exportados do InterIMAGE

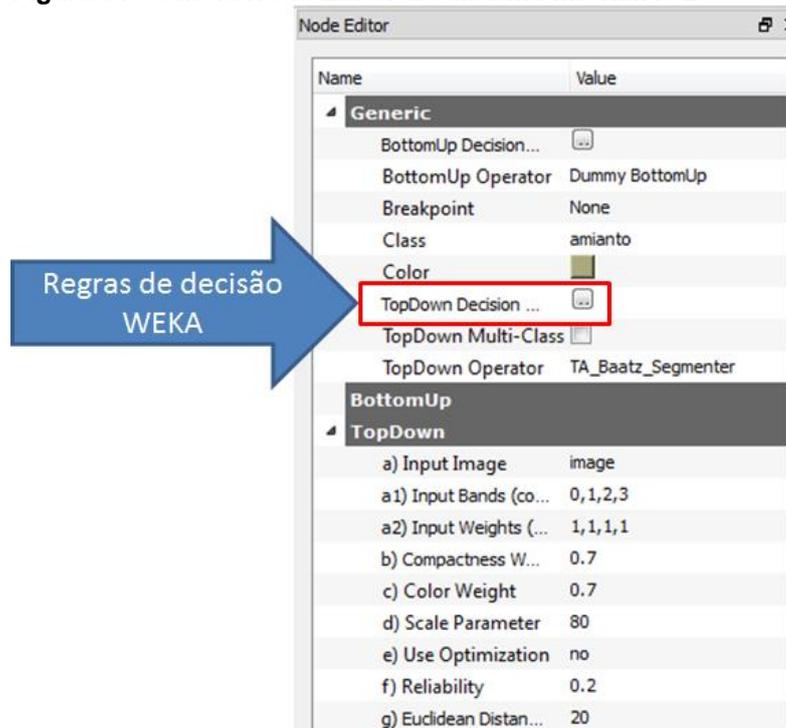
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 MINERAÇÃO DE DADOS

O resultado da mineração de dados foi uma árvore de decisão exploratória com valores de limiares prontos para serem inseridos no InterIMAGE. Este procedimento agilizou e eliminou a subjetividade na implementação das regras de decisões que poderiam ser geradas pelo analista no sistema InterIMAGE.

Não foi possível leitura dos dados do sistema WEKA (limiares) direto pelo sistema InterIMAGE, pois não há mecanismos disponíveis para esse processo. Os dados foram inseridos manualmente, em cada classe, por meio da janela *Node Editor*, no operador *Decision Rule for TopDown* do sistema InterIMAGE, conforme apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Janela *Node Editor* do sistema InterIMAGE



Fonte: Sistema InterIMAGE.

As Figuras 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 apresentam a árvore de cada área de teste (2011 e 2013) e a matriz de confusão gerada pelo sistema WEKA, respectivamente. A regra de decisão inserida no InterIMAGE também é apresentada.

a) Área de teste 1 (2011)

Figura 32 - Árvore de decisão e matriz de confusão – Área de teste 1 (2011).

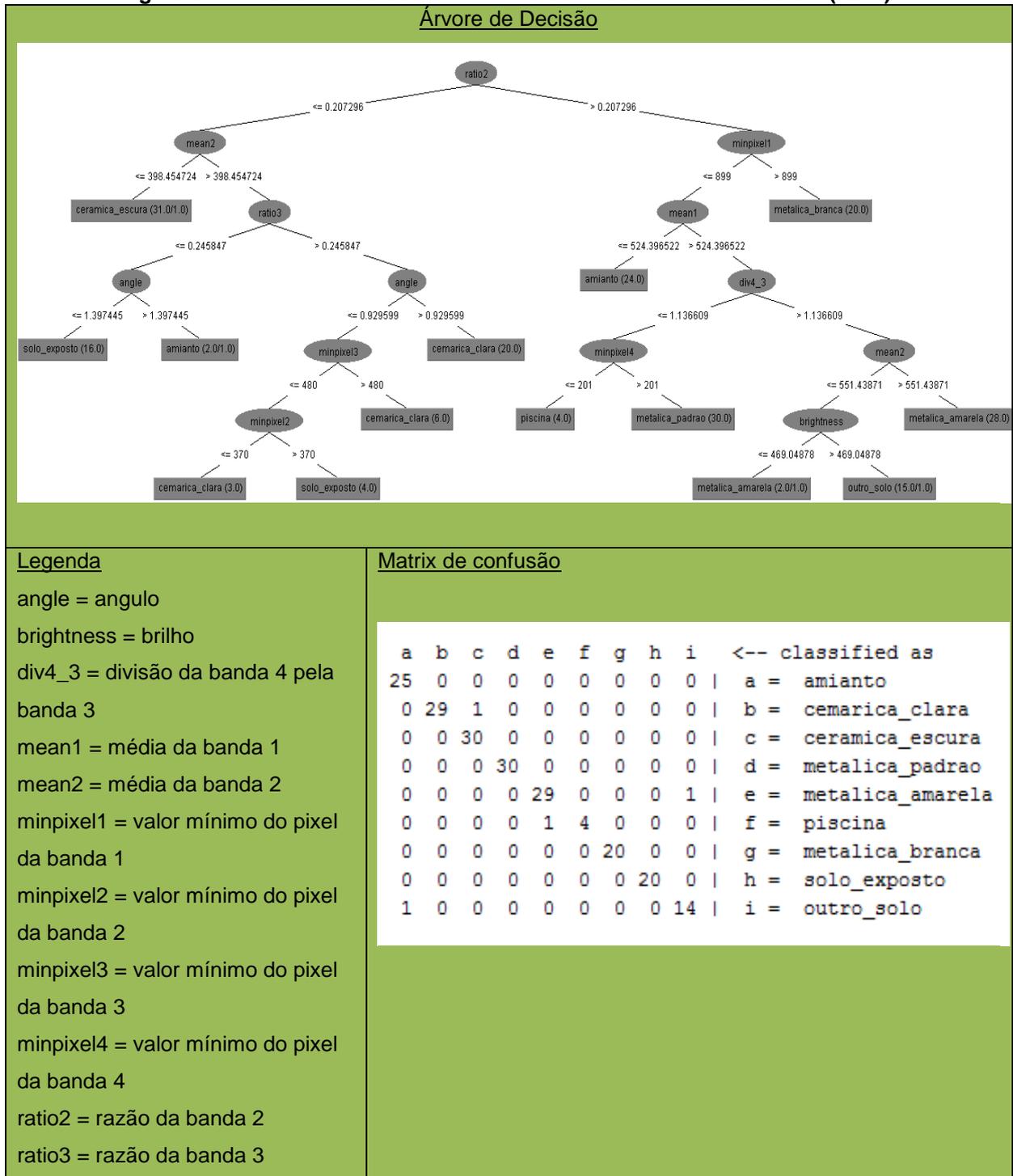
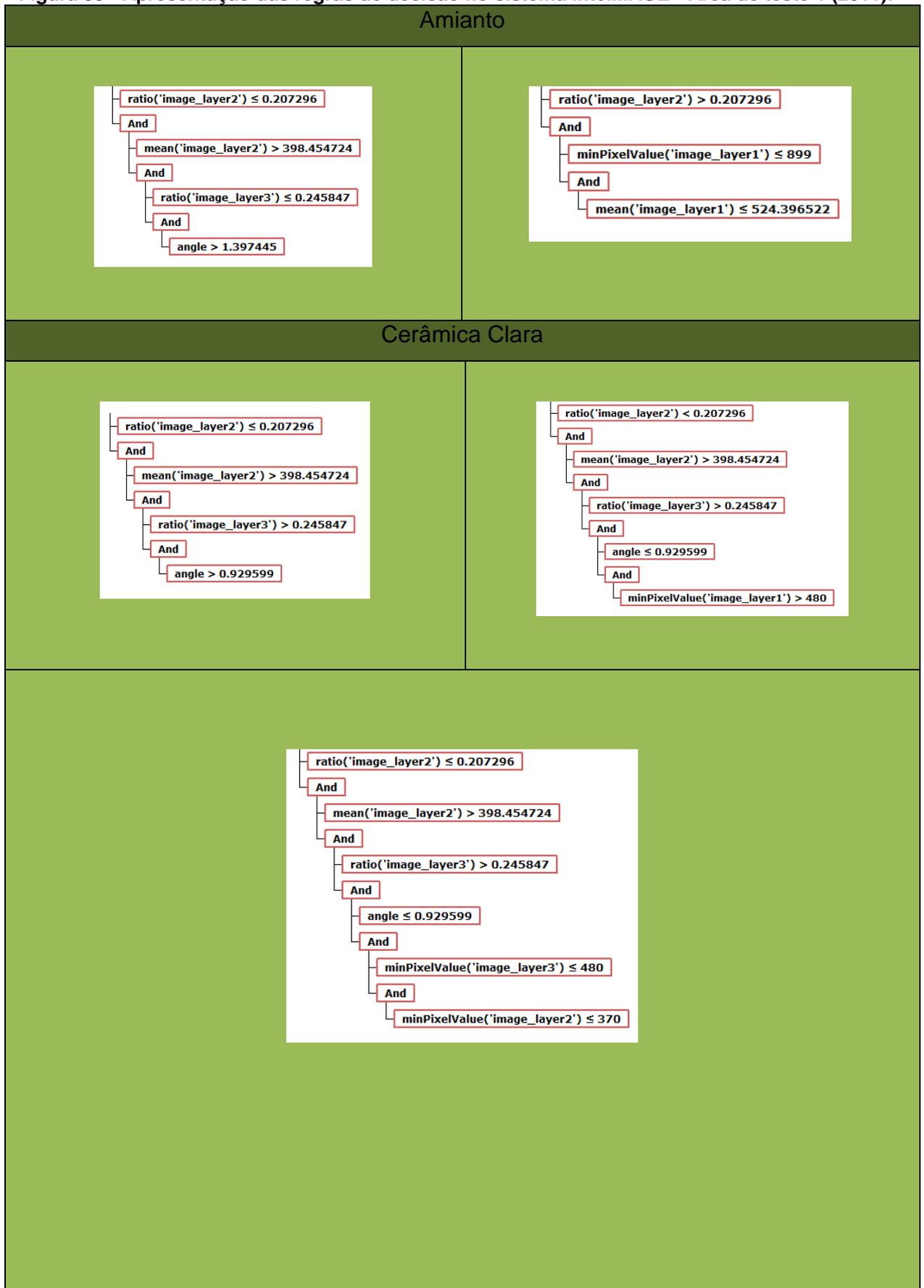
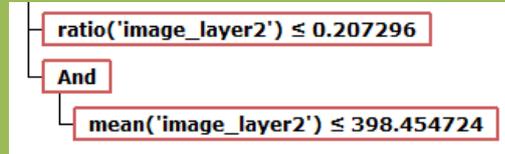


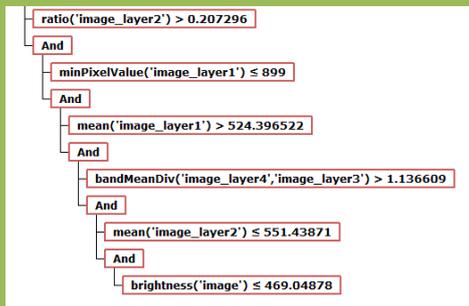
Figura 33 - Apresentação das regras de decisão no sistema IntelIMAGE - Área de teste 1 (2011).



Cerâmica Escura



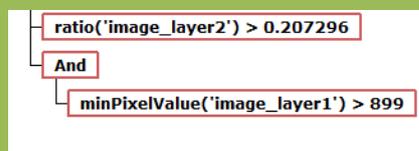
Metálica Amarela



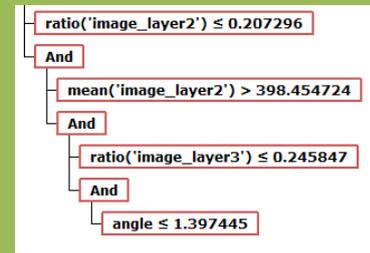
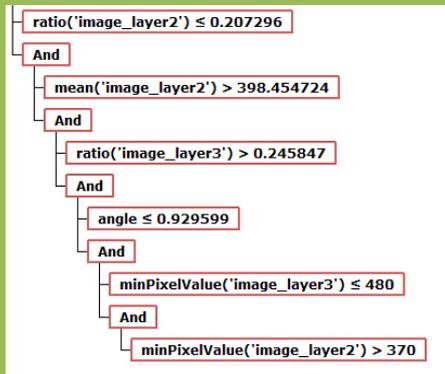
Metálica Padrão



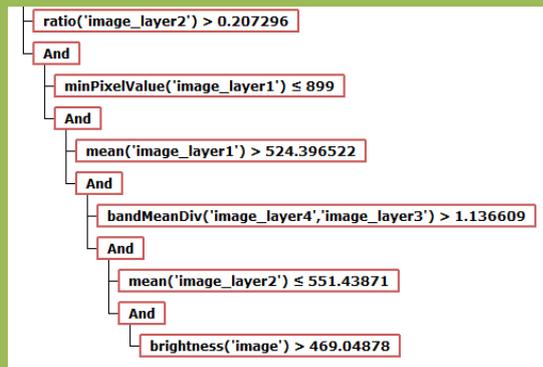
Metálica Branca



Solo Exposto



Outro Solo

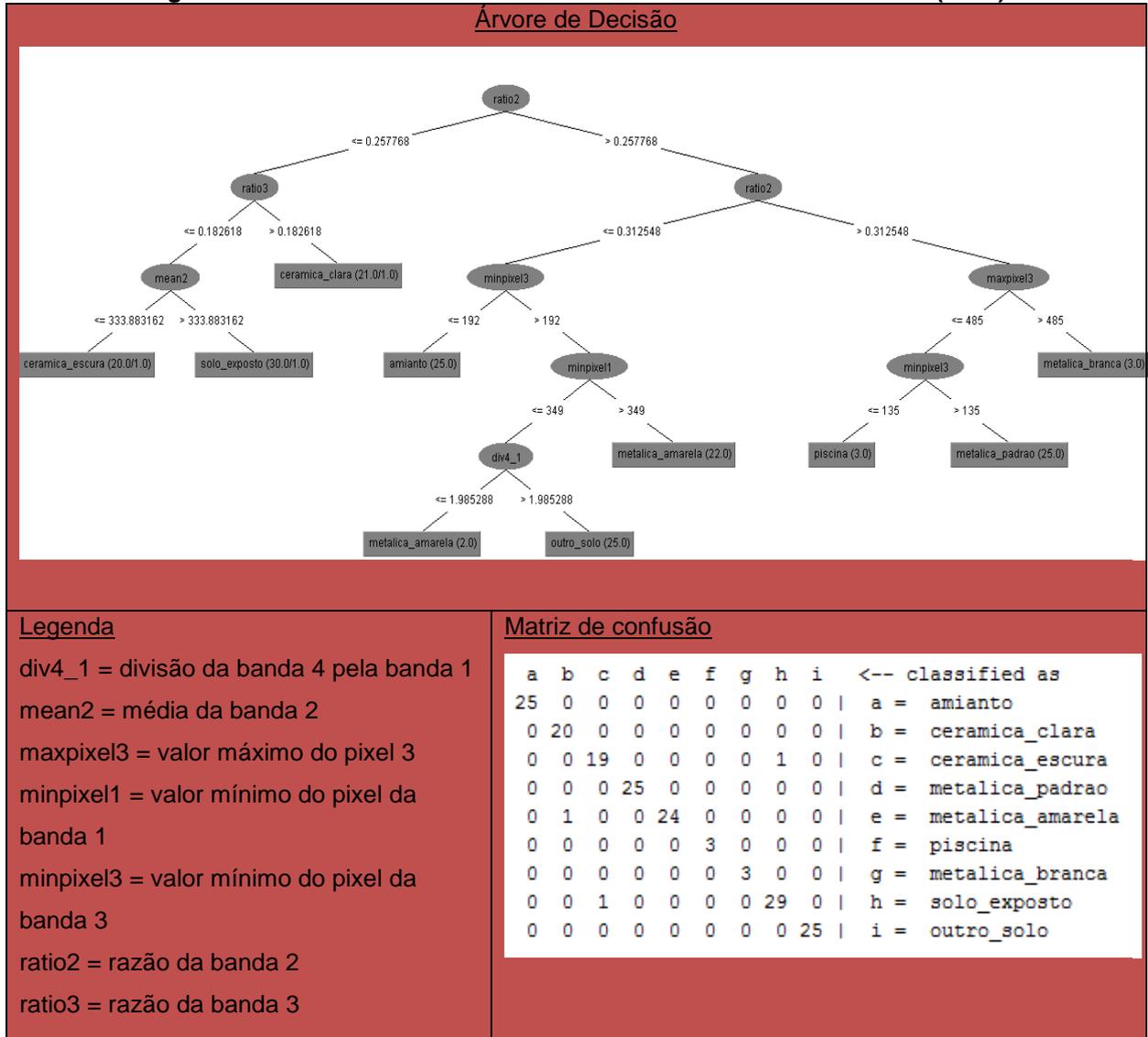


Piscina



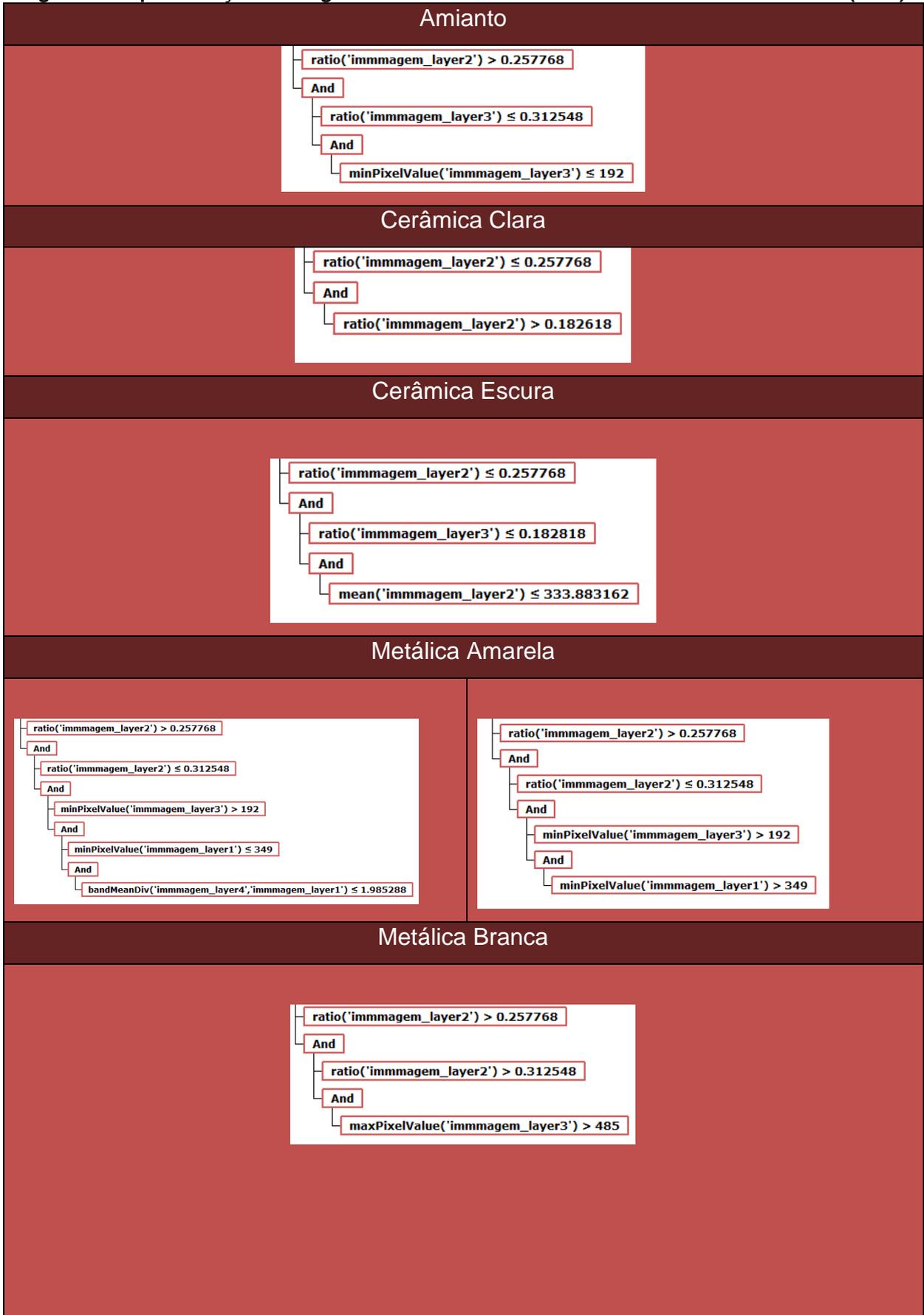
b) Área de teste 1 (2013)

Figura 34 - Árvore de decisão e matriz de confusão. Área de teste 1 (2013)

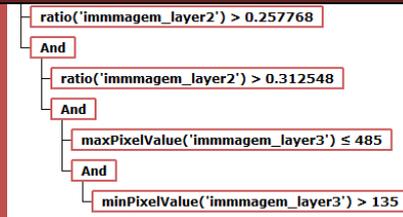


Fonte: Sistema WEKA.

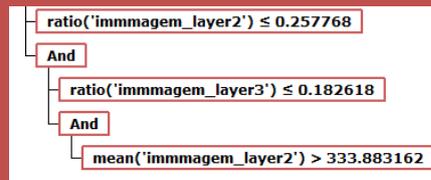
Figura 35 - Apresentação das regras de decisão no sistema IntelIMAGE - Área de teste 1 (2013)



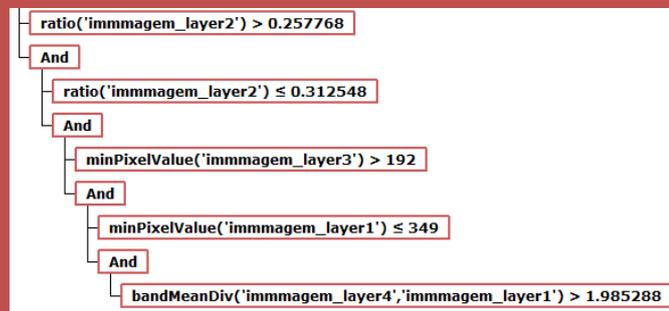
Metálica Padrão



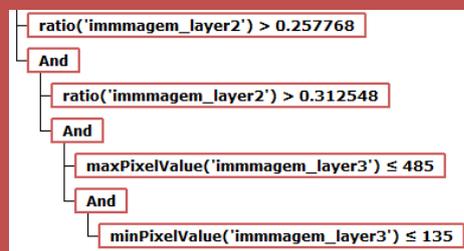
Solo Exposto



Outro Solo



Piscina



Fonte: Sistema InterIMAGE.

c) Área de teste 1 (2013)

Figura 36 - Árvore de decisão e matriz de confusão - Área de teste 2 (2011)

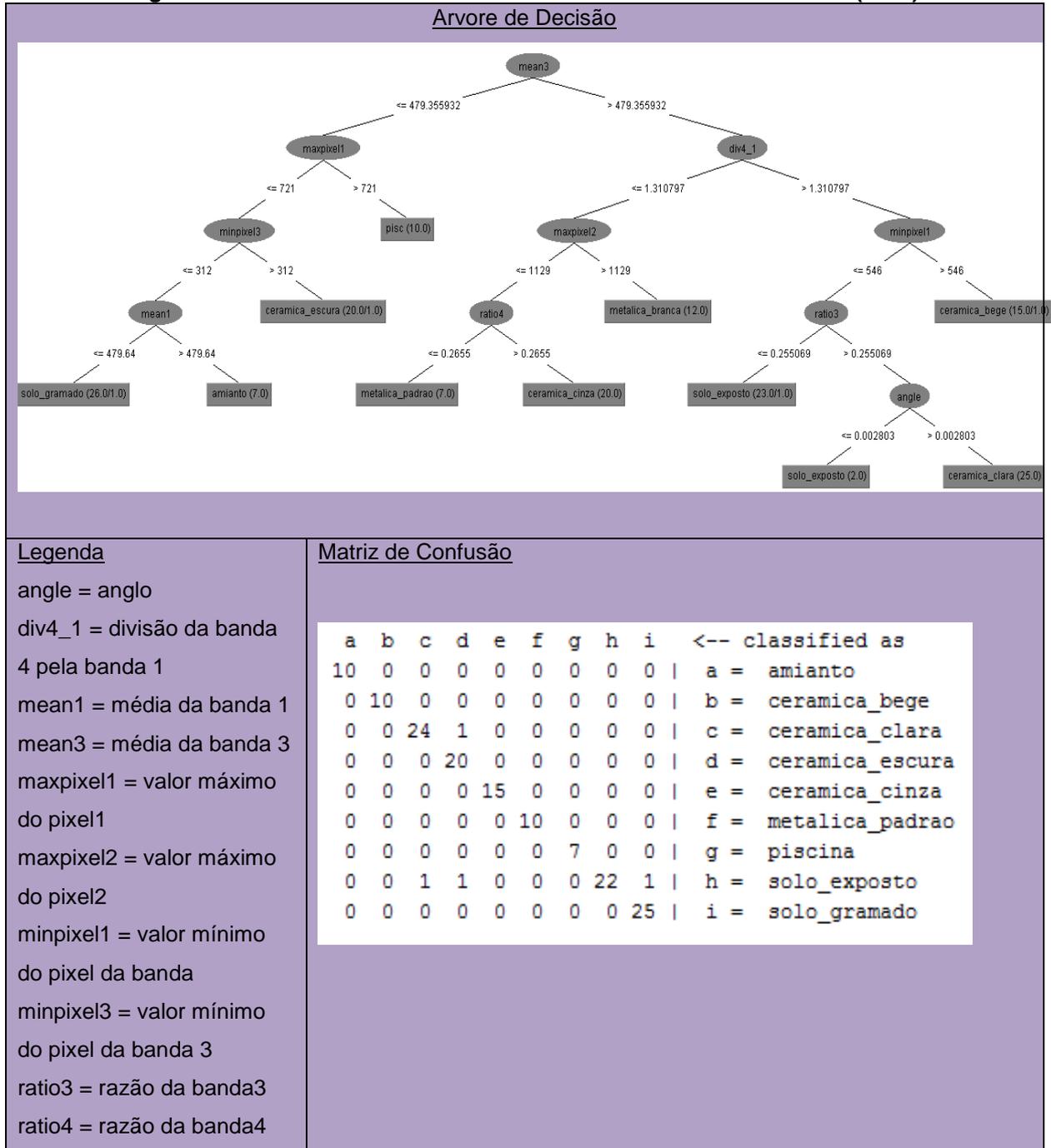
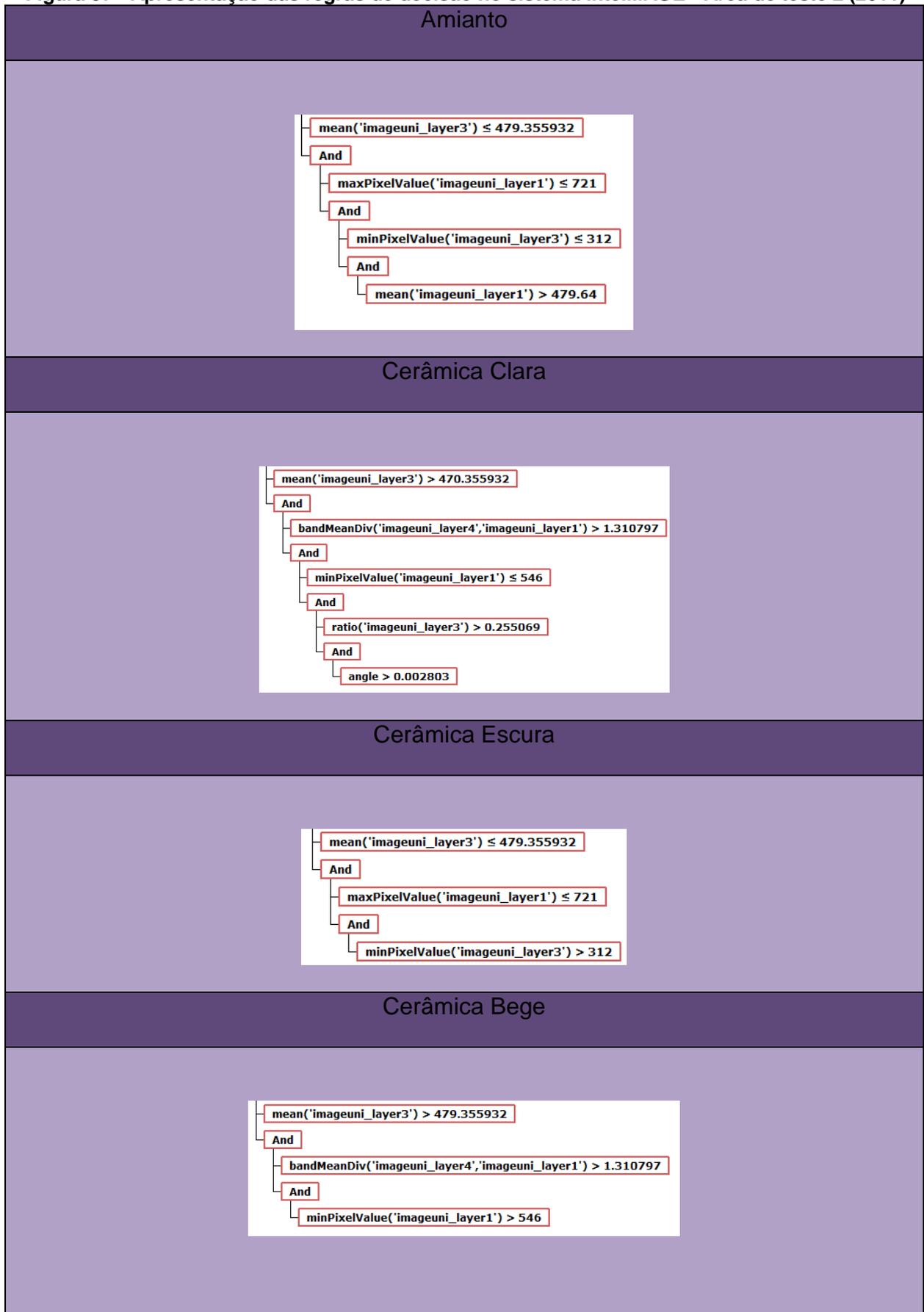
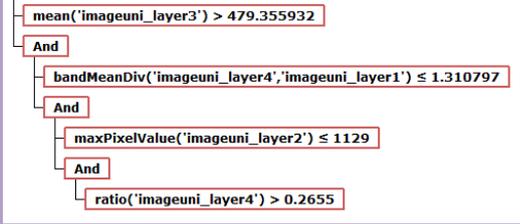


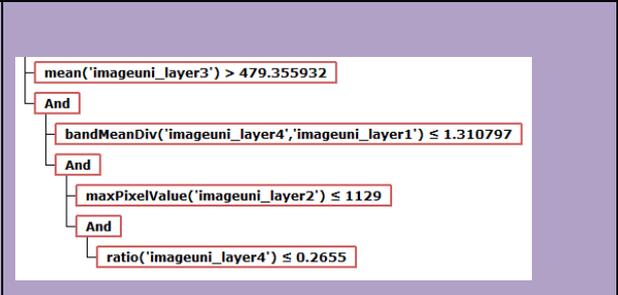
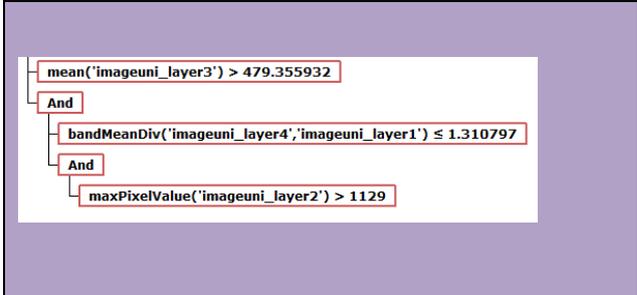
Figura 37 - Apresentação das regras de decisão no sistema IntelIMAGE - Área de teste 2 (2011)



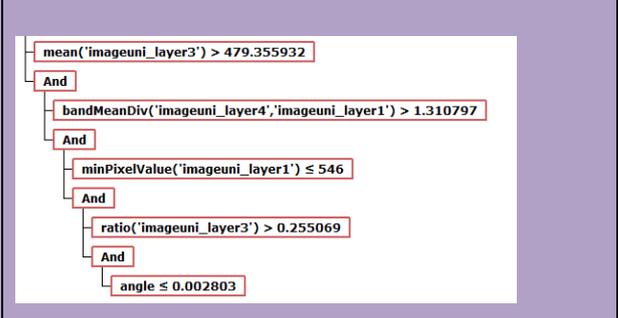
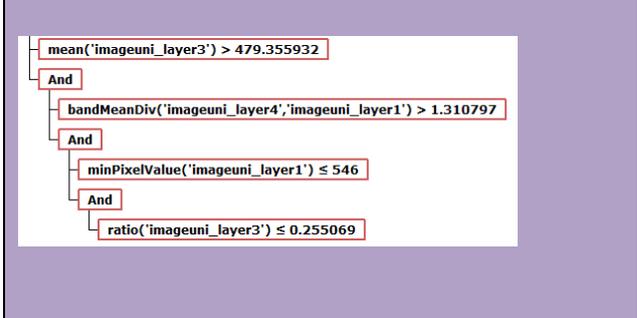
Cerâmica Cinza



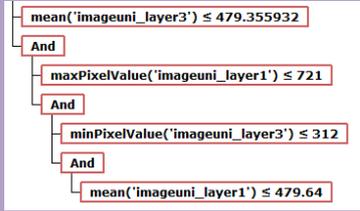
Metálica



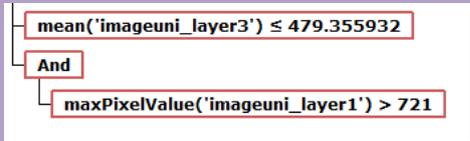
Solo Exposto



Solo Gramado



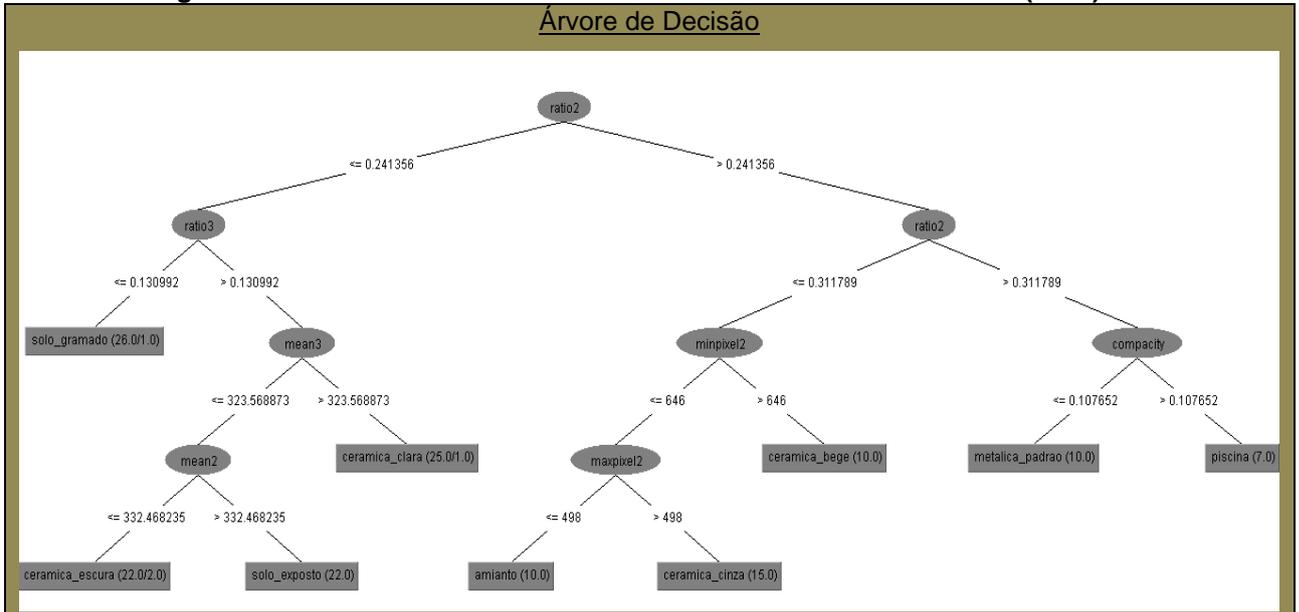
Piscina



Fonte: Sistema InterIMAGE.

d) Área de teste 2 (2013)

Figura 38 - Árvore de decisão e matriz de confusão - Área de teste 2 (2013)



Legenda

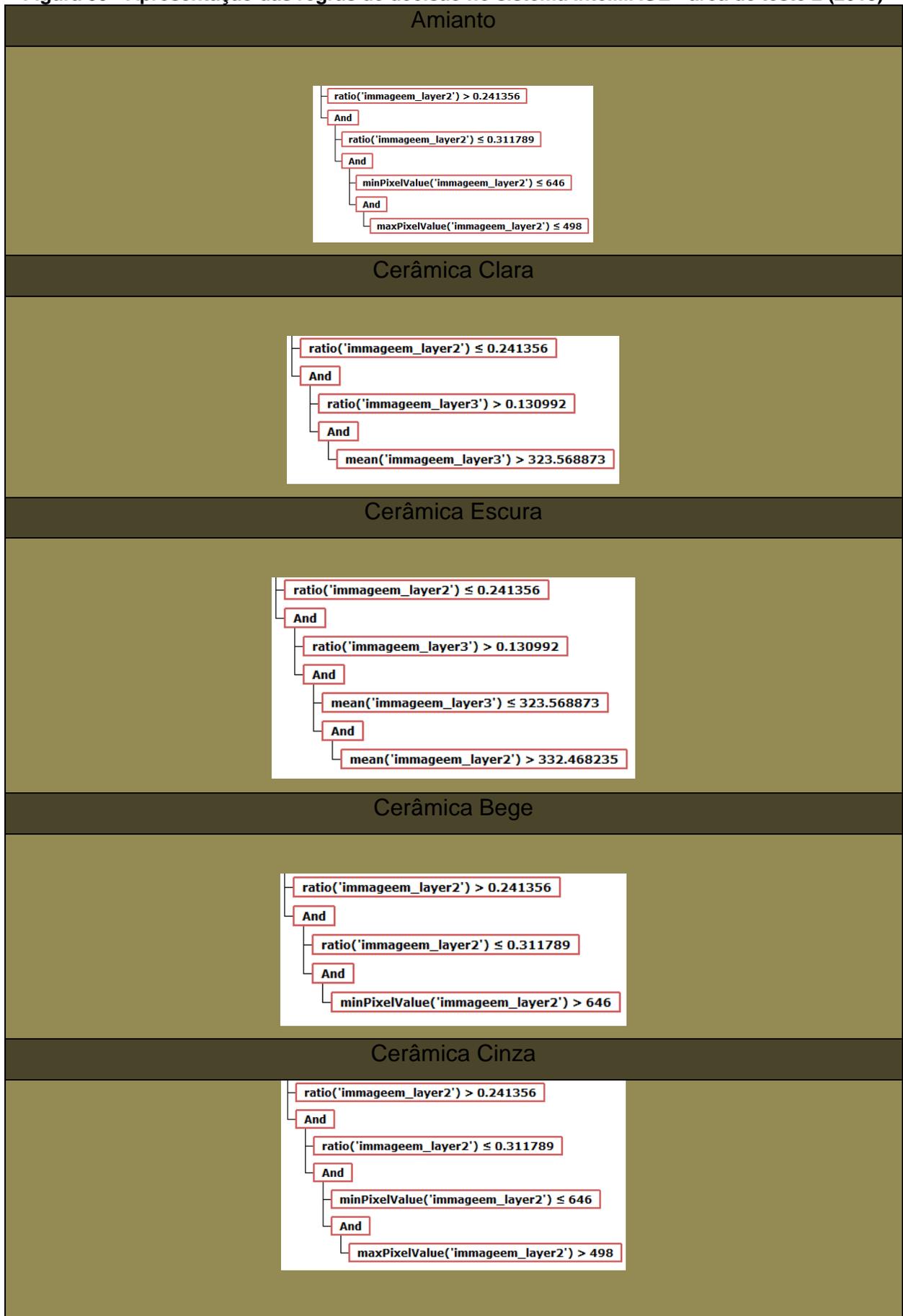
- angle = angulo
- div4_1 = divisão da banda 4 pela banda 1
- mean1 = média da banda 1
- mean3 = média da banda 3
- maxpixel1 = valor máximo do pixel1
- maxpixel2 = valor máximo do pixel2
- minpixel1 = valor mínimo do pixel da banda
- minpixel3 = valor mínimo do pixel da banda 3
- ratio3 = razão da banda3
- ratio4 = razão da banda4

Matriz de confusão

a	b	c	d	e	f	g	h	i	<-- classified as
10	0	0	0	0	0	0	0	0	a = amianto
0	10	0	0	0	0	0	0	0	b = ceramica_bege
0	0	24	1	0	0	0	0	0	c = ceramica_clara
0	0	0	20	0	0	0	0	0	d = ceramica_escura
0	0	0	0	15	0	0	0	0	e = ceramica_cinza
0	0	0	0	0	10	0	0	0	f = metalica_padrao
0	0	0	0	0	0	7	0	0	g = piscina
0	0	1	1	0	0	0	22	1	h = solo_exposto
0	0	0	0	0	0	0	0	25	i = solo_gramado

Fonte: Sistema WEKA.

Figura 39 - Apresentação das regras de decisão no sistema IntelIMAGE - área de teste 2 (2013)





Fonte: InterIMAGE.

Os polígonos formados por meio da segmentação no sistema InterIMAGE ganharam valores para cada atributo escolhido (compacidade, brilho etc.). A partir das amostras de objetos rotulados (metálica, amianto etc.) foram extraídos e exportados valores de atributos para aplicação da técnica de mineração de dados, utilizando sistema WEKA que disponibilizou valores de limiares. Esses valores podem ser uma média, valor mínimo, valor máximo ou mesmo um resultado de uma operação aritmética. Os valores apresentados na árvore de decisão podem intercalados e inseridos no InterIMAGE, por exemplo: *ratio* < 0,2 e *compacity* > 0.10. A ideia da intercalação no processo é atribuir vários valores de atributos diferentes

para melhor caracterizar o objeto da classe. Na técnica aplicada não houve tentativa e erro para chegar ao resultado.

5.4 CLASSIFICAÇÃO

O primeiro resultado da classificação de cada área de teste obteve objetos não rotulados, conforme mensurados na Tabela 14.

Tabela 14 - Porcentagem de objetos não rotulados em cada área de teste

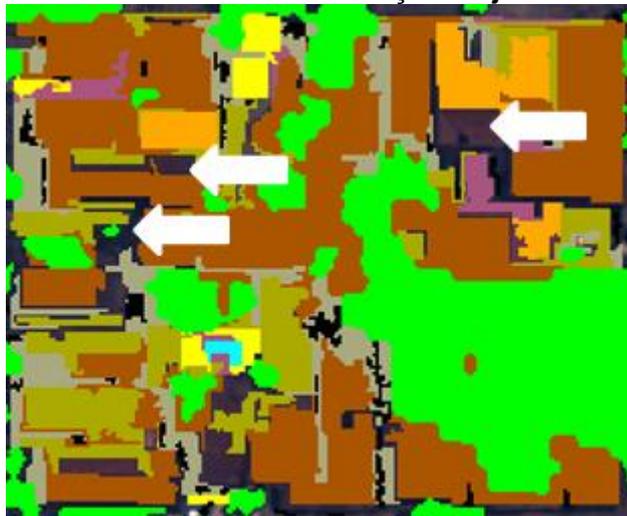
Área classificada	Porcentagem de objetos não rotulados na classificação
Área de teste 1 - 2011	0,78%
Área de teste 1 - 2013	2,68%
Área de teste 2 - 2011	3,24%
Área de teste 2 - 2013	8,4%

Fonte: Sistema InterIMAGE

Por meio de identificação visual (Figura 40), foi constatado que algumas classes tiveram objetos não rotulados. Isso se explica pelo fato de os critérios utilizados para identificar objetos dessas classes não rotuladas serem muito restritivos. Outra questão que deve ser levada em consideração é que entre um alvo e outro existem pixels com cores de outros alvos, assim, não é classificada como uma classe e nem com outra.

A Figura 40 mostra alguns objetos não rotulados pela classificação, deixando algumas lacunas, conforme indicado pelas setas de coloração branca. As demais colorações (verde, marrom, azul etc.) são objetos classificados tais como: vegetação, telhado de cerâmica, piscina etc.

Figura 40 - Amostra do resultado da classificação. Objetos não rotulados

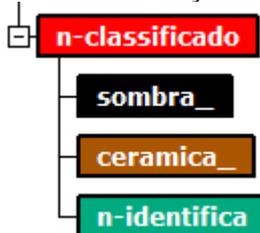


Fonte: Sistema InterIMAGE.

Nas classificações que tiveram objetos não rotulados foram feitas novas amostragens dos objetos não rotulados, principalmente a cerâmica escura e a sombra. Foi gerada uma segunda árvore de decisão no sistema WEKA e novos nós (Figura 40) foram criados na rede semântica.

Abaixo do nó quadras foi criado um último nó, chamado n-identificado, que recebeu o operador *dummy topdown* com um valor de *reability* 0.1 para ser o último nó a ser tratado. Foram criados como nós-filhos do nó n-identificado os nós cerâmica, sombra e n-identifica. Os dois primeiros receberam os mesmos operadores aplicados na amostragem (*baatz_segmenter*), com parâmetro padrão, e o último recebeu o operador padrão *dummy topdown* com *reability* 0.1 para rotular aqueles objetos que não foram identificados pelo classificador.

Figura 41 - Novos nós inseridos na classificação em todas as áreas de teste



Fonte: Sistema InterIMAGE.

5.5 MAPAS TEMÁTICOS E AVALIAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO

Neste tópico são apresentados os mapas temáticos gerados das duas áreas testes (2011 e 2013). Suas matrizes de confusão e as avaliações de cada área teste serão apresentadas e discutidas.

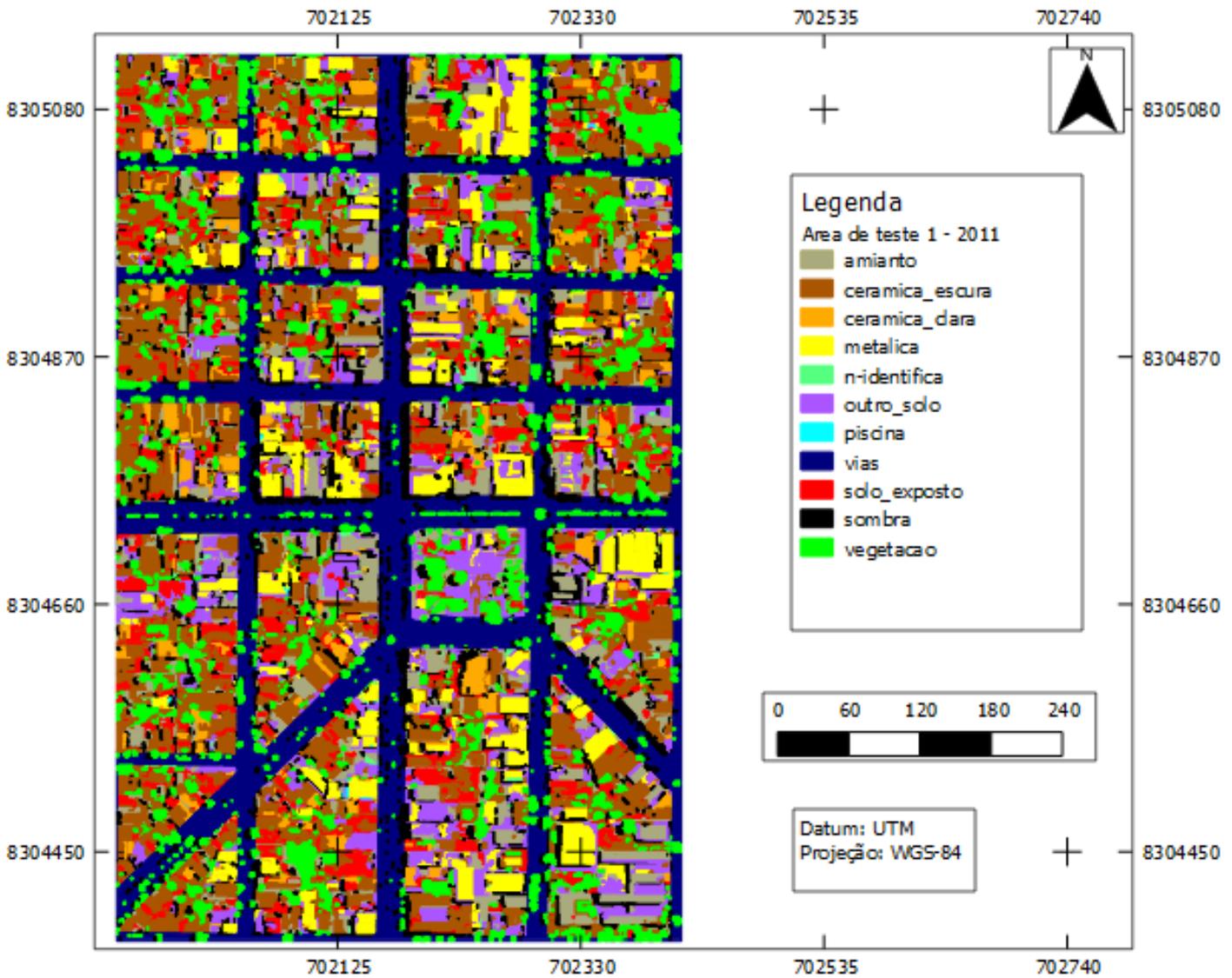
Para a análise da exatidão, as classes cerâmica clara e cerâmica escura foram reunidas em uma mesma classe chamada cerâmica, por apresentar a mesma tonalidade de cor (vermelho) e a mesma característica.

No mapa temático (Figura 42), área de teste 1 de 2011, é possível verificar a separação das classes. O resultado da classificação da área de teste 1 de 2011 apresentou 5,47% de sombra. Essa classe aparece em maior quantidade nas regiões em que as edificações são altas e influenciadas pelo ângulo de visada do sensor (64 graus para as imagens de 2011 e 43 graus para as imagens de 2013). As confusões maiores apareceram nas classes de cerâmica (clara e escura) e solo exposto, havendo dificuldades na separação por apresentarem as mesmas características de cor, textura e forma. A mistura espectral também ocasionou as

confusões. Um exemplo é mostrado na Figura 42. Outras confusões também foram identificadas em amianto e sombra e outros.

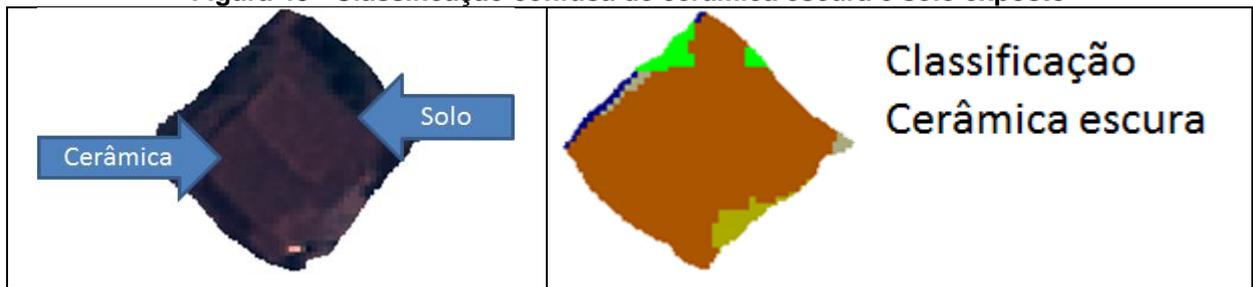
Figura 42 - Mapa temático da classificação da área de teste 1 (2011)

Mapa Temático de Cobertura de Solo - Area de Teste 1 - Imagem de 2011



Fonte: Software InterIMAGE.

Figura 43 - Classificação confusa de cerâmica escura e solo exposto



Fonte: Software InterIMAGE.

Os resultados mostraram, por meio de análise visual da classificação e dos dados da matriz de confusão, que coberturas metálicas, vegetação, sombra, piscinas e vias tiveram melhor separação, com pouca confusão.

A matriz de confusão permitiu avaliação da acurácia da classificação (2011), conforme a Tabela 15.

Tabela 15 - Matriz de confusão – Área de teste 1 - 2011

		REFERÊNCIA - VERDADE										
		AMIANTO	CERAMICA	METALICA	VIAS	SOLO EXPOSTO	OUTRO SOLO	SOMBRA	VEGETACAO	N-IDENTIFICA	PISCINA	TOTAL
CLASSIFICAÇÃO	AMIANTO	43		1			4			1		49
	CERAMICA	5	113			15				1		134
	METALICA		1	46								47
	VIAS				130							130
	SOLO EXPOSTO	3	28			28						59
	OUTRO SOLO	5	3	2			30					40
	SOMBRA	15	1					39				55
	VEGETACAO				1				64			65
	N-IDENTIFICA	2	1							5		8
	PISCINA											
	TOTAL	73	147	49	131	43	34	39	64	7		587

Fonte: QuantumGIS e InterIMAGE

A porcentagem da exatidão total para esta classificação atingiu valores de exatidão global e Tau de 85% e 83%, respectivamente. Os números surgiram de uma equação, que quantificou 587 amostras, conforme apresentado na figura 43.

Figura 44 - Amostra aleatória simples das áreas de teste 1 - 2011

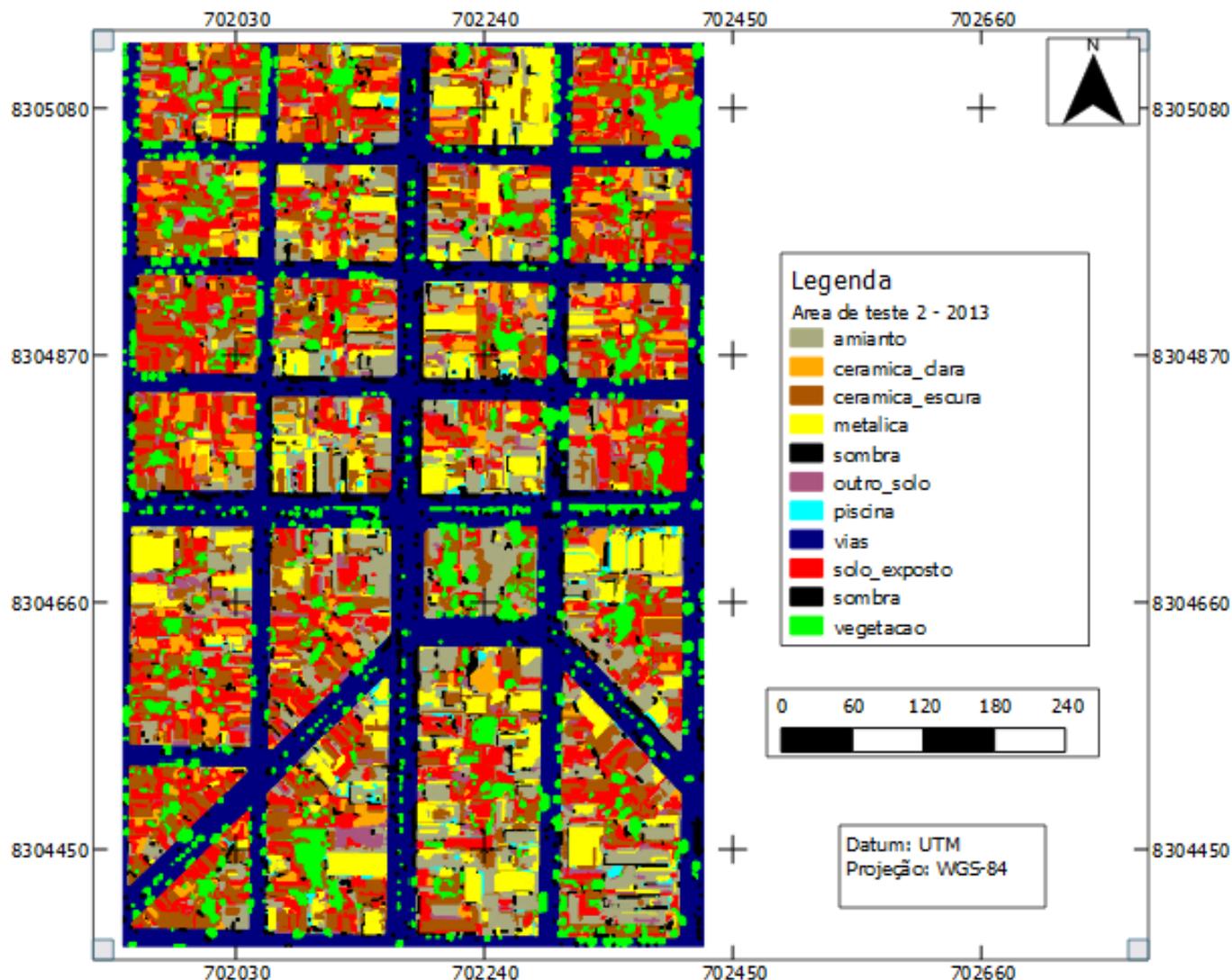


Fonte: Software QuantumGIS.

Na Figura 44 pode-se avaliar os resultados da classificação da área de teste 1 (2013). O resultado da classificação apresentou 3,52% de sombra. Os resultados foram parecidos com a classificação de 2011, apresentando confusão principalmente nas classes cobertura cerâmica e solo exposto. Ao avaliar a classe piscina, por meio de identificação visual e análise dos dados da matriz de confusão da Tabela 16, é possível verificar que a classificação não foi satisfatória nessa área de teste, apresentando confusão e separação ruim.

Figura 45 - Mapa temático da classificação da área de teste 1 (2013)

Mapa Temático de Cobertura de Solo - Area de Teste 1 - Imagem de 2013



Fonte: Software InterIMAGE.

Por meio de análise visual da classificação e dos dados da matriz de confusão foi possível verificar que vias e vegetação tiveram uma melhor separação, sem indício de confusão. A matriz de confusão da Tabela 16 permitiu avaliação da acurácia da classificação.

Tabela 16 - Matriz de confusão – Área de teste 1 - 2013

		REFERÊNCIA - VERDADE									
		AMIANTO	CERAMICA	METALICA	VIAS	SOLO EXPOSTO	OUTRO SOLO	SOMBRA	VEGETACAO	PISCINA	TOTAL
CLASSIFICAÇÃO	AMIANTO	60		1		2					63
	CERAMICA	3	71	1		38					113
	METALICA	2	5	60						1	68
	VIAS				185						185
	SOLO EXPOSTO	2	15			48					65
	OUTRO SOLO	12	5	15		1	8				41
	SOMBRA	8	2					19		4	33
	VEGETACAO								58		58
	PISCINA										
	TOTAL	87	98	77	185	89	8	19	58	5	626

Fonte: QuantumGIS e InterIMAGE

A porcentagem da exatidão total para esta classificação atingiu valores de exatidão global e Tau de 81% e 78%, respectivamente. Os números surgiram de uma equação que quantificou 626 amostras, conforme apresentado na Figura 46.

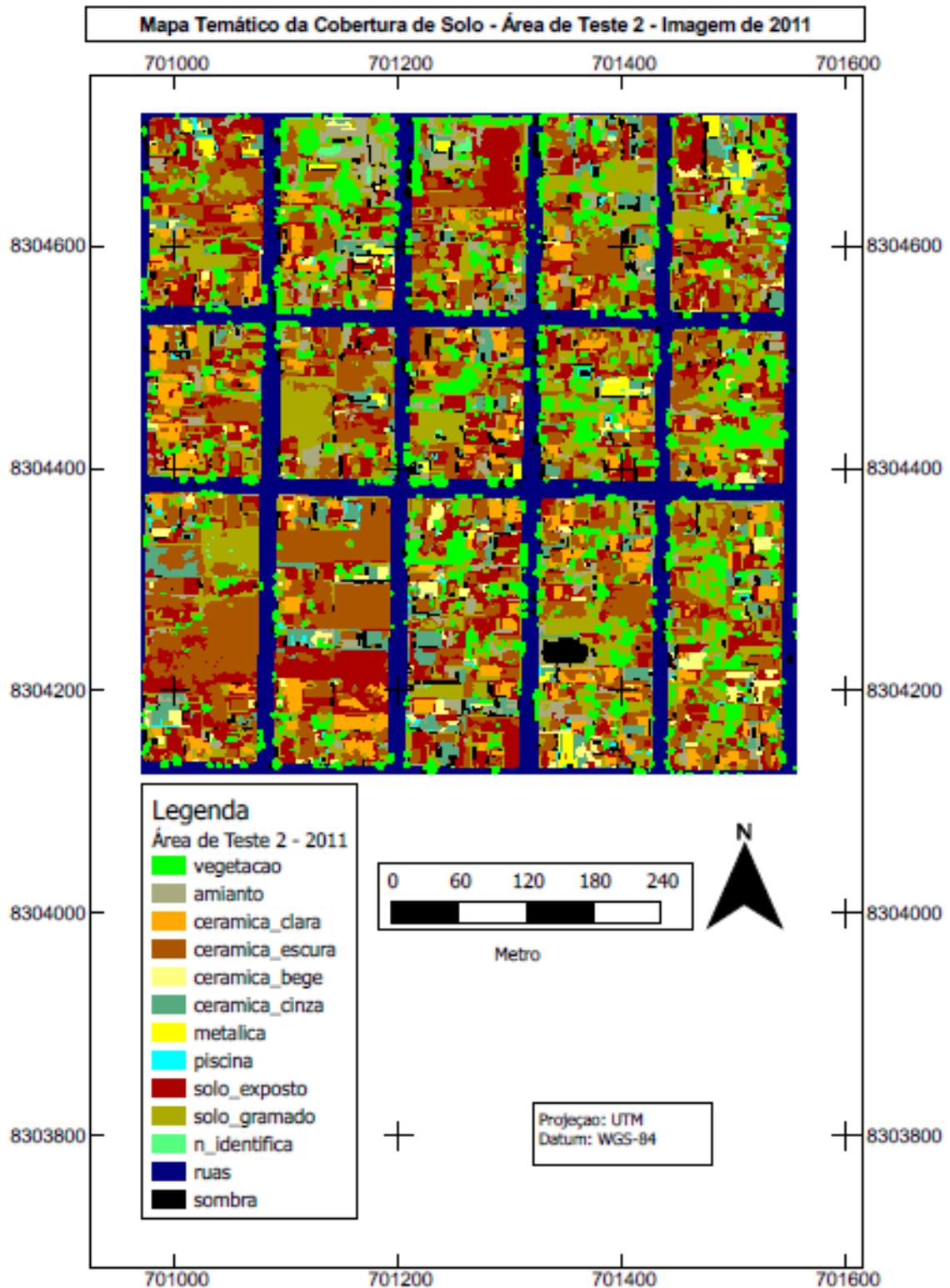
Figura 46 - Amostra aleatória simples das áreas de teste 1 - 2013



Fonte: Software QuantumGIS.

No mapa temático (Figura 47) da área de teste 2 de 2011, é possível verificar a separação das classes. Houve menos presença de sombra (1,70%), por tratar-se de setor residencial, caracterizado pela presença de edificações baixas. Cobertura de cerâmica e solo exposto teve confusão significativa na classificação, conforme apresentado na matriz de confusão (Tabela 17) e análise visual da classificação.

Figura 47 - Mapa temático da classificação da área de teste 2 (2011)



Fonte: **Software InterIMAGE.**

Vegetação e vias tiveram melhor resultado na classificação, apresentando-se sem confusão e com boa separação. A matriz de confusão (Tabela 17) permitiu uma avaliação da acurácia da classificação.

Tabela 17 - Tabela 14 - Matriz de confusão – Área de teste 2 - 2011

		REFERÊNCIA - VERDADE												
CLASSIFICAÇÃO		AMIANTO	CERAMICA	CERAMICA BEGE	CERAMICA CINZA	METALICA	VIAS	SOLO EXPOSTO	SOLO GRAMADO	SOMBRA	VEGETACAO	PISCINA	IDENTIFIC	TOTAL
	AMIANTO	8												8
	CERAMICA		66					34	10					110
	CERAMICA BEGE			8	1			3						12
	CERAMICA CINZA				7	1								8
	METALICA	1	1	2	1	8								13
	VIAS						103							103
	SOLO EXPOSTO	7	36	3	7			76						129
	SOLO GRAMADO	5	1						54					60
	SOMBRA	2							15	4				21
	VEGETACAO										54			54
	PISCINA											1		1
	N-IDENTIFICA	1	1							3			5	10
	TOTAL	24	105	13	16	9	103	113	79	7	54	1	5	529

Fonte: QuantumGIS e InterIMAGE

A porcentagem da exatidão total para esta classificação atingiu valores de exatidão global e Tau de 74% e 72%, respectivamente. Os números surgiram de uma equação que quantificou 529 amostras, conforme apresentado na Figura 48.

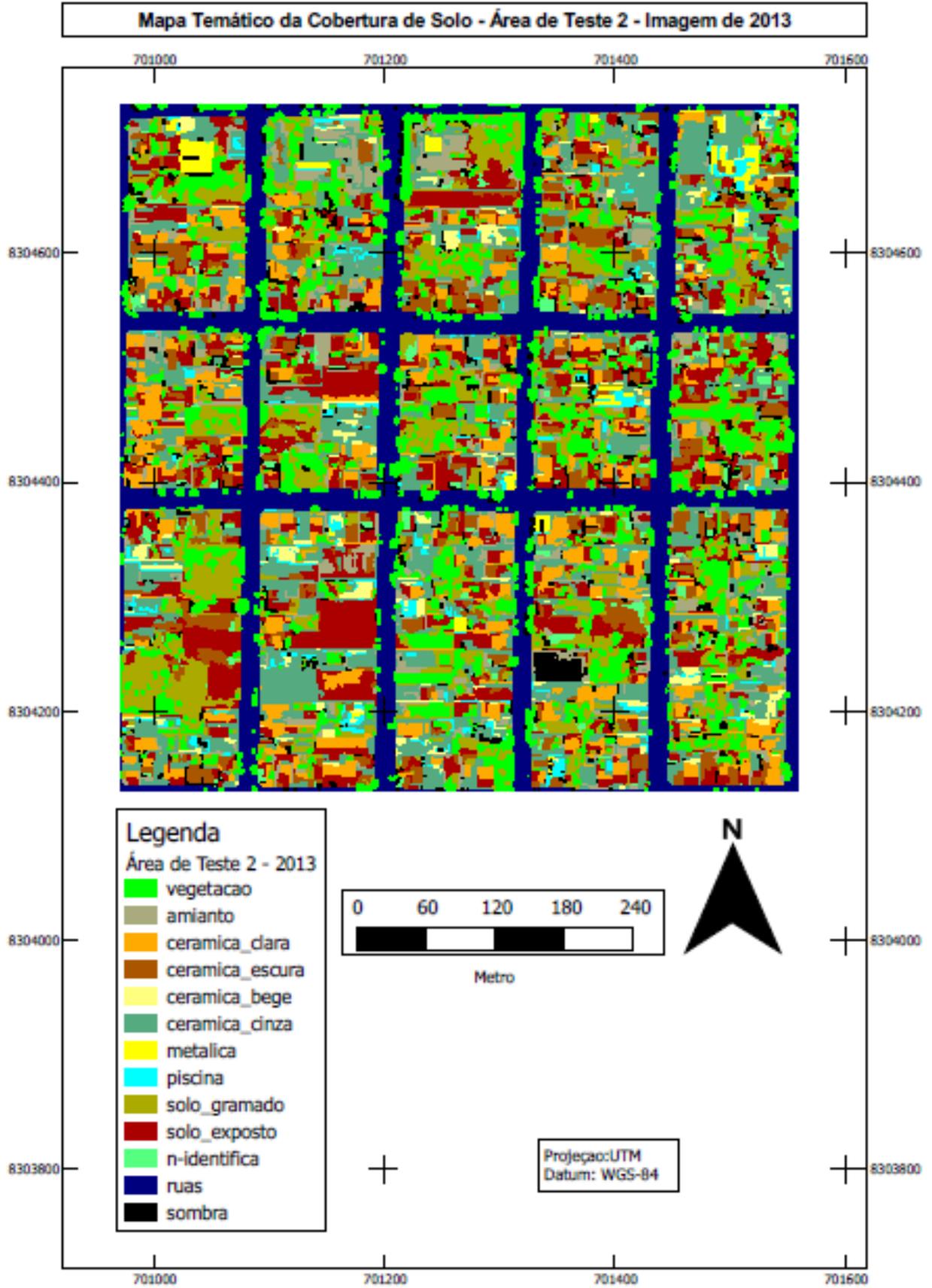
Figura 48 - Mapa temático da classificação da área de teste 2 - 2011



Fonte: Software QuantumGIS.

A Figura 49 mostra o mapa temático da última classificação executada, a área de teste 2 (2013), que predominou a classe cerâmica entre as coberturas e apresentou 1,53% de sombra. As classes vegetação, vias e solo gramado tiveram melhor resultado na classificação, com boa separação e sem indício de confusão, conforme análise visual da classificação e dos dados apresentados pela matriz de confusão (Tabela 18).

Figura 49 - Mapa temático da classificação da área de teste 2 (2013)



Fonte: Software InterIMAGE.

A classe cerâmica cinza apresentou confusão expressiva com outras classes, principalmente com a classe solo exposto. As classes vias, vegetação e solo gramado foram mais bem classificadas, com poucas confusões e boa separação. A matriz de confusão permitiu uma avaliação da acurácia da classificação, conforme Tabela 18.

Tabela 18 - Matriz de confusão – Área de teste 2 - 2013

		REFERÊNCIA - VERDADE												
		AMIANTO	CERAMICA	CERAMICA BEGE	CERAMICA CINZA	METALICA	VIAS	SOLO EXPOSTO	SOLO GRAMADO	SOMBRA	VEGETACAO	PISCINA	IDENTIFIC	TOTAL
CLASSIFICAÇÃO	AMIANTO	14			3									17
	CERAMICA	3	79		5			14					3	104
	CERAMICA BEGE			6	1							2		9
	CERAMICA CINZA				28			4				1		33
	METALICA		1		2	9						2		14
	VIAS						92							92
	SOLO EXPOSTO	1	10		11			58						80
	SOLO GRAMADO	3			1				60					64
	SOMBRA	4								1				5
	VEGETACAO										94			94
	PISCINA	1										1		2
	N-IDENTIFICA	2			7								2	11
	TOTAL	28	90	6	58	9	92	76	60	1	94	6	5	525

Fonte: QuantumGIS e InterIMAGE

A porcentagem da exatidão total para esta classificação atingiram valores de exatidão global e tau de 85% e 84, respectivamente. Esse resultado teve a influência do aumento de proporção da classe vegetação na classificação, contudo, essa classe não apresentou confusão e houve boa separação. Os números surgiram de uma equação que quantificou 525 amostras, conforme apresentado na Figura 50.

Figura 50 - Mapa temático da classificação da área de teste 2 - 2013



Fonte: Software QuantumGIS.

O maior número de amostras aplicado foi na área de teste 1 (2013), conforme apresenta a tabela 3, com 626 amostras. O motivo é a proporção da classe com

maior área no mapa (vias = 28%), ou seja, quanto maior essa proporção maior o número de amostras (GRENIER et al. 2008).

A Tabela 19 apresenta a exatidão global e Tau da classificação de cada área de teste.

Tabela 19 - Índice de exatidão global e Tau da classificação

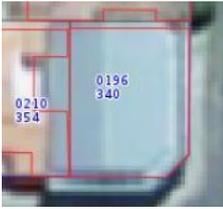
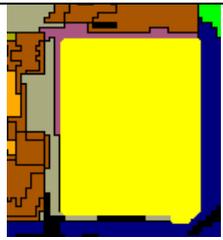
	ÁREA DE TESTE 1		ÁREA DE TESTE 2	
	2011	2013	2011	2013
Ano da imagem	2011	2013	2011	2013
Exatidão Global	85%	81%	74%	85%
Exatidão TAU	83%	78%	72%	84%
Quantidade de amostras	587	626	529	525

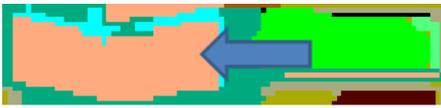
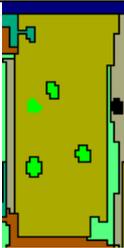
Fonte: Sistema InterIMAGE

5.6 ANÁLISE COMPARATIVA DE ÁREA: SIG E INTERIMAGE

No Quadro 3 podem ser observados exemplos de análises comparativa de áreas de cobertura e sem ocupação registradas no SIG e classificadas no InterIMAGE. Conforme mostram os resultados, houveram limitações para identificação precisa nos limites das áreas, em função da característica dos software e do processo de classificação. Com relação da discrepância das áreas analisadas, entre o SIG e o dados classificado pelo InterIMAGE, em alguns casos chegou a diferença de 31%. A diferença entre os dois dados é considerada muito alta, especialmente pela forma como os dados são obtidos.

Quadro 3 - Exemplos de análises comparativas de área (SIG x InterIMAGE)

SIG	<p>Metálica</p> 	<p>Inscrição 010600040019600104 Cci 21468 Contribuinte Logradouro RUA 20, 340 Quadra Loteamento 249 Lote Loteamento P/07 Área Lote 324.00 Área Total Ed. 307.35 Área Da Unidade 307.35</p> <p>Unidade de medida de área = m²</p>
InterIMAGE		<p>Área da cobertura classificada: 254,26 m²</p>
DIFERENÇA MEDIDA		53,09 metros = 20%

SIG	<p style="text-align: center;">Cerâmica</p> 	<table border="1"> <tr><td>Inscrição</td><td>010600054005000104</td></tr> <tr><td>Cci</td><td>8875</td></tr> <tr><td>Contribuinte</td><td></td></tr> <tr><td>Logradouro</td><td>RUA 18, 93</td></tr> <tr><td>Quadra</td><td></td></tr> <tr><td>Loteamento</td><td>0168</td></tr> <tr><td>Lote</td><td></td></tr> <tr><td>Loteamento</td><td>0003</td></tr> <tr><td>Área Lote</td><td>501.59</td></tr> <tr><td>Área Total Ed.</td><td>315.14</td></tr> <tr><td>Área Da Unidade</td><td>315.14</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Unidade de medida de área = m²</p>	Inscrição	010600054005000104	Cci	8875	Contribuinte		Logradouro	RUA 18, 93	Quadra		Loteamento	0168	Lote		Loteamento	0003	Área Lote	501.59	Área Total Ed.	315.14	Área Da Unidade	315.14
Inscrição	010600054005000104																							
Cci	8875																							
Contribuinte																								
Logradouro	RUA 18, 93																							
Quadra																								
Loteamento	0168																							
Lote																								
Loteamento	0003																							
Área Lote	501.59																							
Área Total Ed.	315.14																							
Área Da Unidade	315.14																							
InterIMAGE		<p style="text-align: center;">Área da cobertura classificada: 286,33 m²</p>																						
DIFERENÇA MEDIDA		28,81 metros = 10%																						
SIG	<p style="text-align: center;">Cerâmica Bege</p> 	<table border="1"> <tr><td>Inscrição</td><td>010500008053800103</td></tr> <tr><td>Cci</td><td>25387</td></tr> <tr><td>Contribuinte</td><td></td></tr> <tr><td>Logradouro</td><td>RUA 19, 427A</td></tr> <tr><td>Quadra Loteamento</td><td>331</td></tr> <tr><td>Lote Loteamento</td><td>P/12</td></tr> <tr><td>Área Lote</td><td>400.00</td></tr> <tr><td>Área Total Ed.</td><td>146.21</td></tr> <tr><td>Área Da Unidade</td><td>146.21</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Unidade de medida de área = m²</p>	Inscrição	010500008053800103	Cci	25387	Contribuinte		Logradouro	RUA 19, 427A	Quadra Loteamento	331	Lote Loteamento	P/12	Área Lote	400.00	Área Total Ed.	146.21	Área Da Unidade	146.21				
Inscrição	010500008053800103																							
Cci	25387																							
Contribuinte																								
Logradouro	RUA 19, 427A																							
Quadra Loteamento	331																							
Lote Loteamento	P/12																							
Área Lote	400.00																							
Área Total Ed.	146.21																							
Área Da Unidade	146.21																							
InterIMAGE		<p style="text-align: center;">Área da cobertura classificada: 156,79 m²</p>																						
DIFERENÇA MEDIDA		10,58 metros = 7%																						
SIG	<p style="text-align: center;">Lote – Solo Gramado</p> 	<table border="1"> <tr><td>Inscrição</td><td>010500023008500103</td></tr> <tr><td>Cci</td><td>7163</td></tr> <tr><td>Contribuinte</td><td></td></tr> <tr><td>Logradouro</td><td>RUA 16, SN</td></tr> <tr><td>Quadra</td><td></td></tr> <tr><td>Loteamento</td><td>0188</td></tr> <tr><td>Lote Loteamento</td><td>0018</td></tr> <tr><td>Área Lote</td><td>420.00</td></tr> <tr><td>Área Total Ed.</td><td></td></tr> <tr><td>Área Da Unidade</td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Unidade de medida de área = m²</p>	Inscrição	010500023008500103	Cci	7163	Contribuinte		Logradouro	RUA 16, SN	Quadra		Loteamento	0188	Lote Loteamento	0018	Área Lote	420.00	Área Total Ed.		Área Da Unidade			
Inscrição	010500023008500103																							
Cci	7163																							
Contribuinte																								
Logradouro	RUA 16, SN																							
Quadra																								
Loteamento	0188																							
Lote Loteamento	0018																							
Área Lote	420.00																							
Área Total Ed.																								
Área Da Unidade																								
InterIMAGE		<p style="text-align: center;">Área da cobertura classificada: 319,58 m²</p>																						
DIFERENÇA MEDIDA		100 metros = 31%																						

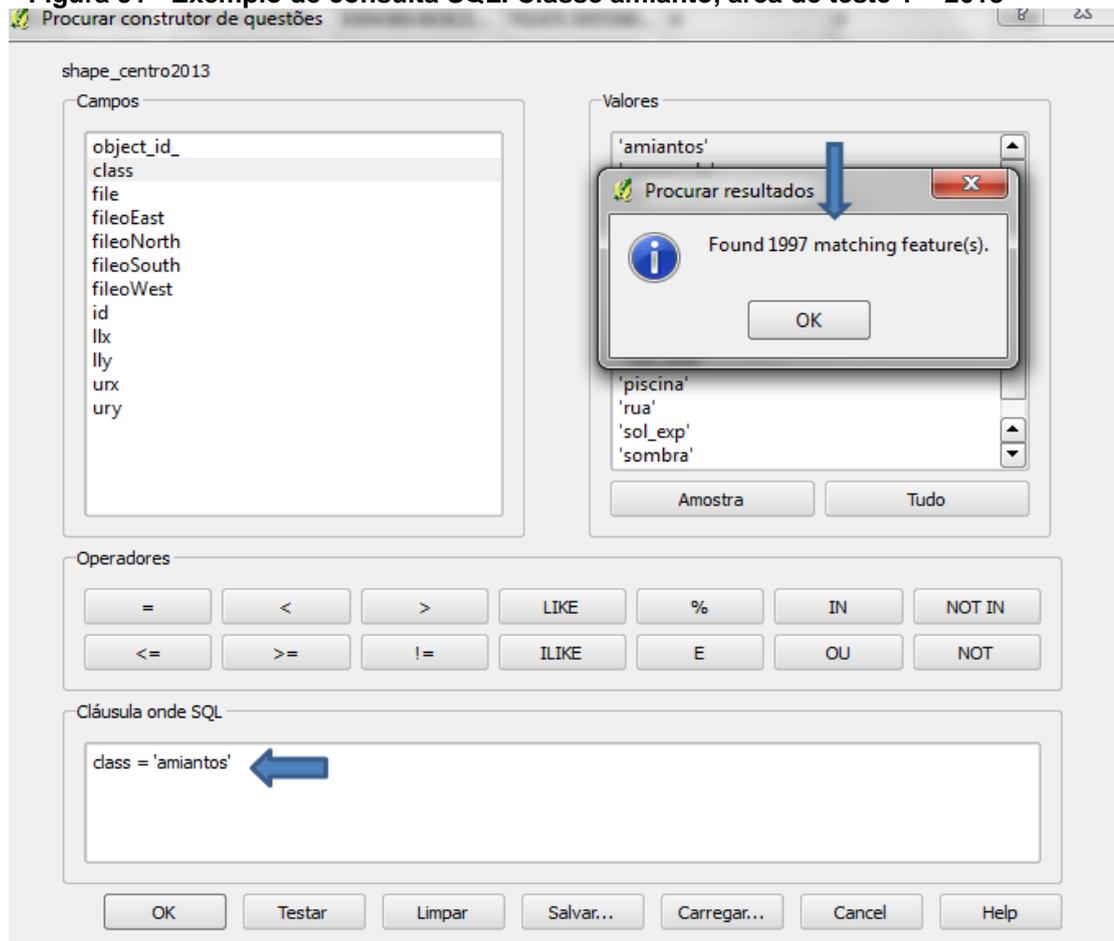
Fonte: SIG Urbano de Goianésia e classificação no InterIMAGE.

Pode verificar que os limites dos vetores apresentados são decorrentes dos limites da mesma feição da imagem. Os dados vetoriais foram retirados da base do SIG municipal e a causa das discordâncias das feições não foram avaliadas por não serem objeto do presente trabalho.

5.7 MAPAS INDICADORES DE ALTERAÇÕES

Foi possível gerar indicadores em forma de mapas de alterações de edificações e de novas ocupações no solo. A ferramenta utilizada para gerar os indicadores foi a “diferença”, do *software* QuantumGIS. Após leitura dos *shapefiles* de cada área de teste exportado do InterIMAGE, foi feita busca avançada SQL (Figura 51) de cada classe e área de teste. As consultas foram salvas e posteriormente aplicou-se a diferença.

Figura 51 - Exemplo de consulta SQL. Classe amianto, área de teste 1 – 2013



Fonte: Software QuantumGIS.

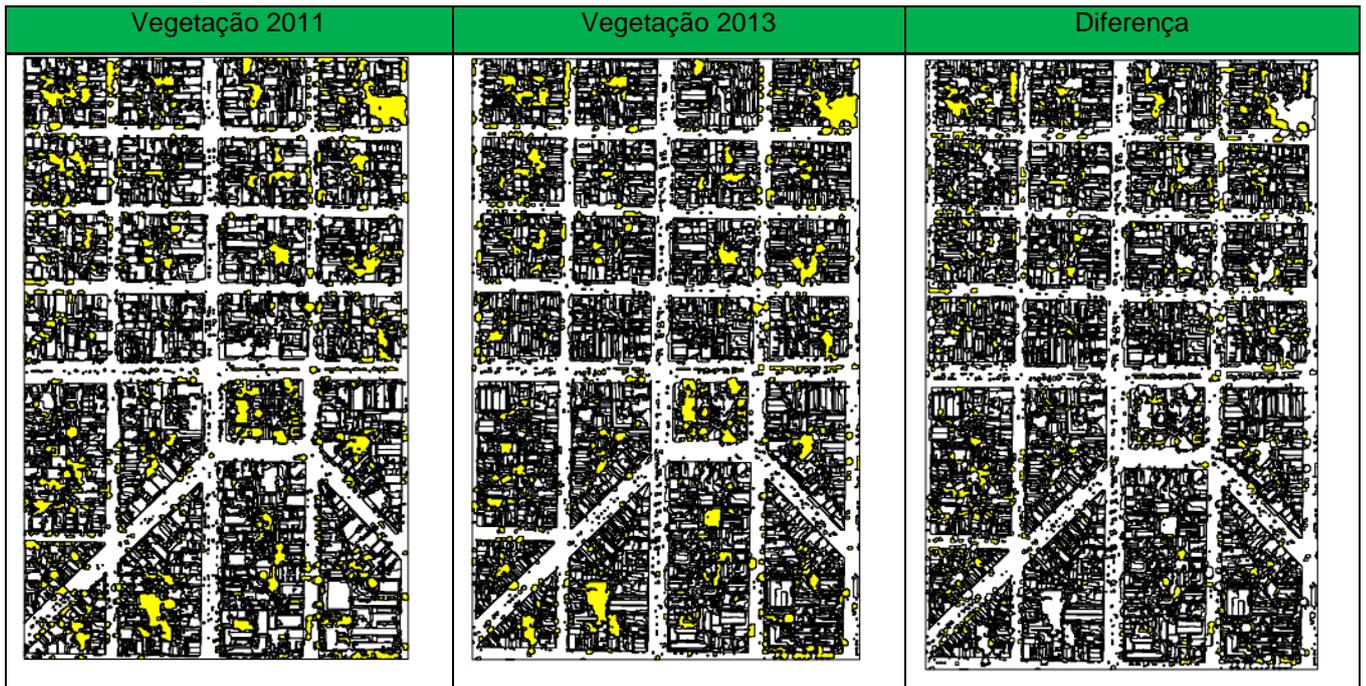
Nas Figuras 52 e 53 são representados os elementos classificados de cada classe de interesse e área de teste. Os elementos em vermelho indicam mudanças no solo.

Figura 52 - Indicadores de alteração intra-urbana - área de teste 1

Metálica 2011	Metálica 2013	Diferença
		
Amianto 2011	Amianto 2013	Diferença
		

Cerâmica Clara 2011	Cerâmica Clara 2013	Diferença
		
Cerâmica Escura 2011	Cerâmica Escura 2013	Diferença
		

Outro Solo 2011	Outro Solo 2013	Diferença
		
Solo Exposto 2011	Solo Exposto 2013	Diferença
		

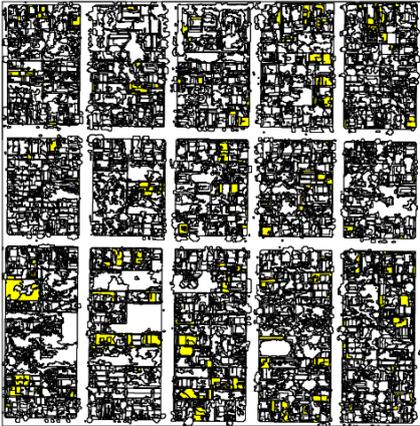
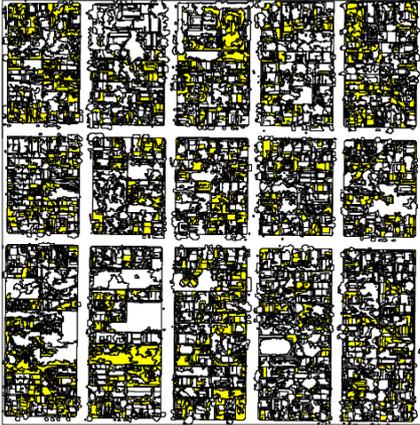
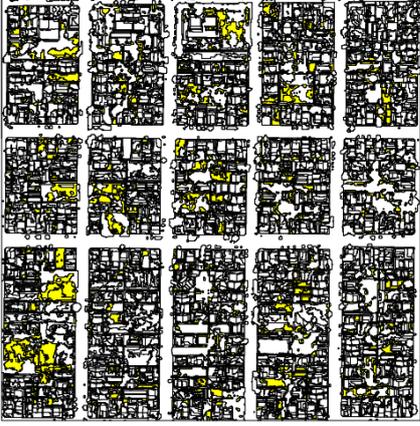


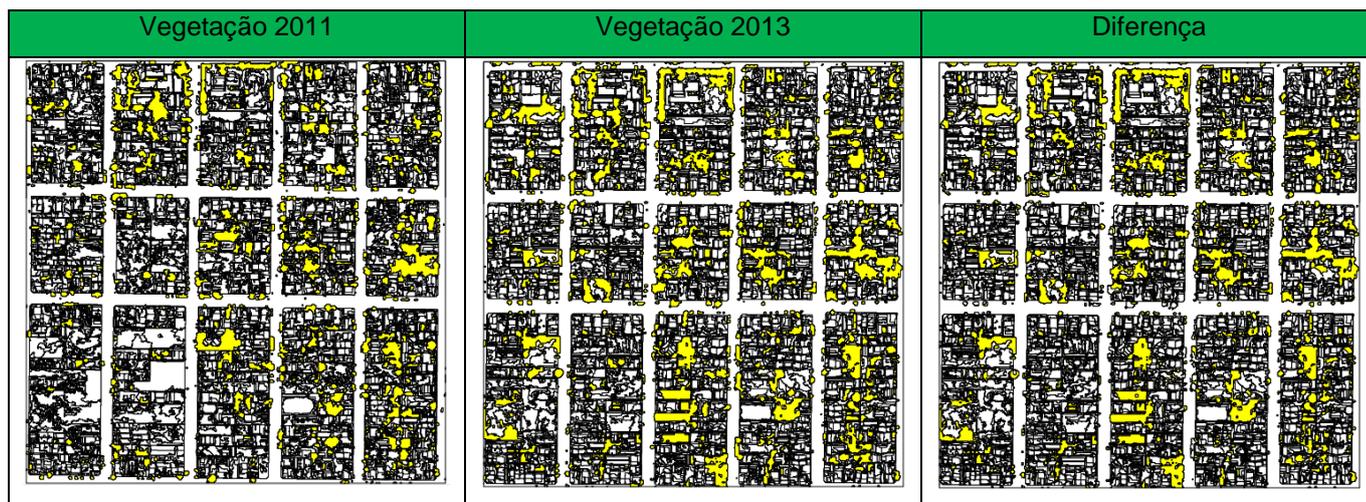
Fonte: Gerado pelo autor (QuantumGIS), a partir do resultado da classificação.

Figura 53 - Indicadores de alteração intra-urbana - área de teste 2



Cerâmica Clara 2011	Cerâmica Clara 2013	Diferença
		
Cerâmica Escura 2011	Cerâmica Escura 2013	Diferença
		
Cerâmica Bege 2011	Cerâmica Bege 2013	Diferença
		

Cerâmica Cinza 2011	Cerâmica Cinza 2013	Diferença
		
Solo Exposto 2011	Solo Exposto 2013	Diferença
		
Solo Gramado 2011	Solo Gramado 2013	Diferença
		



Fonte: Software QuantumGIS

As Tabelas 20 e 21 apresentam valores para análise baseada em pixel, de cada classe de interesse e de cada área de teste.

Tabela 20 - Valores para análises das diferenças - Área de teste 1.

	CLASSE	METROS	% PIXEL	METROS	% PIXEL	DIFERENÇA METROS	DIFERENÇA PIXEL %
		2011	2011	2013	2013		
1	Amianto	44.194,66	12,38	54.723,85	14,6	10.529,19	+ 2,22
2	Cerâmica	85.431,72	23,93	71.091,32	18,97	14.340,40	- 4,96
3	Metálica	27.837,58	7,8	35.218,43	9,4	7.380,85	+ 1,60
4	Outro solo	26.636,58	7,46	6.330,95	1,69	20.305,63	- 5,77
5	Piscina	120,5	0,03	2.821,71	0,75	2.701,21	+ 0,72
6	Vias	88.891,40	24,89	106.920,12	28,53	18.028,72	+ 3,64
7	Solo exposto	21.988,16	6,16	53.216,83	14,2	31.228,67	+ 8,04
8	Sombra	19.526,32	5,47	13.186,96	3,52	6.339,36	- 1,95
9	Vegetação	35.486,67	9,94	31.201,85	8,33	4.284,82	- 1,61

Fonte: Software QuantumGIS

Para uma análise (pixel) das classes interessadas da área de teste 1, houveram acréscimos nas classes amianto, metálica, piscina, solo exposto. Dessas classes, solo exposto teve maior acréscimo com 8,04 %. Cerâmica (- 4,96%) e outro solo tiveram diminuição (- 5,77%).

Tabela 21 - Valores para análises das diferenças - Área de teste 2

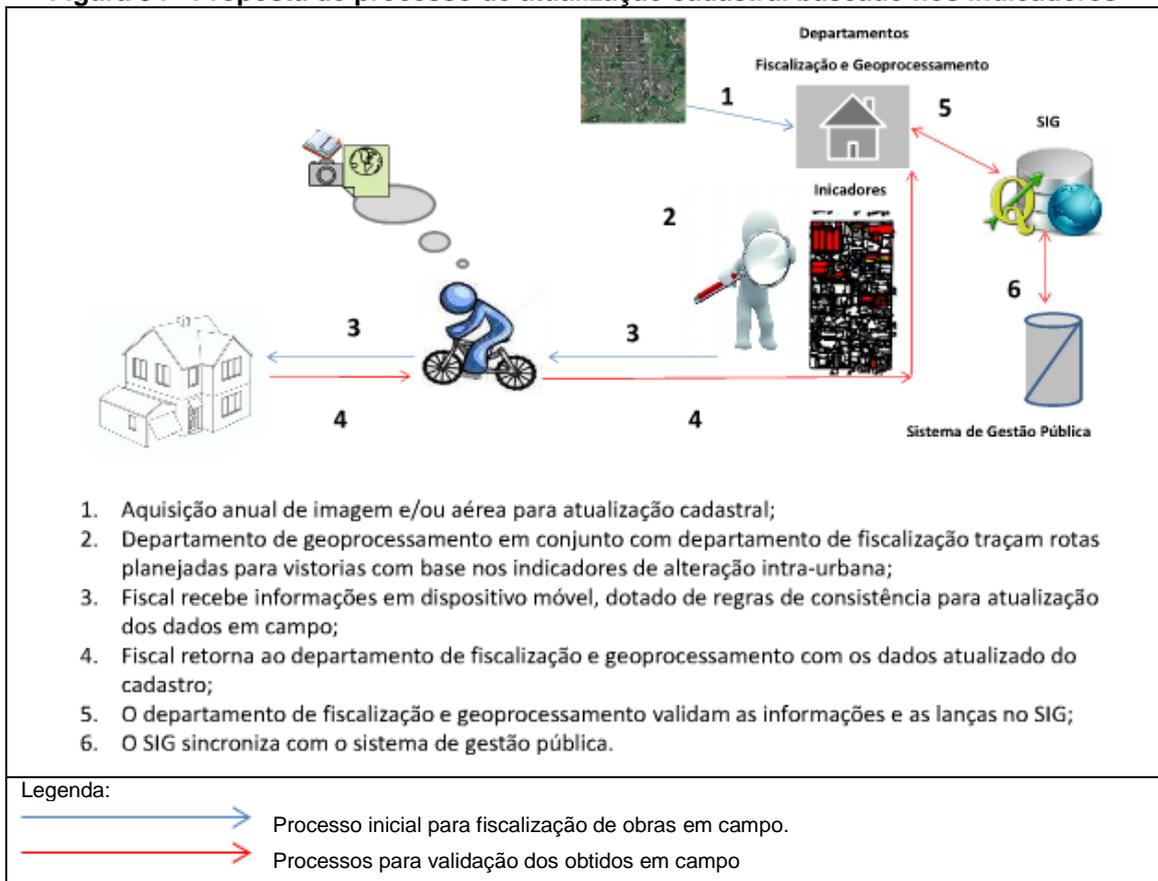
	CLASSE	METROS	% PIXEL	METROS	% PIXEL	DIFERENÇA METROS	DIFERENÇA PIXEL %
		2011	2011	2013	2013		
1	Amianto	18.334,13	5,31	18.607,26	5,29	273,13	- 0,02
2	Cerâmica_Bege	5.407,31	1,57	5.333,37	1,52	73,94	- 0,05
3	Cerâmica	70.035,93	20,28	44.215,46	12,58	25.820,47	- 7,7
4	Cerâmica_cinza	13.950,95	4,04	60.925,86	17,34	46.974,91	+ 13,3
6	Metálica	2.757,87	0,8	3.068,02	0,87	310,15	+ 0,07
7	Vias	67.293,29	19,49	70.319,15	20,01	3.025,86	+ 0,52
8	Solo_exposto	54.471,46	15,77	43.269,10	12,31	11.202,36	- 3,46
9	Solo_gramado	66.585,90	19,28	34.789,97	9,9	31.795,93	- 9,38
10	Sombra	5.877,72	1,7	5.393,52	1,53	484,20	- 0,17
11	Vegetação	34.538,51	10	48.381,37	13,77	13.842,86	+ 3,77
12	Piscina	1.812,97	0,53	4.536,77	1,29	2.723,80	+ 0,76

Fonte: QuantumGIS

Para uma análise (pixel) das classes interessadas da área de teste 2, houveram acréscimos as classes cerâmica cinza, metálica e piscina. Dessas classes, cerâmica cinza teve maior acréscimo com 13,3 %. Amianto, cerâmica bege Cerâmica e piscina praticamente manteve a proporção. Solo exposto (-3,46 %) e solo gramado (-9,38%) tiveram diminuição.

Com a existência de indicadores, um novo processo mais eficiente de controle e atualização cadastral pode ser aplicado ao município, conforme proposta apresentada na Figura 54, que é fruto dos resultados alcançados com essa pesquisa.

Figura 54 - Proposta de processo de atualização cadastral baseado nos indicadores



Esses indicadores são resultados da classificação orientada a objeto, que pode contribuir para manutenção de um CTM.

6 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados obtidos foi possível apresentar as potencialidades dos processos de classificação baseada em objeto para subsidiar o monitoramento das alterações intra-urbanas, visando atender à manutenção de um CTM.

Para esta pesquisa, o método de fusão GS foi o que apresentou o melhor resultado na visualização final dos objetos, facilitando o trabalho do especialista e reduzindo possíveis equívocos na seleção de amostras.

A utilização do processo de coleta de amostras para representar cada classe de objeto identificada na imagem mostrou-se satisfatória por definir e separar cada classe de interesse por meio de identificação visual feita pelo especialista.

A segmentação multirresolução possibilitou utilizar diferentes valores para os parâmetros de escala, tonalidade e forma, permitindo agrupamento de pixel por relacionamento entre os objetos.

O processo de mineração de dados mostrou que é preciso ser melhorado no que se refere os procedimentos. São várias as etapas executadas manualmente (manipulação de dados no Excel, juntada de dados .csv etc.) até chegar ao resultado, a árvore de decisão. Essas etapas manuais fazem com que os dados fiquem expostos, possibilitando que operações sejam executadas erroneamente, como por exemplo, ocorrendo a exclusão de dados válidos.

Quanto à integração dos dois sistemas (WEKA e InterIMAGE), é possível concluir que trouxe eficiência no processo, contudo, a inserção dos dados da árvore de decisão de forma manual no InterIMAGE retarda o processo e expõe os dados a operações errôneas.

Em relação à exatidão temática, a área de teste 2 (2013) apresentou melhor resultado na classificação, chegando a 85% de concordância global e 84% de concordância Tau. Essas dificuldades acontecem devido às limitações do sensor (4 bandas), à mistura espectral e às semelhanças das características dos objetos (cor, textura, brilho etc.).

Quanto às comparações de medidas de área entre o SIG e o *software* InterIMAGE, verificou-se discrepância de 7% a 31%. Com isso, é possível concluir que valores oriundos da classificação, tais como a medida de área, podem levar a erros expressivos se inseridos no CTM, não sendo portanto úteis os dados gerados a partir do processo estudado em face das divergências que o mesmo pode

apresentar, pois os classificadores possuem limitações para identificar limites dos alvos com precisão, mesmo utilizando outras ferramentas (mineração de dados e ferramentas do InterIMAGE) além da resposta espectral.

Em relação aos resultados dos indicadores, é possível concluir que o uso de indicadores é um excelente instrumento para auxiliar os fiscais no processo de monitoramento do CTM. As principais vantagens do uso dos indicadores são:

- 1) dar direcionamento aos fiscais e evitar visitas improdutivas;
- 2) aumentar a produtividade dos fiscais com planejamento de atividades diárias;
- 3) diminuir custo de manutenção (material e pessoal) para a prefeitura, proporcionar atualização cadastral constante;
- 4) possibilitar monitoramento de construções em área de risco (invasões).

6.1 RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento de ferramenta para automatização dos procedimentos na fase de mineração de dados trará ganho substancial de tempo e eliminará operações equivocadas feitas manualmente.

Desenvolver ferramenta para automatizar o procedimento de leitura das regras disponibilizadas pelo WEKA direto pelo InterIMAGE. A automação dessa integração eliminaria as possibilidades de inclusões de dados errados, trazendo qualidade para classificação.

Desenvolver, no InterIMAGE, ferramenta que possibilite verificar o índice de exatidão temática da classificação.

6.2 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Dentro da mesma abordagem, utilizar imagens de sensor com maior número de bandas e avaliar a melhoria da classificação.

Para a mesma abordagem, testar e comparar o uso de outros atributos disponíveis pelo sistema InterIMAGE, como por exemplo atributos de textura (ContrastGLCM, MeanGLCM, outros), de modo que possa melhorar a classificação.

Outra possibilidade seria comparar a utilização de outros algoritmos existentes para a construção de árvore de decisão, analisando o que melhor se adequa em função das vantagens e desvantagens apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Cláudia Maria de; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel. V. Prefácio. **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, p. 13.

ALVES, Claudia Durand Alves et al. Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens landsat. **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 120-141, jan-mar, 2009.

ÁVILA, Silvia Regina Starling Assad. **Efeitos socioeconômicos da expansão da cana de açúcar no Vale do São Patrício**. [Dissertação de Mestrado em Agronegócios. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília] Brasília, 2009.

BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: XII Angewandte Geographische Informationsverarbeitung, AGIT Symposium. **Proceedings...** Karlsruhe, Alemanha: Herbert Wichmann Verlag, Salzburg - Áustria, p. 12-23, 2000.

BATTAGLIA, Luisa. **Cadastrros e registros fundiários: a institucionalização do descontrole sobre o espaço no brasil**. [Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo] São Paulo, 1995.

BIAS, Edilson de Souza; BRITES, Ricardo Seixas; ROSA, Antônio Nuno de Castro. Imagens de alta resolução espacial. In: MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. 1. ed., v. 1. Brasília: CNPq, 2012.

BRANDÃO, Artur Caldas; SANTOS FILHO, Abel Vicente dos. Sistema de Cadastro Territorial Georreferenciado em áreas urbanas. **Revista Vera Cidade**, n. 3, 2008.

BRASIL. Decreto n. 68.153, de 1º de fevereiro de 1971. Aprova o Regulamento Geral do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 fev. 1971. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/index.php/institucional/historico-do-incra>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

BRASIL. Decreto n. 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 nov. 2008. Disponível em: <<http://www.inde.gov.br/a-inde/apresentacao>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

BRASIL. Decreto n. 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 out. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm>. Acesso em: 09 abr. 2013.

BRASIL. Lei n. 601, de 18 de setembro de 1850. Dispõe sobre as terras devolutas do Império. **Secretaria de Estado dos Negócios do Império**, Rio de Janeiro, 20 set. 1850. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L0601-1850.htm> Acesso em: 04 abr. 2013.

BRASIL. Lei n. 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 31 nov. 1964. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm> Acesso em: 04 abr. 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Orgs. CUNHA Eglaisa Micheline Pontes; ERBA, Diego Alfonso. **Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros**. Brasília, 2010.

BRITES, Ricardo Seixas. **Verificação de exatidão em classificação de imagens digitais orbitais**: efeitos de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão. [Tese de doutorado em ciência florestal na Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais]. Viçosa-MG, 1996.

BRITES, Ricardo Seixas; SOARES, Vicente Paulo; RIBEIRO, Carlos Antônio Álvares Doares. Efeitos da estratégia de amostragem na exatidão reportada pelo índice Kappa na classificação de imagens orbitais. **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 823-829.

CÂMARA, Gilberto; RIBEIRO, Gilberto. **Arquitetura de sistemas de informação geográfica**. INPE. São José dos Campos, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>> Acesso: 05 dez. 2013.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford Press, 1987. 551 p.

CESARE, Cláudia de. **Cadastro Multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana**. Rio de Janeiro: 2005.

CONGALTON, Russell G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data**: principles and practices. Boca Raton-USA: Lewis Publisher, 1999.

CONGALTON, Russell G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sens. Environ.** Berkeley: University of California, 1991.

CONGALTON, Russell G. **Thematic and positional accuracy assessment of digital remotely sensed data**. Department of Natural Resources. Durham: University of New Hampshire, 2005.

DA COSTA, Gilson Alexandre Oswald Pedro et al. InterIMAGE: uma plataforma cognitiva open source para a interpretação automática de imagens digitais. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 60/04, dezembro 2008.

DA COSTA, Thomaz Corrêa e Castro; BRITES, Ricardo Seixas. A influência do tamanho da amostra de referência na exatidão de classificação de imagens de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 56/02, 2004.

DA LUZ, Batista; ANTUNES, Felipe Buffara; JUNIOR, João Batista Tavares. Segmentação multirresolução e classificação orientada a objetos aplicados a imagens spot-5 para o mapeamento do uso da terra. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 2, p. 429-446, abr./jun. 2010.

DE QUEIROZ, Gilberto Ribeiro; CÂMARA Gilberto, **Arquitetura de sistemas de informação geográfica**. INPE. 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2014.

ERBA, Diego Alfonso; OLIVEIRA, Fabrício Leal; LIMA JUNIOR, Pedro de Novais. **Cadastro Multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana**. Ministério das Cidades. Rio de Janeiro, 2005.

FERNANDES, Vivian de Oliveira; LOCH, Ruth Emília Nogueira. Proposta para padronização da cartografia cadastral urbana em meio digital. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59/03, dez/2004.

FIGUEIREDO, Geíza Coutinho. **Exatidão posicional e temática de imagens orbitais**. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa– Viçosa]. Minas Gerais, 2007.

FREITAS, Maria Antonieta. **O uso de imagens de satélite na análise dos padrões de verticalização em áreas metropolitanas: estudo de caso: São Paulo**. [Dissertação de Mestrado em Geografia - FFCLH – Universidade de São Paulo]. São Paulo, 1997.

GRENIER, M.; LABRECQUE, S.; BENOIT, M.; ALLARD, M. **Accuracy assessment method for wetland object-based classification**. Canadian Wildlife Service. Québec, Canadá, 2008. Disponível em: <http://www.isprs.org/proceedings/xxxviii/4-1/sessions/Session1/6739_Grenier_Proc_pos.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2014.

HELLDEN, U.; STERN, M. **Evaluation of landsat imagery and digital data for monitoring desertification indicators in Tunisia**. Proc. 14th. Int. Symp. on Rem. Sens. of Environ., p. 1601-1611, 1980.

INTERIMAGE. **Manual do Usuário, 2010**. Disponível em: <<http://www.lvc.ele.puc-rio.br/projects/interimage/pt-br/documentacao/>> Acesso em: 20 de jan. 2014.

KUX, Hermann Johann Heinrich et al. Classificação da cobertura do solo urbano usando imagens ópticas de altíssima resolução e o sistema InterIMAGE baseado em conhecimento. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p. 822.

LOCH, Carlos. **Cadastro técnico multifinalitário e gestão territorial**. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Florianópolis, 2001.

LOCH, Carlos; ERBA, Diego Alfonso. **Cadastro técnico multifinalitário: rural e urbano**. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007, p 55.

MATHUR, Nishant; KUMAR, Sumit; KUMAR, Santosh; JINDAL, Rajni. The base strategy for ID3 algorithm of data mining using havrda and charvat entropy based on decision tree. **International Journal of Information and Electronics Engineering**, v. 2, n. 2, março/2012.

MELLO, Diogo Lordello. Governo e administração municipal: a experiência brasileira. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, 35(2), p. 79-96, mar./abr. 2001.

MENDES, Norma Musco. **Império e romarização: estratégia, dominação e colapso**. Brathair. Departamento de História, LHIA. IFCS/IFRJ, 2007, p. 25-48.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. 1. ed., v. 1. Brasília: CNPq, 2012.

MILLER, Harvey J.; HAN, Jiawei. **Geographic data mining and knowledge discovery**. 2. ed. Minneapolis, Minnesota, USA: Chapman & Hall/CRC, 2009.

MOLLER, Luis Fernando Chulipa; PELEGRINA, Marcos Aurélio. A importância do cadastro fiscal no cadastro técnico multifinalitário urbano. **II Simpósio brasileiro de ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação**. Recife-PE, 8-11 de setembro de 2008.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003.

NASCIMENTO, Anderson Félix et al. Classificação da Cobertura da Terra, Utilizando os Programas Livres: InterIMAGE, WEKA e QuantumGIS. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

NOVO, Evelyn Márcia Leão de Moraes; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos: Blucher, 2001.

OLIVEIRA, Francisco Henrique de; ERBA, Diego Alfonso. **Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros: do Cadastro Territorial Multifinalitário**. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

PAHL, Martin. **Arquitetura de um sistema baseado em conhecimento para a interpretação de dados de sensoriamento remoto de múltiplos sensores**. 95 p. (INPE-15211-TAE/71). [Tese de PhD - Universidade de Hannover]. São José dos Campos, 2008.

PARMA, Gabriel Oscar Cremona. **Metadados das camadas na cartografia cadastral**. Uma alternativa para a organização de dados e informações geográfica. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina] Florianópolis, 2003.

PASSO, Denilson Pereira. **Análise da qualidade de classificadores para identificação de alvos urbanos em imagens de alta resolução espacial** – uma aplicação com as imagens do satélite Worldview II. [Dissertação de mestrado em geociências aplicadas – Universidade de Brasília]. Brasília, 2013.

PELEGRINA, Marcos Aurélio; VALMORBIDA Leomar. Diagnóstico da cartografia aplicada ao cadastro fiscal - Estudo de caso município de Cascavel - PR. **III Simpósio brasileiro de ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação**. Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010, p. 1-9.

PERUMAL, K.; BHASKARAN, R. Supervised classification performance of multispectral images. **Journal of Computing**. v. 2, issue 2, February 2010.

PINHO, Carolina Moutinho Duque et al. Caracterização de bairros urbanos em imagens de alta resolução espacial utilizando sistema de classificação baseado em conhecimento. **Anais XIV Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7885-7892.

PINHO, Carolina Moutinho Duque; FEITOSA, Flávia da Fonseca; KUX, Hermann. Classificação automática de cobertura do solo urbano em imagem IKONOS: Comparação entre a abordagem pixel a pixel e orientada a objetos. **Anais XII Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4217-4224.

POLIZEL, Sílvia Palotti et al. Aplicação e avaliação de técnicas de fusão em imagens Ikonos e GeoEye. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p. 7761.

QUONIAN, Luc et al. **Inteligência obtida pela aplicação de data mining em base de teses francesas sobre o Brasil**. Ci. Inf., Brasília, v. 30, n. 2, p. 20-28, maio/ago. 2001.

REIS, Ernesto Santana; BRANDÃO, Artur Caldas. Diagnóstico da problemática da delimitação de áreas de preservação permanente no âmbito do cadastro nacional de imóveis rurais. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife-PE, 27-30 de julho de 2010 p. 1-7.

RIBEIRO, Bárbara Maria G.; KUX, Hermann Johann H. Classificação orientada a objeto para mapeamento do uso do solo – Método de análise de expansão urbana. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal, 2009, p. 7893-7900.

RIBEIRO, Bárbara Maria Giacom; FONSECA, Leila Maria Garcia; KUX, Hermann Johann Heinrich. Mapeamento da cobertura do solo urbano utilizando imagens worldview-ii e o sistema InterIMAGE. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 63 Edição Especial 40 Anos, 2011.

ROSA, Roberto. **Cartografia básica**. [Manual. Instituto de Geografia, Laboratório de Geoprocessamento. Universidade Federal de Uberlândia]. Uberlândia, 2004.

ROSENFELDT, Yuzi Anai Zanardo; LOCH, Carlos. Necessidade técnica e cartográfica como amparo jurídico aos processos de regularização fundiária no Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64/2: p. 213-226, 2012.

SASS, Glaucia Gabriel; AMORIM, Amilton. Análise temporal a partir do cadastro territorial multifinalitário. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65/2: p. 383-291, 2013.

SCHÖPFER, E.; LANG, S. Object fate analysis – A virtual overlay method for the categorisation of object transition and object-based accuracy assessment. In: **Proceedings** of the 1st International Conference on Object Based Image Analysis (OBIA 2006), Bridging Remote Sensing and GIS, Salzburg, Austria, 2006.

SEGPLAN. GOIÁS. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. **Estatísticas Municipais**. 2011 e 2013. Disponível em: <<http://www2.seplan.go.gov.br/>>. Acesso em: 27 dez. 2012.

SEPLAN. GOIÁS. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. Características Físicas e Geográficas. 2005. Disponível em: <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/anuario/2005/situacao_fisica/bacias/bacia_to_cantins.htm> Acesso em: 15 mai. 2014.

SILVA, Maria Madalena Santos da; KRUEGER, Cláudia Pereira; VEIGA, Luiz Augusto Koenig. Avaliação dos requisitos específicos da norma brasileira NBR 14.166/1998 com ênfase ao posicionamento com o NAVSTAR-GPS. **Bol. Ciênc. Geod.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 235-247, jul-dez, 2006.

SOUZA, Marcelo Lopes. **Mudar a cidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 311.

SOUZA, Ulisses Denache Vieira; KUX, Hermann Johann Heinrich. Classificação da cobertura do solo urbano na área costeira de São Luís – MA, utilizando imagens do satélite Worldview-II e técnicas de mineração de dados. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

SRTE/GO. Superintendência Regional do Trabalho e do Emprego em Goiás. **Crescimento do emprego em Goiás**. 2012. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/delegacias/go/crescimento-do-emprego-em-goias-e-o-segundo-maior-para-abril.htm>>. Acesso em: 27 dez. 2012.

TIEDE, D.; LANG, S.; HOFFMANN, C. Supervised and forest type-specific multi-scale segmentation for a one-level-representation of single trees. In: **Proceedings** of the 1st International Conference on Object Based Image Analysis (OBIA 2006), Bridging Remote Sensing and GIS, Salzburg, Austria, 2006.

TORRIJOS CADENA, German. **Classificação dos tipos de pavimentos das vias urbanas a partir de imagem de alta resolução espacial por meio de análise orientada a objeto**. [Dissertação de mestrado em ciências cartográficas, Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências e Tecnologia]. São Paulo, 2011.

UNESC. Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Apostila de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Criciúma, Santa Catarina, 2012. Disponível em: <<http://www.unesc.net/~fln/Apostila%20CTM.pdf>> Acesso em: 23 jan. 2014.

VIEIRA, Matheus Alves; FORMAGGIO, Antônio Roberto; RENNÓ, Camilo Daleles. Análise de imagem orientada a objeto e mineração de dados aplicada ao mapeamento da cana-de-açúcar. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p. 0467.

ZHAN, Q. et al. Quality assessment for geo-spatial objects derived from remotely sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, 26(14), p. 2953-2974, 2005.