



Jacqueline Carlile Holanda Arruda

**Avaliação da Classificação Visual de Imagem
Fusionada HRC-CCD (CBERS-2B) para
Estudos sobre a Paisagem Urbana:
Uma análise comparativa com o Projeto Piloto
PIMAR**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Co-Orientador: Prof. Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Rio de Janeiro
Junho de 2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



Jacqueline Carlile Holanda Arruda

**Avaliação da Classificação Visual de Imagem
Fusionada HRC-CCD (CBERS-2B) para
Estudos sobre a Paisagem Urbana:
Uma análise comparativa com o Projeto Piloto
PIMAR**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Luis Felipe Guanaes Rego

Orientador
Departamento de Geografia – PUC-Rio

Prof. Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Co-Orientador
Departamento de Engenharia Cartográfica – UERJ

Prof. Rogério Ribeiro de Oliveira

Departamento de Geografia – PUC-Rio

Prof. Raúl Sánchez Vicens

Centro de Estudos Gerais, Instituto de Geociências – UFF

Dr. Gilson Alexandre Ostwald Pedro da Costa

Colaborador de Projeto, Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

Prof^a Mônica Herz

Vice-Decana de Pós-Graduação do Centro de
Ciências Sociais – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 01 de junho de 2010

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador e da universidade.

Jacqueline Carlile Holanda Arruda

Graduou-se em Geografia na UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro) em 2004.

Ficha Catalográfica

Arruda, Jacqueline Carlile Holanda

Avaliação da classificação visual de imagem fusionada HRC-CCD (CBERS-2B) para estudos sobre a paisagem urbana : uma análise comparativa com o Projeto Piloto PIMAR / Jacqueline Carlile Holanda Arruda ; orientador: Luiz Felipe Guanaes Rego ; co-orientador: Jorge Luís Nunes e Silva Brito. – 2010.

116 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia, 2010.

Inclui bibliografia

CDD: 910

À toda minha família.

Agradecimentos

Tenho muito que agradecer, por isso começo agradecendo ao Criador que diariamente renova o meu dom de viver. Agradecer à Criadora Divindade que nos momentos de dificuldades, quando eu sequer conseguia rogar as minhas preces e simplesmente elevava o vazio da minha mente à divina infinitude, para que iluminasse meu entendimento de que a vida não é fácil, não por acaso. Quanto mais difícil a batalha, mais honrosa e gloriosa é a vitória.

Agradeço aos professores, que mesmo sem conseguir entender o que me impedia de seguir com maior fluidez no curso, me erguiam seus olhares impulsionadores, impelindo-me a seguir.

Agradeço especificamente alguns professores pela proximidade que tiveram comigo. Agradeço ao João Rua, cujo reencontro foi enriquecedor. Agradeço à professora Rita Montezuma por suas gotas de conhecimentos, visto que estive impossibilitada de acessar toda a sua experiência acadêmica e profissional.

Agradeço aos professores Raul Vicens e Gilson pelas contribuições que me ofereceram no exame de qualificação e por terem aceitado compor a banca examinadora. Agradecimento especial ao prof. Nunes, cujas recomendações sempre me revigoravam o ânimo e a confiança de que eu poderia construir um bom trabalho.

Agradeço ao Roosevelt e ao Leonardo Gnattali pela oportunidade que me deram, num momento tão crucial da minha vida, foi uma janela que se abriu para que eu pudesse vislumbrar e alcançar as portas que seguiam se abrindo.

Rafa, Dani e todos da equipe do LabGIS muito obrigada pelos auxílios que me prestaram, nossas conversas, que mesmo nos dias em que tudo parecia estar fadado ao fracasso, muito me aministravam e levantavam o astral para seguir tentando, tentando e tentando. Por vezes uma frase pronunciada sem nenhuma pretensão, clareava todo meu pensamento.

Obrigada à Daise e toda equipe do NIMA e do NIREMA, são todos maravilhosos e de muito valor. Agradecimentos mil à doçura das secretárias Edna, mas principalmente da Márcia (que era quem mais tinha que me aturar!), sempre com um auxílio impecável e paciente. Vocês são minhas heroínas, pois sempre tinham um sorriso no rosto.

Agradeço todos os meus colegas do mestrado pelos profícuos diálogos que tivemos. Agradecimento à Elisa, com quem tive mais contato, por nossos momentos de descontração, sempre me impulsionado para um chopp a mais e uma ruga de menos!

Por falar em amizade agradeço a todos os meus amigos pela confiança, amor e consideração que sempre demonstram por mim. Infelizmente não posso citar todos, pois são muitos, mas tem uns que não podem deixar de contar, pela frequência de encontro que tivemos, tão importantes para o fortalecimento da minha auto-confiança. Por esses momentos e incentivos muito obrigada Hermani, Fernanda Ledo, Gabriela Sá Earp, Marcela Zarur, Mariana Carvalhal, Olívia Maria, Leandro “Tirsu”, Edinete, Adrian McCardle e seus pais Tamara e Jim, Sérgio e Chay meus mestres yogues, Padrinhos Fernandos, Glauca e Maurício meus mestres espirituais. Um agradecimento especial à Rosane, que além de um exemplo de mulher, foi fundamental no fatídico dia do meu assalto, em que me vi desesperada e desamparada e você me deu todo apoio num momento que de tão difícil, só de lembrar faz lágrimas verter dos meus olhos. Obrigada também aos amigos que estou conhecendo na Capoeira, ao Mestre Camurça que tem um brilho especial no olhar.

Obrigada meu orientador por aceitar esse “desafio”, formamos uma dupla hein!? Foi muito bom conviver contigo e receber suas orientações e palavras alentadoras. Incrível como por vezes você acreditava mais em mim do que eu mesma.

Obrigada meu amorzinho Martin, suas palavras de carinho vinham sempre nos momentos cruciais. Nosso encontro foi uma das coisas mais incríveis na minha vida.

Obrigada muito, muito especial à minha família, minha mãe e irmãos, para esses não tenho palavras para expressar minha gratidão, só muito amor mesmo!

Resumo

Arruda, Jacqueline Carlile Holanda; Rego, Luís Felipe Guanaes. **Avaliação da Classificação Visual de Imagem Fusionada HRC-CCD (CBERS-2B) para Estudos sobre a Paisagem Urbana:** Uma análise comparativa com o Projeto Piloto PIMAR. Rio de Janeiro, 2010, 116p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A situação de precariedade na oferta de infraestrutura e bem-estar social, econômico e ambiental, de algumas cidades é fruto de deficiências no planejamento e gestão dos recursos públicos. O planejamento apresenta-se como quesito primordial para que uma cidade possa alcançar patamares mais elevados de bem-estar social, ambiental e econômico. Para um planejamento eficiente é necessário possuir dados e informações detalhadas, precisas e atualizadas. As prefeituras municipais necessitam de instrumentos tecnológicos que permitam alimentar, atualizar, ou em alguns casos construir, um sólido sistema de organização e armazenamento de dados. Essa necessidade se evidencia, especialmente, nas áreas limítrofes entre a ocupação humana e áreas reservadas à proteção ambiental. O Sensoriamento Remoto (SR) pode contribuir enquanto fonte de dados para o monitoramento da expansão urbana nos limites, ou mesmo internamente, às áreas de preservação ambiental e áreas de proteção permanente. Abordamos a aplicabilidade das imagens dos sensores HRC e CCD, do satélite CBERS-2B para o monitoramento dessa expansão. O presente estudo tem como foco principal a classificação semi-automática de uma imagem do satélite CBERS. A área de estudo foi delimitada pela Folha 284-B-25, de mapeamento do Instituto Pereira Passos (Instituto de Urbanismo – Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro). Foi investigado qual o nível de dados e informações que podemos obter através dessas imagens, buscando aferir não somente o nível de acurácia geométrica desses dados, mas também sua qualidade temática. A partir dessa análise, foi possível determinar a escala espacial e temática com a qual o produto da classificação da imagem é compatível.

Palavras-chave

Sensoriamento Remoto; Paisagem Urbana; Classificação de Cobertura do Solo; Imagem de Alta Resolução; Projeto PIMAR.

Abstract

Arruda, Jacqueline Carlile Holanda; Rego, Luís Felipe Guanaes (Advisor). **Avaliação da Classificação Visual de Imagem Fusionada HRC-CCD (CBERS-2B) para Estudos sobre a Paisagem Urbana:** Uma análise comparativa com o Projeto Piloto PIMAR. Rio de Janeiro, 2010, 116p. Msc. Dissertation. Departamento de Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The precarious situation in the provision of infrastructure and social welfare, economic and environmental, of some cities is the result of deficiencies in planning and management of public resources. The planning item is presented as essential for a city to achieve higher levels of social welfare, environmental and economics. For efficient planning is necessary to have detailed, accurate and updated data. Municipal governments need technological tools that allow feed, update or in some cases build a solid system of organizing and storing data. This need is evident, especially in areas bordering between human settlement and areas set aside for environmental protection. The Remote Sensing (RS) can contribute as a source of data for monitoring urban growth boundaries, or even internally, to the areas of environmental conservation and permanent protection areas. We discuss the applicability of image sensors and CCD HRC, the CBERS-2B satellite to monitor this expansion. This study focuses mainly on the semiautomatic image classification. The study area was bounded by the Sheet 284-B-25, mapping Pereira Passos Institute (Institute for Urban Design - City Hall of Rio de Janeiro). We investigated what level of data and information that we obtain through these images, trying to evaluate not only the level of geometric accuracy of these data, but also its quality issues. From this analysis, we determined the spatial scale and theme under which the product classification of the image is consistent

Keywords

Remote Sensing; Urban Landscape; Land Cover Classification; High Resolution Image; PIMAR Project.

Sumário

1.	Introdução	17
2.	Geotecnologias, Sensoriamento Remoto e Paisagem	24
2.1.	A Geotecnologia Sensoriamento Remoto	27
2.2.	Processamento Digital de Imagens – PDI	33
2.3.	Contextualização Geográfica da Paisagem	37
2.4.	Paisagem e Sensoriamento Remoto	43
2.5.	Pimar o início de uma proposta para a democratização da informação geográfica	53
3.	Materiais e Métodos	57
3.1.	Contextualização da área de estudos	57
3.2.	Espacialização dos Processos Sociais e as Implicações da Transformação e Culturalização da Paisagem sem Planejamento	63
3.3.	Relevância do monitoramento da Mata Atlântica para a sua preservação	68
3.4.	Processamento das Imagens	70
3.4.1.	Características das imagens do sensor Ikonos II	71
3.4.2.	Características do sensor CCD	72
3.4.3.	Características do sensor HRC	74
3.4.4.	Correção Geométrica Simples	75
3.4.5.	Fusão de Imagens	80
3.5.	Segmentação, Interpretação e Classificação	83
3.5.1.	Chave de Classificação	85
4.	Discussão dos Resultados	88
4.1.	Acurácia Geométrica	88
4.2.	Acurácia Temática	95
5.	Futuras Aplicações	105

6. Referências Bibliográficas 107

Anexos 114

Lista de figuras

Figura 1 – Hierarquia do segmento	36
Figura 2 – Janela <i>Edit Process</i> na qual são definidos os parâmetros de Segmentação	37
Figura 3 – Vista aérea do Maciço da Pedra Branca	58
Figura4 – Cruzeiro no Pico da Pedra Branca	58
Figura 5 – Localização do Parque Estadual da Pedra Branca	59
Figura 6 – Demonstração da área de sobreposição entre as imagens Cbers-2B (HRC) e a Ikonos	61
Figura 7 – Articulação do mapeamento do IPP na escala 1:2.000, em destaque a área que foi selecionada para a pesquisa	62
Figura 8 – Ilustração da ortoimagem Ikonos utilizada com destaque para a área de estudo	71
Figura 9 – Composição das bandas no ArcGIS	76
Figura 10 – Ferramenta Georreferencing com destaque para o métodos de transformação disponíveis para Georreferenciamento no ArcMap	77
Figura 11 – Demonstração esquemática da diferença entre as três ordens polinomiais de transformação	78
Figura 12 – Localização dos pontos de controle coletados para a correção da imagem CCD	79
Figura 13 – Localização dos pontos de controle coletados para a correção da imagem CCD	80
Figura 14 – Fusão de bandas no ArcGIS 9.3	81
Figura 15 – Resultado da fusão de imagens utilizando o método <i>Brovey</i>	82
Figura 16 – Janela de edição de processos para segmentação de imagens no Definiens Developer 7	83
Figura 17 – Resultado da segmentação utilizando o parâmetro de escala “10”	84
Figura 18 – Representação dos pontos de teste. Imagem Ikonos em com transparência e sobreposta à imagem HRC	91
Figura 19 – Representação de uma curva normal demonstrando que 95% dos valores da média estão dentro do desvio padrão	92
Figura 20 – Representação dos pontos de teste da imagem fusão	

CCD_HRC	94
Figura 21 – Imagem CCD em composição 342, com destaque para a área de classificação	96
Figura 22 – Imagem HRC, com destaque para a área de classificação	97
Figura 23 – Imagem CCD_HRC em composição 342, com destaque para a área de classificação	98
Figura 24 – Ilustração da área onde deveria ser identificada a classe água	99
Figura 25 – Ilustração da área onde deveria ser identificada a classe água	99
Figura 26 – Ilustração da conversão de dados no formato vetorial para matricial	101
Figura 27 – Comparação entre os limites de borda das classes	103

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comprimento de onda de cada banda espectral	21
Tabela 2 – Características do satélite Ikonos II	72
Tabela 3 – Correspondência entre as bandas e o comprimento de onda	73
Tabela 4 – Características da imagem CCD utilizada na pesquisa	73
Tabela 5 – Descrição das características do sensor HRC	74
Tabela 6 – Características da imagem HRC utilizada na pesquisa	75
Tabela 7 – Classes utilizadas para classificação	86
Tabela 8 – Chave de classificação da imagem fusão CCD_HRC	87
Tabela 9 – Relação dos pontos de teste da imagem HRC, resultado da média e desvio padrão dos erros e compatibilização com a PEC	90
Tabela 10 – Erro planimétrico (em metros) sobre os resultados para a face norte do Maciço da Pedra Branca	92
Tabela 11 – Relação dos pontos de controle da imagem CBERS (fusão HRC_CCD)	93
Tabela 12 – Quantidade de células classificadas incorretamente	101
Tabela 13 – Relação do índice Kappa por classe e para todas as classes	102
Tabela 14 – Total de área ocupada pelas classes identificadas na imagem CCD_HRC	103
Tabela 15 – Total de área ocupada pelas classes identificadas na imagem Ikonos II	103

SIGLAS E ABREVIATURAS

APP: Área de Preservação Permanente.

Cast: China Academy of Space Technology (Academia Chinesa de Tecnologia Espacial).

Cbers-2B: China Brazil Earth Resources Satellite (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres).

CCD: Charge Coupled Device – Câmera Imageadora de Alta Resolução.

CCD_HRC: Sigla utilizada para se referir à fusão das imagens.

CTM: Cadastro Técnico Multifinalitário.

GPS: Global Positioning System (Sistema Global de Posicionamento).

HRC: High Resolution Camera – Câmera de Alta Resolução.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Inpe: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

LVC: Laboratório de Visão Computacional.

Nima: Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente.

PEC: Padrão de Exatidão Cartográfica.

Pimar: Programa Integrado de Monitoria Remota de Fragmentos Florestais e de Crescimento Urbano no Rio de Janeiro.

SR: Sensoriamento Remoto.

UC: Unidade de Conservação.

Temos de nos tornar na mudança que queremos ver.

Aqueles que têm um grande autocontrole, ou que estão totalmente absortos no trabalho, falam pouco. Palavra e ação juntas não andam bem. Repare na natureza: trabalha continuamente, mas em silêncio.

A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita.

Não existe um caminho para a felicidade. A felicidade é o caminho.

(Mahatma Gandhi)

1. Introdução

A evolução nos processos de geração e atualização de bases de dados é um assunto em evidência considerando o volume de artigos, dissertações e teses que os comentam. A percepção de que as geotecnologias vieram contribuir para o avanço nesses processos justifica-se pelo ganho que se teve em relação à agilidade e qualidade dos produtos cartográficos. Além da evolução nesse âmbito, que por si já se apresenta bastante significativa, as possibilidades de aplicações também se diversificaram. Dessa maneira, a demanda por produção e atualização de dados geográficos também cresceu.

Embora exista um mercado que pode pagar qualquer preço pelos produtos obtidos a partir das geotecnologias, temos outro mercado que também demanda esses produtos, mas com custo de investimento reduzido. Isso se deve a uma maior percepção do universo de aplicações que se pode desenvolver com as geotecnologias. Desde aplicações mais tradicionais como atualização de dados cadastrais até segmentos de marketing vêm se utilizando do Sensoriamento Remoto, do Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System* – GPS), da Cartografia Digital com o objetivo de alcançar um público maior, obter maiores rendimentos para os negócios, otimizar os processos e procedimentos de planejamento, gerenciamento e gestão de recursos.

A falta de planejamento eficiente, ou a sua total inexistência, é um problema enfrentado por diversas prefeituras municipais. Na sua maioria elas não têm verbas suficientes para cobrir os elevados custos de levantamentos de dados em escala de detalhamento (espacial e temporal).

Boa parte dos aspectos negativos, que permeiam o ambiente urbano, poderia ser reduzida se, antes mesmo da implementação das cidades, a administração pública, em especial prefeituras, pudessem realizar o prévio planejamento que projetasse os rumos de desenvolvimento dos territórios sob suas gerências. Sabemos que essa é uma questão bastante complexa e que essa realidade não é “privilégio” das cidades brasileiras, considerando a maneira como se desenrolou o processo de apropriação do espaço do continente americano. Contudo é possível

minimizar o efeito desses processos desordenados de ocupação do solo por meio de uma avaliação e análise meticulosa desse padrão (ritmo e localização) do crescimento urbano.

O desenvolvimento de um bom planejamento decorre de uma consistente base de dados. Embora não seja possível reconstruir uma cidade seguindo a “cartilha” do que seria o ideal para que a ocupação do espaço se realizasse com garantia de qualidade de vida para todos os cidadãos, é possível contornar situações desfavoráveis. O monitoramento da expansão urbana se faz crucial no sentido da redução dos impactos negativos que são impostos, não só ao ambiente natural, mas à qualidade de vida e também às despesas públicas.

Recentemente diversas cidades do Brasil vivenciaram situações de emergência por conta do índice pluviométrico atípico registrado em momentos distintos¹. Embora muitas das áreas atingidas não vivenciem, em chuvas mais comuns, os mesmos inconvenientes e, em alguns casos, verdadeiras catástrofes. Para algumas localidades as enchentes que invadem casas e transformam vias em corpos d’água temporários são um fato normal a cada chuva mais intensa e prolongada. Por outro lado não é atípico o padrão de ocupação do solo. Encostas, áreas de preservação permanente (APP), áreas proteção (unidades de conservação – UC), locais nitidamente impróprios para habitação, aos olhares minimamente experientes, não são observados com a mesma cautela pela população em geral. As pessoas, que ocupam esses locais, desconhecem a lei e mesmo os perigos a que estão se sujeitando. Exceções existem, pessoas de classes mais abastadas, que podem investir em construções mais sólidas, dificilmente serão prejudicadas ao mesmo nível, mas que também são observáveis nessas áreas de risco.

Obviamente essa discussão, acerca da ocupação e dos motivos pelos quais cidadãos ocupam áreas de risco e lá se mantém até que uma tragédia os atinja, é muito extensa e não é objetivo da pesquisa em questão. Citar esses fatos e acontecimentos se torna relevante pela relação que mantém com o aspecto que queremos ressaltar: a importância de se possuir dados atualizados periodicamente para o monitoramento da ocupação do solo urbano. Justamente por vislumbrar

¹ Santa Catarina em 2008, Angra dos Reis em 2009 e Rio de Janeiro em 2010, só para citar alguns exemplos mais recentes e de notório conhecimento.

essa realidade é que a Secretaria de Estado do Ambiente vem investindo na atualização das suas bases de dados para garantir a eficiência do monitoramento ambiental do Estado do Rio de Janeiro. Dentre diversas instituições que colaboram para essa atualização, temos a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e, mais especificamente, o Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente (NIMA) e o Laboratório de Visão Computacional (LVC). O objetivo a ser alcançado com essa união é desenvolver um sistema de monitoramento das encostas do município do Rio de Janeiro, materializado no projeto piloto do Programa Integrado de Monitoria Remota de Fragmentos Florestais e de Crescimento Urbano no Rio de Janeiro (Pimar). Esse monitoramento se baseia na interpretação de imagens obtidas por sensores orbitais, o que possibilitará identificar os processos de expansão urbana horizontal e vertical sobre a Mata Atlântica, que é hoje o bioma mais afetado pela pressão antrópica (PIMAR, 2009).

O projeto Pimar tem como subsídio para geração dos seus dados as imagens do satélite Ikonos II, um dos primeiros satélites a fornecer comercialmente imagens de alta resolução. Esse sistema sensor foi construído a partir de uma iniciativa privada pela empresa *Space Imaging* dos Estados Unidos. Como já é possível imaginar essas imagens demandam um elevado investimento para a sua aquisição, embora representem uma redução de custos em relação aos aerolevantamentos, que fornecem dados a partir da produção de fotografias aéreas. Isso não significa que devemos deixar de buscar alternativas que representem mais redução nos custos para aquisição de dados de sensoriamento remoto.

É nesse contexto que abordaremos a utilização das imagens HRC e CCD do satélite Cbers-2B. O Programa Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (China-Brazil Earth Resources Satellite – Cbers) consistiu no desenvolvimento de dois satélites, cuja implementação teve início em julho de 1988. O acordo entre Brasil e China foi materializado pelo consórcio entre a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (Chinese Academy of Space Technology – CAST) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Ambos os países empenharam recursos, tanto financeiros quanto técnicos, originando um sistema de Sensoriamento Remoto

competitivo e capaz de atender as demandas de cada um. As imagens obtidas pelos satélites Cbers podem se destinar a diversas aplicações, desde mapas de queimadas e desflorestamento da região amazônica, até estudos na área de desenvolvimento urbano nas grandes capitais do país (INPE, 2009).

O primeiro satélite, Cbers-1, foi lançado da China em outubro de 1999 e, embora a previsão da sua vida útil fosse de dois anos, operou com sucesso por quase quatro anos. Em outubro de 2003, foi lançado o segundo satélite, Cbers-2 que era uma réplica do primeiro. Ambos continham três câmeras para observação da superfície do planeta, nas regiões do espectro eletromagnético correspondentes às faixas do visível e do infravermelho com resoluções espaciais que variavam de 20 a 260 metros. A câmera CCD cobre por cena uma área de 113 km de largura, com uma resolução de 20 metros. A câmera IRMSS, é sensível às faixas, do espectro, que se estendem até o infravermelho termal, produzindo cenas de 120 km de largura e resolução espacial de 80 metros, sendo 160 metros no canal termal. A câmera WFI, de largo campo de visada, produz imagens cujas cenas abrangem uma área de 890 km de largura, permitindo a obtenção de cartas-imagens com resolução espacial de 260 m (INPE, 2009).

Em setembro de 2007 foi lançado o Cbers-2B, também a partir da China, em Taiwan, com o mesmo foguete que lançou os anteriores. O objetivo foi garantir a continuidade do fornecimento de dados às aplicações espaciais e não interromper os projetos de milhares de instituições e usuários desse Programa. Cabe mencionar que cooperação relativa aos satélites Cbers-1 e Cbers-2 o Brasil colaborou com 30% dos recursos empenhados e China com 70%. Na renovação do acordo, para construção dos Cbers-3 e Cbers-4, a participação brasileira foi ampliada para 50%, igualando as responsabilidades dos dois lados. O investimento do lado brasileiro para os Cbers-3 e Cbers-4 gira em torno de US\$ 150 milhões (INPE, 2009).

O Cbers-2B ainda pertence à primeira geração do Cbers e, portanto, é praticamente idêntico aos Cbers-1 e 2. Contudo, algumas melhorias foram introduzidas, como a que diz respeito à carga útil e a substituição do imageador IRMSS por uma Câmera Pancromática de Alta Resolução (HRC). Dentre outras melhorias, temos, ainda, um novo sistema de gravação a bordo, e um avançado

sistema de posicionamento. A integração e os testes do satélite foram feitos no Laboratório de Integração e Testes (LIT) do Inpe, em São José dos Campos. As imagens utilizadas na pesquisa correspondem, justamente, às que são fornecidas pelo Cbers-2B (INPE, 2009).

O potencial de aplicação de cada sensor é estabelecido em função de suas características de resolução espacial, resolução temporal, e características espectrais e radiométricas. A fim de maximizar os resultados para melhor relação custo/benefício deve-se considerar o compromisso entre as necessidades da aplicação e as características dos sensores (INPE, 2009). Um diferencial bastante pertinente dos dados fornecidos por esse satélite é que as imagens podem ser obtidas gratuitamente na página do referido instituto.

As imagens do sensor HRC merecem destaque, pois são dados considerados de alta resolução e que são distribuídos gratuitamente. Esse sensor se encontra a bordo do satélite Cbers-2B, que integra a missão Sino-Brasileira, numa parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (China Academy of Space Technology – Cast) (INPE, 2009).

Outro aspecto positivo do sensor HRC é que sendo um dado pancromático, sua resolução espectral abrange quase todos os comprimentos de onda das faixas multiespectrais captadas pelo sensor CCD. O HRC capta um comprimento de onda de 0,50 a 0,80 μm que corresponde quase que totalmente aos comprimentos de onda das bandas multiespectrais do sensor CCD (Tabela 1). Esse aspecto é de extrema relevância para o processamento de fusão das imagens, pois quanto mais próxima as características espectrais melhor será o resultado da fusão.

Câmera Imageadora de Alta Resolução CCD	
Bandas espectrais	0,51 - 0,73 μm (pan)
	0,45 - 0,52 μm (azul)
	0,52 - 0,59 μm (verde)
	0,63 - 0,69 μm (vermelho)
	0,77 - 0,89 μm (infravermelho próximo)
Câmera Pancromática de Alta Resolução - HRC	
Banda espectral	0,50 - 0,80 μm (pancromática)

Tabela 1: Comprimento de onda de cada banda espectral.

A área escolhida para o estudo corresponde a uma pequena amostra da área de interesse do Pimar. O parâmetro utilizado para a sua delimitação, foi a seleção

de uma quadrícula da grade de articulação das cartas em escala 1:2.000 de representação do mapeamento realizado pelo Instituto Pereira Passos – IPP, que contivesse a maior quantidade das classes que foram definidas pelo projeto Pimar.

Optou-se por esse parâmetro devido a necessidade de estabelecer um limite para a área de estudo que fosse compatível tanto com os dados oficiais de mapeamento da cidade do Rio de Janeiro, mas principalmente porque essa grade é a referência para organização e entrega dos resultados do mapeamento do projeto Pimar. Embora pareça mais lógico que se adotasse uma quadrícula da grade de articulação do mapeamento na escala de 1:10.000, visto que os resultados da correção geométrica se apresentaram compatíveis com essa escala, essa seria uma área de dimensão muito extensa para um estudo de investigação preliminar acerca dos dados de imagem dos sensores CCD e HRC.

O detalhamento da pesquisa e seus resultados serão relatados ao longo dos cinco capítulos que compõem esta dissertação. No capítulo 2 veremos os conceitos que fundamentam a pesquisa e qual a relação que o conceito de paisagem estabelece com o conceito de geotecnologias. Explicitaremos, breve e resumidamente, o que são as geotecnologias, pois o enfoque se estabelecerá sobre o conceito de Sensoriamento Remoto, uma destas geotecnologias. Abordaremos a aplicabilidade das imagens orbitais aos estudos sobre a paisagem, enquanto categoria de visualização e análise do espaço geográfico. Ainda no capítulo 4 abordaremos o ecossistema da Mata Atlântica, pois a área escolhida para realizar tal análise localiza-se neste bioma.

Para estabelecermos a intersecção entre os estudos da paisagem e as geotecnologias explicitaremos algumas concepções de paisagem mais clássicas e inerentes ao contexto da Geografia que tenham afinidade com os princípios das geotecnologias. Por fim abordaremos especificamente a contribuição do Sensoriamento Remoto para a ilustração do conceito de paisagem, enquanto suporte às políticas públicas, mais especificamente em relação à ocupação do solo e ao papel regulador do Estado na normatização da espacialização da sociedade.

O capítulo 5 descreve a metodologia adotada para realizar os experimentos que avaliarão a aplicabilidade dos dados obtidos pelos sensores HRC e CCD. Nele

traremos maiores informações sobre técnicas que nos permitiram melhor aproveitar essa imagem, sendo uma delas a fusão entre imagens de resolução espacial e espectral diferentes. Através da classificação visual das imagens foi possível estabelecer uma avaliação do tipo de informação que podemos obter sobre a cobertura do solo. A metodologia de classificação e avaliação também está descrita nesse capítulo.

No capítulo 6 serão apresentados e discutidos os resultados dos processamentos e análises sobre os experimentos realizados e que nos permitiram determinar com que escala os dados são compatíveis para sua publicação e aproveitamento. Essa definição é determinada pelos níveis de acurácia geométrica e temática obtidos com a ortorretificação e interpretação das imagens. Esse é o capítulo em que serão apresentadas as reflexões, algumas conclusões.

Por fim no capítulo 7, nomeado “Futuras Aplicações”, o intuito foi abordar o que vislumbramos de possibilidades a serem desenvolvidas mediante os resultados obtidos. Entendemos que uma pesquisa fundada para a produção de uma dissertação não pode encerrar-se em si mesma, sendo apenas um ponto inicial para estudos mais aprofundados.

O objetivo geral da pesquisa é estabelecer uma comparação entre os dados obtidos a partir da interpretação e classificação da imagem Ikonos II no âmbito do projeto Pimar, com a classificação de imagens do satélite Cbers-2B. Para que esse objetivo seja alcançado foi necessário cumprir as seguintes etapas que consistem nos objetivos específicos dessa pesquisa:

1. Discutir a contribuição do Sensoriamento Remoto para estudos sobre a paisagem;
2. Classificar visualmente o padrão de cobertura da imagem fusionada seguindo a metodologia do Pimar.
3. Comparar os resultados das classificações obtidas com as imagens Ikonos II e Cbers-2B para aferição da acurácia geométrica e temática.

2. Geotecnologias, Sensoriamento Remoto e Paisagem

As geotecnologias constituem o conjunto de tecnologias que nos permitem realizar a coleta de dados, o processamento, análise e oferta de informação georreferenciada. São soluções que dependem de hardware, software e pessoas qualificadas neste campo multidisciplinar do conhecimento. É esse conjunto ferramentas que favorece a tomada de decisões. Como já foi citado acima, algumas dessas geotecnologias são os Sistemas de Informação Geográfica, a Cartografia Digital, o Sensoriamento Remoto, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) etc (RIZZI, 2004; ROSA, 2005). Neste estudo nos concentramos na geotecnologia Sensoriamento Remoto.

As aplicações civis do Sensoriamento Remoto orbital começaram a despontar nas décadas de 50 e 60. Devido ao nível tecnológico da época não era possível obter dados compatíveis com a escala de análise intra-urbana devido à resolução espacial das imagens serem muito baixas. Antes da popularização dos sensores orbitais, a realização dessas investigações demandava grandes investimentos, devido aos altos custos dos procedimentos, que eram calcados em trabalhos de campo e/ ou coberturas aerofotogramétricas. A interpretação das imagens de satélite nos permite delimitar objetos que seguem um determinado padrão de distribuição, que permite compreender como se desenvolveu a ocupação urbana. Após a interpretação e classificação das imagens é possível estabelecer análises estruturais e estatísticas que permitem demonstrar os níveis de ocupação urbana e de cobertura vegetal. Com base nesses dados é possível identificar o percentual de expansão da área urbana e de desmatamento. O Sensoriamento Remoto é uma ferramenta importante para a obtenção desses dados, à medida que fornece dados atuais por preços razoáveis (BLASCHKE & KUX 2007).

Até o final da década de 90, antes do advento das imagens de alta resolução, as aplicações do Sensoriamento Remoto orbital limitavam-se ao monitoramento ambiental e meteorológico. Com o surgimento das imagens de alta resolução, essa geotecnologia passou a contribuir de maneira mais efetiva com fornecimento de

dados para atualização das bases e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), não somente de cunho ambiental/ agrícola, mas, também, para estudos que tivessem como objetivo o planejamento e gestão das áreas intra-urbanas. Diversos autores já discutiram a importância do Sensoriamento Remoto para aquisição de informações sobre a paisagem urbana. Estudos significativos podem ser encontrados em Vieira, 1993; Alves *et al.*, 2009; Kurkdjian & Pereira, 2010.

A sociedade moderna demanda cada vez mais tecnologias voltadas ao gerenciamento das informações, principalmente na área de prestação de serviços. Isso porque o acesso à informação é cada vez maior e mais rápido. Esse aumento no volume e na velocidade do fluxo de informações pode ser atribuído aos avanços da informática, especialmente à criação da Internet. Foi esse avanço que favoreceu o surgimento de novas tecnologias permitindo a manipulação de informações espacializadas originando o termo geotecnologia. Compreende em especial as múltiplas aplicações das geociências para a solução de problemas de planejamento e monitoramento dos projetos de exploração e exploração dos recursos naturais - hídricos, minerais e energéticos (BITAR *et al.* 2000). Isso acontece porque esses recursos podem extrapolar os limites territoriais que podem ser apreendidos em uma paisagem. Daí a necessidade de realizar análises multi-escalares. Torna-se possível fornecer os subsídios necessários aos investimentos e as proposições de projetos de engenharia e uso de recursos naturais, que começam a deixar de ser analisados apenas pelos seus aspectos econômicos e passam a incluir as perspectivas de uma efetiva contribuição às sustentabilidades (ambiental, social e econômica), tanto sob o ponto de vista local quanto regional e global.

Estabelecer uma relação entre ambiente urbano e natural se demonstra conveniente, e mesmo necessária, porque entendemos que atualmente a natureza pode encontrar-se inserida, envolvida ou no entorno das áreas urbanas. Esse esclarecimento justifica-se pelo fato de que estamos abordando a paisagem enquanto escala de análise do espaço e da relação do ser humano com esse espaço. Para tanto nos fundamentamos em Crumley (2003) que assinala que a “paisagem é, assim, uma idéia conveniente que serve como uma primeira (mas não a única)

escala espacial de análise¹”. A cobertura vegetal que percebemos na paisagem e espaço urbanos pode ser caracterizada tanto como urbana quanto natural, tal qual Bertrand (1972) frisou “bem que não se trata somente da paisagem ‘natural’ mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica”. Urbana porque já foi apropriada na espacialização, seja como objeto contemplativo, seja como objeto importante para a manutenção da vida, ou ainda como agregador de valor, considerando que é comum que áreas próximas a florestas sejam valorizadas por conta dessa proximidade. Em geral propriedades que se estejam próximas à Unidades de Conservação são mais valorizadas monetariamente.

Dados atualizados são importantes para o conhecimento da situação atual. Mediante esse conhecimento é possível desenvolver projetos e programas de melhorias. Sabemos que é essencial conhecer bem a realidade de um município, enquanto objeto de análise para o planejamento da sua administração. Dessa maneira os dados devem possibilitar tanto um panorama geral, quanto o detalhamento do mundo real, através da abstração dos fenômenos geográficos para sua devida representação (CÂMARA *et al.*, 2001). Contudo somente as imagens não nos fornecem as informações de maneira clara e objetiva para a maioria dos planejadores. Por isso é essencial transformar essas imagens em dados concisos através da sua interpretação e classificação. Segundo Blaschke & Kux (2007) essa não é uma tarefa simples, pois:

“Pesquisa e desenvolvimento estão diante do desafio de tornar acessível o volume crescente de imagens de satélite de alta resolução, a uma comunidade de usuários, cuja tarefa não é o processamento de imagens, mas o planejamento e o gerenciamento. A partir do grande número de objetos de uma imagem, deverão ser extraídos aqueles sobre os quais o usuário disponha de conhecimentos prévios e sobre cujas modificações (taxa de mudança, direção, valor) ele esteja procurando informações (...).”

A obtenção de dados e informações que possam refletir as transformações que ocorreram numa determinada paisagem em muitos casos é inviável ou mesmo impossível, devido a inexistência dos mesmos. O principal problema enfrentado atualmente ao se estruturar um sistema voltado ao planejamento é a falta de informações relativas às tendências de transformação considerando-se as

¹ “Landscape is thus a convenient idea that serves as an initial (but never the only) *spatial scale* of analysis”.

dimensões espaciais e temporais (CÂMARA & MEDEIROS, 1997). O problema se agrava conforme aumentamos o nível de detalhamento da escala de análise. Isso porque em geral os órgãos responsáveis pelo mapeamento compatível às escalas municipais, não possuíam (ou não possuem) recursos para realizar tais levantamentos.

Antes da popularização dos sensores orbitais, a realização dessas investigações demandava grandes investimentos, devido aos altos custos dos procedimentos que eram calcados em trabalhos de campo e/ ou levantamentos aerofotogramétricos. Com a interpretação e classificação das imagens é possível estabelecer análises estruturais e estatísticas que permitem demonstrar os níveis de ocupação urbana e de cobertura vegetal. Com base nesses dados é possível identificar o percentual de expansão da área urbana e de desmatamento. De posse dessas informações e conhecendo os processos que influenciaram e determinaram a configuração de uma determinada cidade delinea-se uma possibilidade de solução para certas deficiências na sua infra-estrutura, como a redução de ocupações em áreas de risco.

As administrações públicas necessitam de instrumentos que sejam capazes de alimentar, atualizar, ou em alguns casos construir, um sistema de informações geográficas (SIG). Tais instâncias administrativas, nos seus mais diversos níveis (municipal, estadual ou nacional), têm demanda por dados e informações fidedignas devido ao seu papel regulador, que pode tanto corroborar com a segregação espacial e falta de infra-estrutura em determinadas parcelas do seu território, como mitigar tais problemáticas.

2.1. A Geotecnologia Sensoriamento Remoto

Com a evolução dos meios de comunicação o volume e o fluxo de informação se intensificaram e o acesso à mesma se popularizou. Com o advento da informática, em especial da Internet, as distâncias se reduziram ainda mais ressignificando as relações comerciais/ econômicas, políticas e mesmo sociais (GATES, 1995). A governabilidade também passou por transformações, trazendo

à tona a necessidade de novos paradigmas administrativos. A demanda por dados é grande em todas as escalas da administração, desde o nível global ao local, do mundial ao municipal (CÂMARA, 2001). Para atender a essas transformações novas técnicas de aquisição de dados são desenvolvidas, como é o caso do Sensoriamento Remoto orbital² (SR). É indiscutível a importância do SR para a cartografia, conforme evidenciado pelo livro *Noções Básicas de Cartografia* (1998) do IBGE:

“A agilidade e a redução de custos obtidos através da utilização de imagens orbitais para atualização cartográfica vêm acompanhadas de uma qualidade cada vez maior no que diz respeito à resolução espacial e multiespectral de alta tecnologia, atendendo aos requisitos de precisão planimétricas exigidos para as escalas do mapeamento sistemático. Deve-se ressaltar o menor custo da aquisição de imagens se comparado à realização de novo recobrimento aéreo.”

A definição de Sensoriamento Remoto adotada pelo IBGE (1998) é transcrita a seguir:

“a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves e etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações.”

Outras definições também podem ser apresentadas como, por exemplo, a definição de SR enquanto arte ou ciência que obtém informações acerca de um objeto área ou fenômeno pela análise de dados adquiridos por um sistema sensor sem contato físico com o os mesmos (LILLESAND *et al.*, 2008; JENSEN, 2009). Esta seria, portanto, uma ciência responsável pela interpretação da energia eletromagnética refletida ou emitida por uma superfície ou objeto distante (JENSEN, 2009).

Colwell (1984 *apud* JENSEN 2009) nos sugere que quanto maior a preocupação em definir um conceito mais se discute a sua etimologia. Jensen (2009) enumera conceitos mínimos e máximos. A máxima define Sensoriamento Remoto como “a aquisição de dados sobre um objeto sem tocá-lo” e é apontada

² A partir daqui todas as menções ao Sensoriamento Remoto são referentes ao orbital.

como “globalizante”³ (JENSEN, 2009). As definições mínimas passam por algumas variações e detalham os meandros conceituais como a que define SR enquanto:

“registro da informação das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem contato, por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou mantidos em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagens.”

Barret & Curtis (1999) resumem o conceito de SR como sendo a observação de um alvo a partir de um dispositivo que se encontre a certa distância deste alvo⁴. Para eles o SR está diretamente relacionado com o de meio ambiente.

Uma profícua discussão apontada por Jensen (2009) diz respeito à abordagem do Sensoriamento Remoto como arte ou ciência. A associação do conceito de SR enquanto arte se justifica pela gama de conhecimento que o intérprete de uma imagem necessita para melhor apreender os dados e informações que neles estejam contidos. A forma como o aprendizado humano se realiza ainda não é compreendida totalmente (JENSEN, 2009). É esse encontro entre conhecimento científico e conhecimento que o intérprete desenvolve ao longo de sua história individual de contato com o mundo real (CÂMARA *et al.*, 2001). Sua conexão com a ciência se faz pelo amplo conhecimento humano que agrega e cujo interesse está voltado para fatos que se unem através de princípios. O método científico é fundamentado por um “sistema ordenado para a solução de problemas” (JENSEN, 2009). O uso de sensores que registram a energia eletromagnética emanada por um objeto distante, energia essa que, posteriormente, será traduzida, analisada, processada por algoritmos para que dados e informações sejam extraídos, compõem o arcabouço de uma atividade científica.

Os sensores remotos são os equipamentos que transformam alguma forma de energia em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente, sem contato físico entre esses sensores e seus alvos de interesse

³ Grifo do autor.

⁴ “*the observation of a target by a device some distance from it*” (BARRET & CURTIS, 1999) grifo do autor..

(NOVO, 1992, *apud* BRITO, *et al.*, 2007) Nas palavras de Lillesand *et al.* (2008) os diversos sensores existentes coletam dados que serão analisado para a obtenção de informação sobre objetos, áreas ou fenômenos que estejam sob investigação.

Constantemente utilizaremos os termos dados e informações distintamente, o que torna relevante descrevê-los. Os dados correspondem aos elementos ou conjunto de elementos numa forma bruta, ou seja, ele sozinho não levará a compreender determinada situação; isoladamente, um dado não possui significado expresso claramente. Informação é este mesmo dado, porém com agregação de trabalho, resultado de uma transformação, que irá dotá-lo de utilidade favorecendo, inclusive, a tomada de decisões diante de uma situação específica. Podemos dizer que os dados correspondem aos fatos em sua forma primária representando coisas, feições, objetos do mundo real. A informação consiste, portanto num conjunto de fatos organizados de tal forma que adquirem valor adicional além do valor do fato em si (SOUZA, 2009).

A energia ou radiação eletromagnética pode ser fragmentada de acordo com a faixa de abrangência que o sensor consegue captar de uma única vez. Assim a luz que chega aos nossos olhos é apenas uma das formas de energia eletromagnética. Ondas de rádio, de calor, raios X e ultravioleta são outras formas também de conhecimento comum (LILLESAND *et al.*, 2008). Ambas têm comportamento similares e se propagam em consonância com o que é determinado pela teoria de propagação das ondas. Não nos prolongaremos muito nessas explicações, pois nosso objetivo foi simplesmente oferecer uma breve definição de uma terminologia que se repetirá ao longo desse texto. Para tanto recomendamos , Barrett & Curtis (1982), Lillesand *et al.* (2008) e Centeno (2004).

Outro assunto que merece destaque em relação à energia eletromagnética diz respeito à sua interação com a atmosfera e os seus alvos. Essa energia pode ser espalhada ou absorvida pela atmosfera. Ela poderá ser emitida, por uma fonte de energia natural ou artificial e refletida pela superfície dos objetos, emitida diretamente por esses alvos, ou, ainda, refletir energia artificial emitida por um sensor, que captará o retorno desse sinal (LILLESAND *et al.*, 2008; CENTENO, 2004; BARRET & CURTIS, 1999; NOVO, 1998; BRITO, 2007). Ao Sensoriamento Remoto, interessam, principalmente a reflexão e a emissão. A

energia eletromagnética refletida, somada à emitida pelas feições da superfície terrestre é a que os filmes ou dispositivos sensores detectam (BRITO, 2007).

O espalhamento atmosférico resulta da difusão da radiação pelas partículas suspensas na atmosfera. Por outro lado a absorção é resultado da absorção da energia pelos componentes atmosféricos. Os materiais que mais absorvem a radiação solar, que é a principal fonte de energia eletromagnética, são: o vapor d'água, o dióxido de carbono e o ozônio.

Dessa maneira temos que a absorção se manifesta quando parte da energia é retida pelas moléculas dos elementos na atmosfera aquecendo-a, posteriormente essa energia será liberada em forma de um novo comprimento de onda. Principais elementos causadores: oxigênio (absorve a radiação ultravioleta na região do infravermelho e energia na faixa das microondas), ozônio (absorve energia com comprimento de onda menor que $0,3 \mu\text{m}$ na faixa do ultravioleta), dióxido de carbono (absorve na região do infravermelho distante ($15 \mu\text{m}$) e na região do infravermelho médio entre $2,5 \mu\text{m}$ a $4,5 \mu\text{m}$) e vapor d'água (forte banda de absorção em torno de $6 \mu\text{m}$ e em faixas mais estreitas entre $0,6$ e $2,0 \mu\text{m}$). A reflexão e a refração da radiação eletromagnética alteram a trajetória do feixe de luz, sem provocar perda de energia. O que nos fica evidente é que a atmosfera é um filtro seletivo.

Outras terminologias que merecem uma breve definição são as de resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal. A resolução espectral está relacionada com faixa de abrangência de captação da energia eletromagnética. Essa energia pode ser fragmentada e classificada a partir da faixa do espectro eletromagnético que o sensor é capaz de captar. O espectro eletromagnético “é a classificação da energia eletromagnética segundo o comprimento de onda, ou a frequência da energia” (GUPTA, 1991, *apud* CENTENO, 2004). Cada comprimento de onda está associado a uma faixa do campo eletromagnético, que pode ser visível ou não ao olhar humano. Nosso olhar é capaz de processar as faixas dos comprimentos de onda que correspondem ao vermelho, verde e azul, que são as três cores primárias que originam as demais cores que visualizamos a olho nu.

Um sensor que seja capaz de captar apenas uma faixa de comprimentos de onda terá menor resolução espectral que outra que consiga captar várias. Em geral

os sensores captam esses comprimentos de onda, que compõem todo o espectro eletromagnético, divididas por regiões (CENTENO, 2004). Alguns sensores são sensíveis a mais de uma dessas regiões, também denominadas faixas ou bandas, formando uma única imagem, como é o caso das imagens pancromáticas. Em geral as imagens pancromáticas, justamente por integrarem todas as faixas do espectro correspondente à luz visível (azul, verde e vermelho) e por vezes a infravermelha também, possuem melhor resolução espacial.

Quanto maior a resolução espacial de uma imagem maior sua capacidade de registrar detalhes dessas feições. A resolução espacial corresponde à unidade mínima espacial em que a energia é registrada. Uma imagem com resolução espacial de um metro significa que toda a energia emitida por objetos cujas dimensões sejam maiores ou iguais a um metro quadrado no mundo real, corresponderá a um *pixel* dessa imagem. O *pixel* é a menor unidade de área que constitui a matriz que origina as imagens. Cada *pixel* corresponde a uma célula dentro dessa matriz, que armazena um número digital, que determinará uma tonalidade de cor. Em geral nos referimos a essas tonalidades como níveis de cinza.

A resolução radiométrica diz respeito ao número de possíveis variações de tons de cinza que podem ser atribuídas ao *pixel*. Isso porque os valores do *pixel* são definidos por valores binários. Assim uma imagem de 1 bit, só poderá ter duas variações de tonalidades de cor, correspondendo ao que na informática se determina como ligado ou desligado. Em outras palavras essa imagem de um bit só terá cores que variem entre branco ou preto, branco ou não branco, preto ou não preto, vermelho ou azul, vermelho ou não vermelho e assim em diante. Isso significa que uma imagem de 8 bits tem menor resolução radiométrica que uma imagem de 11 bits, por exemplo. Embora sejamos capazes de discriminar, aproximadamente, 40 a 50 tons de cinza e “cerca de mil variações sutis de cores” (JENSEN, 2009) imagens com mais de 8 bits são mais úteis ao processamento digital, automático das imagens no que diz respeito à obtenção de dados.

Por fim a resolução temporal diz respeito à revisita do satélite ao mesmo ponto. Quanto menos tempo o satélite necessitar para completar sua órbita em torno da Terra, maior é a sua resolução temporal, pois menor será o tempo de

retorno ao mesmo ponto. Teoricamente isso favorece a aquisição de imagens com maior frequência.

Diversas são as vantagens que se pode obter na utilização de dados oriundos do SR, como a visão panorâmica de uma área, permitindo uma visualização contínua, o que é muito importante para estudos de fenômenos dinâmicos com ocorrência em grandes áreas. A partir do SR já foi possível realizar uma cobertura global da Terra, o que significa que já existem dados que favorecem a realização de estudos com demanda por dados históricos. Alguns sensores são capazes de registrar dados em faixas espectrais da energia eletromagnética invisíveis aos olhos humanos. Alguns processamentos digitais melhoram a qualidade das imagens em tal proporção que facilitam a análise de dados que são de difícil obtenção por outros meios, como ilhas de calor e movimentos de partículas em suspensão na atmosfera.

2.2. Processamento Digital de Imagens - PDI

O PDI está diretamente relacionado com a origem do SR, pois sempre houve a necessidade de processar os dados obtidos, para que tivessem uma aparência e ou formato que facilitasse a análise dos mesmos. Compreende uma série de procedimentos e análises que visam corrigir e/ ou melhorar a qualidade das imagens de modo que favoreça, otimize a extração de dados e informações.

Para Mascarenhas & Velasco (1988) o processamento digital de imagens consiste na “análise e manipulação de imagens por computador” com a finalidade de extrair informações e de tornar as informações, nelas contidas, mais facilmente discerníveis. Para os autores este processo de transformação da informação “pode ser entendido como de ‘redução de dados’ em que se diminui o volume de dados mantendo o conteúdo de informação relevante para uma dada aplicação”. Os autores supracitados identificam como processamento digital de imagens, duas classes de transformações. A primeira seria a das transformações radiométricas, que alteram os valores de níveis de cinza e a segunda seria a classe das transformações geométricas, na qual a geometria é alterada (MASCARENHAS & VELASCO, 1988). Toutin (2004) enuncia que a correção geométrica inclui a

correção de distorções do sensor e das variações na geometria da Terra, e a conversão dos dados para coordenadas reais.

Para escopo dessa pesquisa foram realizados os seguintes processamentos:

- Correção geométrica simples;
- Composição e fusão;
- Segmentação;
- Interpretação e classificação

A correção geométrica simples de imagens consiste numa operação geométrica que visa “à transformação da geometria ou disposição do suporte geométrico das imagens” (BRITO, 2007) resultando na “modificação da disposição dos pixels em relação à imagem original (transformação espacial)” (BRITO, 2007). Tal processamento faz com “que os elementos de imagens individuais fiquem em suas posições planimétricas apropriadas numa projeção cartográfica padrão” (JENSEN, 2009). A padronização, em tese, favorece a integração de dados e informações em sistemas de suporte à decisão espacial (JENSEN, 2009).

A fusão de imagens é uma técnica de pré-processamento das imagens que pode agregar qualidade considerável aos dados (ALVES & VERGARA, 2005). Para um mesmo sistema sensor as imagens pancromáticas têm resolução espectral inferior, mas resolução espacial com maior detalhamento. O contrário é uma verdade para as imagens multiespectrais, isto é, possuem melhor resolução espectral, em detrimento da resolução espacial ou geométrica. Isto explica a aplicação da técnica de fusão, onde uma imagem de resolução geométrica superior (menores dimensões dos *pixels*) é utilizada como base para melhorar, incrementar a resolução geométrica de imagens multiespectrais. Um exemplo típico é o fusão da imagem do sensor multiespectral Ikonos II (4 metros de resolução espacial) com a do sensor pancromático dessa mesma plataforma, cuja resolução espacial é de 1 metro. Dessa maneira é possível obter imagens multiespectrais fusionadas com a pancromática, com resolução geométrica.

Embora existam diversas técnicas de fusão de imagens, não nos ateremos a descrevê-las, pois, não sendo esse um dos objetivos dessa dissertação, não

consideramos relevante nos ocuparmos de tal tarefa. Para tal existem diversos estudos que foram realizados para os mesmos tipos de imagens que utilizamos (CAPORUSSO *et al.*, 2009; ALMEIDA *et al.*, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2009, SAITO, 2009; MATIAS *et al.*, 2009; LEONARDI *et al.*, 2009).

A fusão foi realizada com o objetivo de unir o que há de melhor qualidade no dado CCD com o que há de melhor qualidade no dado HRC. Do primeiro pudemos aproveitar maior resolução espectral, o que nos permite melhor distinguir objetos que respondem diferenciadamente em cada faixa do espectro eletromagnético; do segundo aproveitamos sua maior resolução espacial.

A segmentação consiste na delimitação de objetos (polígonos) automaticamente. Pode ser realizada considerando-se apenas o valor espectral de cada pixel. Essa técnica atendia às demandas de um momento em que a tecnologia de Sensoriamento Remoto ainda não estava tão evoluída quanto atualmente, pois o pixel correspondia a uma área com dimensões tão grandes que permitia discriminá-lo como um único objeto. Embora os sensores já fossem capazes de registrar diversas faixas do espectro eletromagnético, foi a partir do final da década de 1990 que novas demandas se evidenciaram, com o surgimento de sensores capazes de captar imagens com maior detalhamento espacial. O pixel se reduziu de tal maneira que a informação nele contido já não correspondia à área de um objeto. Conforme Baatz e Schäpe (2010), a segmentação de imagens é um procedimento automatizado que visa à extração de objetos de interesse seguindo parâmetros específicos, com o intuito de atender um determinado objetivo, resultando na formação de regiões, objetos contínuos.

Para Brito (2007) “uma das áreas mais importantes no estado-da-arte da fotogrametria digital corresponde à extração automática de feições, (...) essa área pode ser enquadrada na etapa de segmentação”. O autor define que o objetivo da segmentação consiste em selecionar na imagem regiões correspondentes aos objetos de interesse (BRITO, 2007). No processo de segmentação os *pixels* são agrupados em regiões, ou segmentos, que podem ser discriminadas por um atributo ou por um conjunto de propriedades em comum. Estes segmentos representam uma região espacialmente definida associada à imagem que se deseja classificar. No software Definiens 7.0, o conjunto de segmentos resultante de um

processo de segmentação forma um nível de segmento. Nessa hierarquia, cada objeto de um nível inferior está ligado aos respectivos objetos do nível superior conforme podemos observar na figura 1.

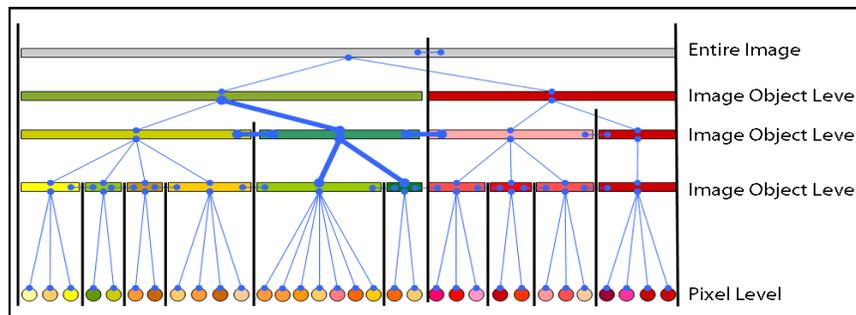


Figura 1: Hierarquia do segmento. (Fonte: Definiens AG, 2007)

O procedimento de segmentação, atualmente, se baseia em informações espectrais, mas também em outros tipos de informações como forma, textura, relacionamentos topológicos, dentre outros parâmetros para a delimitação dos objetos. A segmentação pode ser realizada em diversos níveis, criando sub-objetos que pertencem a super-objetos, que mantêm entre si uma relação de hierarquia. Na maioria dos casos a informação semântica, ou seja a informação que contém um valor relevante para a pesquisa (área edificada, campo, por exemplo), não está contida em *pixels* individuais, mas em objetos e nas relações que mantêm entre si (BAATZ & SCHÄPE, 2010).

Dentre diversas possibilidades, enumeramos a seguir os parâmetros a serem definidos na segmentação multiresolução, que estão também apresentados na figura 2 (DEFINIENS AG, 2007):

- Peso do canal da imagem (*Image Layer Weigth*): em casos de dados imagens cujos canais são comparáveis em tamanho, cada canal deve ter pesos iguais.
- Parâmetro de escala (*Scale Parameter*): determina a máxima heterogeneidade permitida para os objetos; influencia o tamanho médio dos objetos gerados.
- Cor/forma (*Shape*): está relacionado com a influência da homogeneidade cor vs. forma; quanto mais alto o critério da forma, menor a influência da homogeneidade espectral na geração dos objetos.
- Suavização/compacidade (*Compactness*): quando o critério forma é superior a zero, pode-se determinar se os objetos serão mais compactos ou suavizados.

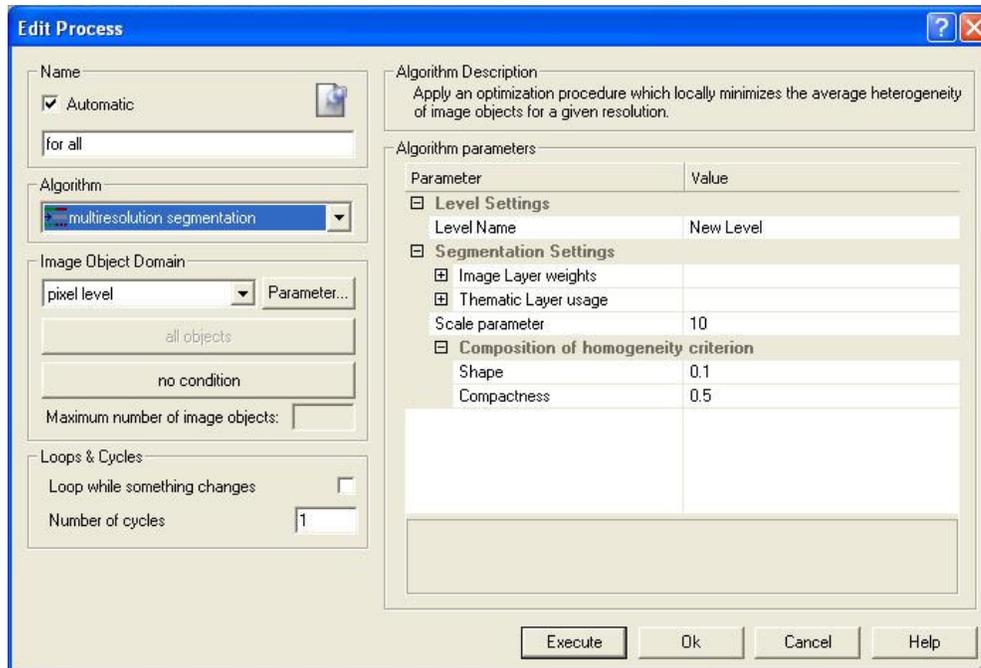


Figura 2: Janela *Edit Process* na qual são definidos os parâmetros de segmentação. (Fonte: Definiens AG, 2007)

Embora o processo de classificação também pudesse ser realizado automaticamente, optou-se pela classificação visual. Embora os procedimentos humanos sejam muito mais difíceis de serem reproduzidos, as técnicas automáticas não são capazes de reproduzir o conhecimento humano com a mesma eficiência. Jensen (2009) faz uma ressalva muito pertinente nesse sentido. Embora admita-se que os programas e computadores sejam capazes de reproduzir procedimentos sem desvios, isso não significa que o processamento digital seja superior à análise visual, visto que o computador é tão fiel em suas reproduções de procedimentos, que reproduzirá inclusive possíveis erros na classificação. Por essas razões é que “frequentemente são obtidos ótimos resultados usando uma combinação sinérgica de ambos os processamentos de imagens, tanto digital, quanto visual” (JENSEN, 2009).

2.3. Contextualização Geográfica da Paisagem

Optamos pelo conceito de paisagem por entendermos que este tem perfeita consonância com o de Sensoriamento Remoto. Assim como a Geografia o Sensoriamento Remoto tem buscado se consolidar enquanto ciência, ao longo do seu transcurso histórico (JENSEN, 2009).

Tal e qual a paisagem, enquanto categoria de análise geográfica, o Sensoriamento Remoto (SR) nos oferece métodos científicos que permitem estabelecer uma representação sobre o espaço geográfico. O conceito de paisagem serve de base para muitos estudos que intencionam investigar processos numa escala específica, considerando, por exemplo, estruturas e padrões de organização de feições impressas nessa paisagem (TURNER, 1989; BLASCHKE & LANG, 2009). Da mesma maneira o SR nos permite uma visão sinótica de paisagens oferecendo dados pictóricos que podem propiciar uma visão holística, preconizada pela ecologia da paisagem (NAVEH, 2000)

A escala a que estamos nos remetendo é tanto espacial, quanto temporal. A partir do SR também é possível desenvolver estudos de acordo com uma escala específica, tanto no tempo quanto no espaço. Para melhor ilustrar essa relação que vislumbramos entre o SR e a paisagem podemos dizer que os pincéis⁵ e olhar humano correspondem aos sensores, que atualmente captam e produzem as imagens que utilizamos como instrumento de investigação. As pinturas finalizadas correspondem às imagens processadas. Continuamos visualizando nas telas, tanto de tecido quanto do computador, exatamente o recorte de interesse, sob a ótica que se considerar mais relevante. O diferencial a ser evidenciado entre essas duas representações é que, na primeira, a imagem já continha em si uma interpretação do pintor. A segunda é produzida por um mecanismo incapaz de refletir acerca do seu trabalho, deixando seu produto aberto a quaisquer interpretações desde que compatíveis com aquelas resoluções explicitadas anteriormente.

Entendemos que sendo a paisagem um conjunto de coisas que se manifestam diretamente em interação com os nossos sentidos. Podemos perceber que, embora as formas (coisas, objetos, fenômenos geográficos) possam permanecer as mesmas ao longo do tempo, a sociedade encontra-se em constante movimento. Devido esse constante devir “[p]odem as formas, durante muito tempo, permanecer as mesmas, mas como a sociedade está sempre em movimento, a mesma paisagem, a mesma configuração territorial, nos oferecem no transcurso histórico, espaços diferentes” (SANTOS, 1988).

⁵ Utilizamos como exemplo os pincéis para nos remeter a arte pictográfica, mas poderiam ser quaisquer outros instrumentos que porventura fossem utilizados pelos artistas daquele momento histórico.

Para decifrar o espaço, Lefebvre (1991) diz que é possível propor muitas grades e decodificações, pois é caracterizado pela coexistência complexa e de difícil apreensão e entendimento. Ele exemplifica a análise com o urbano (a cidade): como sujeito (os graus de consciências, as atividades dos grupos); como objeto (a situação e o sítio, os fluxos); e, como obra (monumentos e instituições).

Assim a paisagem é dotada da capacidade de registrar processos, fatos que se sucederam espacialmente nos transcurso históricos. A paisagem guarda, portanto, as formas que estão e estiveram contidas nos espaços, como um relato das relações sociais que nele se espacializam e se espacializaram. Lefebvre (1991), como Marx, sugere que, ao invés de descrevermos os espaços, deveríamos inverter a marcha fundando uma teoria, a da produção do espaço. Nesta produção o Estado é, cada vez mais, agente, e até proprietário das obras.

Uma contradição moderna surge quando se trata um espaço em grandes extensões, pois ele é fragmentado pela propriedade privada. É uma contradição entre as forças produtivas e as relações de produção e de propriedade. A propriedade privada proíbe a intervenção, paralisa e inibe a ação dos arquitetos e urbanistas. A pressão se acentua e é personalizada pelos promotores.

Para Lefebvre (1991) o entendimento deste espaço homogêneo - fragmentado, conflitivo, pode ser melhor compreendido através do conceito de morfologia estratificada: formas definidas comportam unidades modeladas, imbricadas umas nas outras, em uma ordem definida. O espaço estatal-político tem como primeira função regularizar os fluxos, coordenar o crescimento, impor sua lei ao caos de interesses privados e locais; tem também uma outra função não menos importante: manter em seus limites os espaços despedaçados, manter suas múltiplas funções. O Estado não se limita a gerar órgãos institucionais e administrativos, ele age utilizando um instrumento privilegiado: o espaço.

O modo de produção capitalista, em seu desenvolvimento, produz seu espaço, pois utiliza, a partir do crescimento das forças produtivas, o espaço pré-existente, mas ele não se contenta com isto. De início, ele integra destruindo os espaços antigos (a natureza, o campo, as vilas históricas): ele investe o saber na gestão do espaço (o solo, o subsolo e seu recursos, o espaço aéreo). Ele produz

seu próprio espaço; fazendo isto, ele se transforma e se eleva como modo de produção estatal (MPE).

Lefebvre (1991) percebe que para o Estado moderno a reprodução no interior da empresa (investimentos e amortizações), e no seu exterior (reprodução da força de trabalho), mantém um conjunto hierarquizado de lugares, de funções e de instituições. Os processos de reprodução se realizam num espaço político, condicionante da reprodução generalizada que comporta a reprodução biológica, da força de trabalho, dos meios de produção, das relações de produção e das relações de dominação.

A reprodução biológica identifica-se pela demografia, que por sua vez contribuirá para a formação da força de trabalho, que pode em geral se espacializar concentradamente em bairros de trabalhadores e/ ou subúrbios. Os meios de produção são determinados pelos instrumentos, técnicas e recursos disponíveis e determinam os meios e as relações de produção. Essas relações e meios não são sustentadas ou garantidas pelas empresas, mas sim pelas relações de dominação (HARVEY, 1993). São essas relações de dominação que corporificam a espacialidade social dessas condicionantes dos processos de reprodução do espaço político.

O espaço assegura assim a reprodução generalizada de caráter homogeneizante, ao mesmo tempo em que fragmentado, estruturado em parcelas que são claramente visíveis na paisagem. O espaço homogêneo é mais facilmente reconhecido na composição do conjunto dos lugares do cotidiano. A fragmentação se torna mais perceptível quando observamos as hierarquias dos lugares que se dispõem desigualmente como os centros de dominação e as periferias.

O espaço assegura a reprodução generalizada e uniforme compondo o conjunto dos lugares cotidianos. Esse caráter de homogeneidade pode refletir-se também numa fragmentação ao tratar esses espaços em parcelas, que guardam uma hierarquia entre si, posto que os lugares que os compõem se dispõem e sobrepõem desigualmente. Essa característica é bem visível quando nos deparamos com a dominação que os centros exercem sobre as periferias.

Quanto ao caráter regulador do espaço político estatal, devemos abordá-lo segundo três aspectos. Primeiro o ideológico manifesto na representação tecnocrata da espacialização social. Segundo sob o aspecto prático da instrumentalização dos meios de ação. E, por fim, mediante a perspectiva da tática-estratégia representada pela subordinação dos recursos disponíveis aos objetivos políticos dentro dos seus limites territoriais.

Diante desse cenário Lefebvre (1991) nos indica que o desafio é identificar que formas podem viabilizar a compreensão dos conflitos inerentes às relações sociais que se materializam através da produção dessas formas abstraídas por objetos e códigos. Nesse sentido Bourdieu (1977 *apud* HARVEY, 1993) sob a luz das idéias marxistas desenvolve a idéia de que as “divisões de grupo são projetadas, em todos os momentos, na organização ‘espácio-temporal’⁶ que atribui a cada categoria seu lugar e tempo (...) de integração social e lógica compatível com a diversidade imposta pela divisão do trabalho”.

Essas formas evidenciadas por Lefebvre (1991) podem ser apreendidas pela observação reflexiva e crítica de uma dada paisagem que nos sirva de amostra do contexto do seu arcabouço espacial. Santos (1988) também ressalta a relevância de observarmos as formas impressas numa paisagem enquanto um método de análise da configuração espacial. Essas formas seriam como marcas na paisagem que poderiam testemunhar os usos que se sobrepuseram no espaço:

“As formas não nascem apenas das possibilidades técnicas de uma época; dependem também das condições econômicas, políticas, culturais etc. A técnica tem um papel importante, mas não tem existência histórica fora das relações sociais. A paisagem deve ser pensada paralelamente às condições políticas, econômicas e também culturais. Desvendar essa dinâmica social é fundamental: as paisagens nos restituem todo um cabedal histórico de técnicas”. (SANTOS, 1988)

O histórico dessas técnicas é importante à medida que puder revelar como se estabeleceram relações pretéritas entre o ser, o indivíduo, o cidadão e o espaço e como os processos humanos se desenvolveram no espaço ao longo do tempo e mesmo de que maneira essa temporalidade teria influenciado nessa relação. Essa

⁶ HARVEY, 1994, p. 198.

análise só é possível através do estudo da paisagem, a partir do momento que assumimos que o espaço é uma categoria em constante transformação. Diante dessa perspectiva entendemos que a paisagem é capaz de armazenar formas e conteúdos que caracterizam fatos, acontecimentos anteriores e sucessionais. Por outro lado o espaço não seria capaz de armazenar essas informações, no que diz respeito às técnicas utilizadas. Ainda que essas técnicas transpassem o período histórico em que surgiram, o que remanesce, de modo geral, no momento da atualidade, são técnicas antigas com valores e usos atualizados, refuncionalizados. No âmbito da paisagem isso se torna possível, quando admitimos a idéia de que essa revela as rugosidades, que são essas mesmas técnicas que prevaleceram além do seu tempo histórico de criação. A paisagem sendo estática nos permite essa observação. Nesse contexto nos remetemos mais uma vez a Santos (1988) para corroborar a idéia de que:

“O espaço seria um conjunto de objetos e de relações que se realizam sobre estes objetos; não entre eles especificamente, mas para as quais eles servem de intermediários. Os objetos ajudam a concretizar uma série de relações. O espaço é resultado da ação dos homens sobre o próprio espaço, intermediados pelos objetos, naturais e artificiais. A paisagem é materialidade, formada por objetos materiais e não-materiais. (...) Logo, a materialidade construída vai ser fonte de relações sociais, que também se dão por intermédio dos objetos. Estes podem ser sujeitos de diferentes relações sociais – uma mesma rua pode servir a funções diferentes em distintos momentos”. (SANTOS, 1988)

Prosseguindo com Lefebvre (1991) temos a revelação de que o modo de produção capitalista, no seu processo de desenvolvimento e apropriação do espaço, de início apenas se espacializa através do aproveitamento da reprodução do que já está instituído. Contudo como suas bases são autodestrutivas, passa a destruir os espaços antigos ocupados seja por uma paisagem natural, pela sua artificialização, pois transforma essas paisagens, ainda que preserve suas rugosidades naturais. Seus maiores investimentos são no saber (conhecimento e planejamento) e na gestão desse espaço. Percebe que para melhor controlar o espaço é preciso conhecê-lo bem, por isso é um constante investidor e financiador das evoluções tecnológicas.

Estamos diante de dois aspectos que são de extrema relevância para o

planejamento e gestão de recursos naturais, espaciais, sociais, econômicos e políticos. Um deles é a tecnologia o outro o conhecimento. Tecnologia sem conhecimento identifica-se com a má-utilização, com o mau aproveitamento dessa tecnologia. Conhecimento sem tecnologia trava processos. Tais premissas são aplicáveis às geotecnologias. Os governantes e demais administradores de instituições e entidades governamentais reconhecem a importância de possuir dados e informações a respeito dos recursos sobre os quais têm responsabilidade de planejar o uso e geri-los. Contudo nem sempre têm o conhecimento sobre os melhores meios de obterem esses dados e/ ou informações. Em outros casos têm conhecimentos das tecnologias disponíveis, mas não possuem o capital necessário para investir no conhecimento e acessá-los. É sobre esse último problema que queremos concentrar nossas discussões no intuito de identificar propostas pertinentes ao tema.

2.4. Paisagem e Sensoriamento Remoto

Neste subcapítulo estabeleceremos uma interseção entre o conceito de Paisagem e o de Sensoriamento Remoto. O primeiro surge no século XV, nos Países Baixos, como uma descrição da arte pictórica que registrava a natureza que se desenvolveu nesse período, sob a denominação da *landskip*⁷ (CLAVAL, 2004). Já o de Sensoriamento Remoto foi institucionalizado mais recentemente, no início do século XX, para definir as técnicas de aquisição de dados sobre um determinado objeto sem contato com o mesmo.

Durante o século XIX a descrição das paisagens ganha papel de destaque e passa a constituir-se num dos principais objetos de análise da geografia. De certa maneira podemos afirmar que isso ocorre como uma consequência do aumento no número de expedições aos novos continentes, recém-conquistados. Se nos séculos XV, XVI e XVII tais expedições não exerciam grande atratividade sobre a comunidade científica e artística, ou mesmo se configuravam enquanto medida punitiva para criminosos, nos séculos XVIII e XIX essa característica se

⁷ O termo *landskip* tem origem e referência no/ do idioma holandês, onde, para Claval, temos a primeira menção ao conceito de paisagem.

transmuta consideravelmente. Contudo não é nosso objetivo discutir esses pormenores que motivaram a aumento no fluxo migratório para o “Novo Mundo”. O próprio contexto histórico europeu influenciou o maior interesse pela paisagem.

No século XX, os estudos fundamentados pelas paisagens recebem uma importante contribuição, sendo abordada pelos geógrafos como a relação entre os aspectos físicos, o ambiente, e as realidades e relações sociais humanas. Suas práticas culturais eram observadas e analisadas pelos geógrafos através dos aspectos visíveis, as formas da paisagem. As práticas culturais são, dessa maneira, determinantes para a fisionomia que a (s) paisagem (ns) assume (m). Os estudos da paisagem tornam-se, portanto, mais preponderantes na geografia cultural. Conforme Claval (2004) enuncia, por volta de 1900 muitos geógrafos passam a definir sua disciplina “como uma ciência da paisagem ou das paisagens. (...) O privilégio dado ao olhar é confirmado”.

Para Cosgrove (1998) a paisagem é munida de símbolos que guardam em si significados. Das fotografias aéreas e imagens de satélites podemos extrair símbolos que também dizem muito pouco ou nada, mas que ao olhar de geógrafos das mais diversas áreas podem representar informações expressivamente valiosas. Os sensores são capazes de registrar maior quantidade de dados, pois de acordo com o seu nível tecnológico, podem captar faixas da radiação eletromagnética invisíveis aos nossos olhos (LILLESAND *et al.*, 2008). Por outro lado os sensores provavelmente nunca serão capazes de captar o que os olhos humanos também não captam, mas a mente humana é capaz de processar que são os sentimentos que influenciam e determinam a composição das paisagens. Se a paisagem é uma espécie de texto conforme o autor colocou, os produtos oriundos das tecnologias de Sensoriamento Remoto são as palavras impressas digitalmente na tela de um computador, ou analogicamente num papel, aguardando apenas o seu leitor e intérprete.

As imagens de satélite significaram uma contundente contribuição para os estudos de paisagem e Jean Tricart em 1979 (*apud* DIAS, 2000) já vislumbrava esse avanço para a Geografia. Imagens de diferentes satélites e composições variadas de bandas constituem uma síntese global da paisagem, com considerável conteúdo informacional. Sendo um produto da combinação de diversos elementos

registrados em formato digital, muitas possibilidades para estudar a paisagem são disponibilizadas. Muito discutida e abandonada por um longo período, pela sua carga de subjetividade, a Geografia volta seu olhar para a paisagem ao passo que a noção de geossistema, exerce um papel de conceito integrador das dicotomias geográficas. Georges Bertrand também trouxe uma relevante colaboração na transformação do conceito de paisagem ao defini-la:

“como uma determinada porção do espaço, onde a combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos reagem-se dialeticamente entre si, formando um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução, a paisagem passa a constituir uma categoria de análise que abarca tanto os fenômenos e elementos naturais, quanto os sócio-econômicos. E os resultados dessa interação estão expressos na sua fisionomia.” (*Apud*: DIAS, 2000)

Os instrumentos de Sensoriamento Remoto podem contribuir enquanto ferramentas que fornecem subsídios às tomadas de decisão para o gerenciamento de análises ambientais (BLASCHKE & KUX, 2007; YANG, 2005; COWEN, 1988 *Apud* CÂMARA *et al.*, 2001). Claval também aqui nos traz significativa contribuição ao afirmar que o geógrafo precisa educar sua capacidade visual e, que tal como Humboldt fazia, precisamos multiplicar nossos: “pontos de vista, olhar o relevo de perto e de longe (...), e construir a partir daí, uma imagem sintética da região que analisa. (...) Humboldt percorria a paisagem com um olhar que oscilava horizontalmente (...). A paisagem do geógrafo resultava de reconstrução sistemática daquilo que pontos de vista sucessivos haviam permitido descobrir, mas continuava suficientemente próxima do olhar do pintor.” O mesmo autor identifica em Suess uma nova abordagem da paisagem, que não concorda com a idéia de um quadro sem vida, mas uma sobreposição, uma agregação, uma interação entre ambientes (CLAVAL, 2004). Diante dessa perspectiva fica fácil estabelecer a conexão entre a imagem que um sensor nos forneça e essa paisagem evidenciada por Claval. Por tais motivos é que objetivamos avaliar a aplicabilidade de imagens orbitais para os estudos sobre a paisagem.

As geotecnologias não têm a função de substituir o papel do geógrafo (ou de qualquer outro profissional que lide com os temas) enquanto estudioso dos processos físicos e humanos da Terra, elas apenas oferecem os subsídios, os

materiais e ferramentas necessários para essa tarefa. Berque (1998) considera a paisagem enquanto uma marca, que se imprime pela abstração do sujeito e a paisagem com o qual se relaciona.

Uma imagem de satélite pode nos fornecer os subsídios necessários à análise e interpretação dessas marcas. Contudo isso não significa que qualquer pessoa diante de uma imagem será capaz de identificar essas marcas e interpretá-las, pois fica difícil analisar e interpretar uma imagem sem prévio conhecimento da área e sem os conhecimentos teóricos essenciais ao entendimento do porque aquelas marcas se encontram impressas de uma determinada maneira e não de outra. O que significa dizer que a paisagem registrada pela imagem poderá remeter a diferentes abstrações de acordo com os conhecimentos e interesses de cada intérprete. Qualquer um pode reconhecer que um conjunto de telhados arranjados de maneira desordenada constituem uma área edificada sem adequado (ou nenhum) planejamento. Por outro lado somente um pesquisador que conheça os processos que dão origem a favelas, que conheça a realidade sócio-econômica que determina sua manifestação poderá interpretar com exatidão essa área e dela extrair níveis mais complexos de informação e estabelecer reflexões mais profundas.

Tomando como parâmetro o conceito de unidade de paisagem, concebido por Zonneveld (1989 *apud* BARBOSA, 2004) e considerado fundamental no estudo de ecologia da paisagem, torna-se necessário integrar aspectos de vegetação, solo, geomorfologia, geologia e os aspectos biológicos (influência da massa viva). Entretanto, o conceito de unidade de paisagem não se limita à simples inclusão de camadas, níveis de informação referentes a esses temas, como se fossem unidades dissociadas, independentes e soltas na paisagem. É fundamental que esses planos de informação sejam analisados de maneira integrada, permitindo avaliar a paisagem em sua completude, de modo sistemático. O todo não é simplesmente a soma das suas partes (MORIN, 2003; BLASCHKE & LANG, 2009, CAPRA, 1991), mas sua integração pode contribuir para uma análise holística (NAVEH, 2000), com base num dado sinótico. Através desses dados é possível extrair não somente informações da superfície, mas também da sub-superfície e, ainda, acima das superfícies, visto que os sensores

atuais são capazes de captar tanto a estrutura de um relevo, quanto compostos químicos suspensos no ar.

Com um pouco mais de ousadia e imaginação podemos ir muito além e identificar a manifestação de conflitos, citando dois exemplos. O primeiro ainda concentra-se na interpretação da arquitetura que os sensores mais modernos favorecem ao produzirem imagens com resolução espacial suficiente para discriminar edificações ainda em construção. A partir das imagens de satélite foi possível acompanhar praticamente em tempo real os ataques de 11 de setembro de 2001. Em janeiro do ano 2000 foi possível identificar e monitorar o fluxo do óleo que atingiu a Baía de Guanabara após o rompimento de um duto na Refinaria de Duque de Caixas. Nem sempre é possível obter dados com tanta precisão e velocidade sobre um alvo de interesse, mas quando é possível é inegável a sua presteza e relevância.

Os satélites com sensores que apresentam melhor resolução espacial são propriedades de companhias e instituições de países desenvolvidos, como os EUA. O controle se manifesta de tal maneira que numa situação que seja interpretada como ameaçadora à soberania desse país, ou, simplesmente, contrária aos seus interesses a disponibilização das imagens por esses sensores é interrompida. É, também, de notório conhecimento o uso das geotecnologias em situações de guerra. Para finalizar temos mais um exemplo remete ao domínio que alguns países exercem sobre essas tecnologias. Mesmo os sinais emitidos por satélites do tipo Global Positioning System (GPS) podem ser interrompidos. Somente esse segundo exemplo seria matéria pertinente para elaboração de uma dissertação ou tese a respeito das desigualdades que se manifestam nos meios científicos e de comunicação influenciadas pelos aspectos econômicos e políticos.

Seria, portanto, muita ousadia afirmar que tais imagens poderiam ser utilizadas ainda que como um singelo subsídio pictórico para ilustrar uma pesquisa, um estudo sobre os choques culturais e políticos entre povos? Um exemplo didático e bem ilustrativo para esse questionamento pode ser assinalado ao mencionarmos uma mensagem que circula pelo planeta representando a concentração de luzes nos países de economia mais pujante como os Estados Unidos e outros países da Europa, em contraste com a quantidade de luzes em

países de economia mais precária, como os da África. Muitas interpretações podem ser feitas a partir dessa imagem. Não eram também as pinturas do século XV subsídios pictóricos para ilustrar a dominação de alguns países e sociedades sobre outros? Não nos ateremos a responder tais provocações, mas fica o questionamento como sugestão reflexiva.

O conceito de paisagem surgiu a partir do interesse por registrar, representar através da arte da pintura, um determinado campo de visão associado a uma idéia, a um contexto. Assim parece perfeitamente plausível associar esse conceito primário, axiomático aos de Sensoriamento Remoto, visto que as imagens⁸ obtidas através destas técnicas, também se configuram em parcelas do espaço, pois são delimitadas por uma área definida pela cena que o sensor consegue captar. Essas cenas correspondem ao registro de uma paisagem, que é definida pelo interesse do usuário. Se área de interesse for maior que a dessa cena será necessário adquirir mais de uma cena, se for menor poderá reduzir a área dessa cena total.

A diferença entre a paisagem retratada inicialmente pelos pintores e a paisagem captadas por sensores⁹ é que o primeiro era estático, retratava um dado momento e refletia a visão do observador sobre aquela parcela de um espaço, de um território. As imagens, sejam de satélites ou fotografias aéreas, guardam uma particularidade que é a possibilidade de múltiplas interpretações diante de uma mesma perspectiva. As imagens, em si, são apenas dados, não nos fornecem respostas prontas o olhar do intérprete é que vai extrair dados deste dado nos fornecer informações a interpretar o que é possível observar nessas imagens. O nível de detalhamento e o tipo de dado e informações passíveis de serem extraídas dessas imagens dependerão não só da qualidade da imagem produzida pelo sensor, mas também da experiência profissional do seu intérprete, bem como dos interesses, das demandas que se intenciona atender.

Diante dessa situação podemos analisar a paisagem dentro de uma perspectiva espacial de feições, objetos captados pelas lentes de um sensor,

⁸ O termo imagem/ imagens poderá em alguns momentos ser empregado de maneira generalista remetendo-se tanto a imagens de satélite quanto fotografias aéreas, visto que ambas são tecnologias de Sensoriamento Remoto. Essa redução é necessária para que não tenhamos que nos remeter a ambos os produtos do SR.

⁹ Os sensores podem ser aerotransportados ou estarem a bordo de um satélite.

constituindo-se nos componentes dessa paisagem. Consideramos pertinente, também, a definição de Crumley e Marquardt (1987 *apud* CRUMLEY, 2003) que caracteriza paisagem enquanto manifestação espacial da relação entre o homem e o ambiente que habita. Não é possível, em princípio, afirmar que o espaço possa ser apreendido através de um único produto de SR, devido ao dinamismo das relações que corporificam o conceito. Por produto leia-se imagem orbital, visto que esse é o material em estudo. Estando a paisagem contida no espaço, é coerente afirmar que dela é possível extrair alguns aspectos inerentes ao espaço, o que dependerá, também, da escala em que essa paisagem esteja sendo analisada. Na paisagem temos a dimensão dos objetos que são percebidos pelos nossos sentidos, enquanto que o espaço contém os objetos e as relações que se desenvolvem e se realizam sobre esses mesmos objetos. Para Santos (1988) o espaço deve ser entendido como:

“(...) a totalidade verdadeira, porque dinâmica, resultado da geografização da sociedade sobre a configuração territorial. Podem as formas, durante muito tempo, permanecer as mesmas, mas, como a sociedade está sempre em movimento, a mesma paisagem, a mesma configuração territorial oferecem-nos, no transcurso histórico, espaços diferentes.”

Segundo a literatura que aborda a temática da evolução urbana, diversos fatores influenciam a ocupação e uso do solo (ABREU, 1992). O espaço e a paisagem tomaram o centro dos estudos científicos, que lhes atribuíram maior status conceitual, por atribuírem as idéias de ocupação do espaço enquanto usos, forma. São esses usos e processos humanos que determinam a configuração da paisagem e do espaço, bem como da espacialização. Segundo SANTOS (1988):

“O espaço é o resultado da soma e da síntese, sempre refeita, da paisagem com a sociedade através da espacialidade. (...) A paisagem é coisa, a espacialização é funcional, e o espaço é estrutural. A paisagem é relativamente permanente, enquanto a espacialização é mutável, circunstancial, produto de uma mudança estrutural ou funcional. A paisagem precede a história que será escrita sobre ela ou modifica-se para acolher uma nova atualidade, uma inovação. A espacialização é sempre presente o presente (...) enquanto a paisagem é sempre o passado ainda que recente.”

É coerente afirmar que uma imagem de satélite estabelece a mesma dinâmica de percepção paisagística que originou esse conceito, no século XV, através da representação pictórica, delimitada pelo campo de visão (CLAVAL,

2004). Se o espaço é a soma e síntese da paisagem com a sociedade, através da espacialização da sociedade entendemos que, caso seja possível identificar objetos que reflitam a manifestação da apropriação do espaço pela sociedade, poderemos identificar características inerentes à espacialidade e à espacialização e perceber sua manifestação. Assim a partir das formas, dos alvos, dos objetos identificados numa imagem de satélite poderemos conhecer os processos que se desenvolveram no espaço.

Definitivamente nossa pretensão não é abarcar a totalidade do espaço, mas, como acabamos de afirmar, apenas alguns aspectos através da análise da transformação da paisagem realizando a interpretação e classificação de uma imagem de satélite. Com a interpretação dessa imagem, poderemos visualizar uma paisagem que se construiu ao longo do tempo e guarda o registro de momentos históricos que se sobrepuseram (SANTOS, 2002). Por esse motivo é que acreditamos que será possível apreender aspectos inerentes ao espaço, pois, a partir do estudo desses registros de diversos momentos de formação da paisagem, acreditamos será possível ter uma percepção, uma noção da mobilidade, do movimento inerente às relações que se manifestaram e/ se manifestam com e sobre os objetos.

Os aspectos paisagísticos materializados na estrutura física onde as sociedades imprimem suas marcas são considerados no sentido de que estas são registros de processos mentais, físicos e sociais, a paisagem passa a ter relevância na atribuição dos valores determinados por uma sociedade (BERQUE, 1998, p. 88). Desde então os estudos de geografia física e ambiental utilizam diferentes perspectivas de estudos sobre paisagens. Os avanços tecnológicos, que favoreceram o desenvolvimento das geotecnologias, contribuíram para a disseminação dessas novas técnicas de processamento da informação espacial. Essa popularização é também consequência das demandas, inerentes às políticas públicas, por estudos de planejamento e monitoramento da organização espacial e do manejo de áreas naturais. Nesse ínterim temos, sobretudo, a justificativa da revalorização do conceito de paisagem, visto que o planejamento ambiental não pode ser considerado sem agregar as interferências das ações humanas.

Em meio a essa profusão de abordagens, temos a ecologia da paisagem

que se constrói e fortalece como uma perspectiva de abordagem da temática ambiental, delineando mais uma categoria de análise dentro da Geografia. Embora suas origens estejam mais relacionadas com a ecologia, favorece consideravelmente a geografia no que diz respeito aos estudos que privilegiam a influência do homem sobre a paisagem e a gestão do território (METZGER, 2001). Sob esse viés integrador, as inter-relações do homem com seu espaço de vida são analisados visando a concepção de aplicações que influenciem a mitigação dos problemas ambientais. Metzger (2001) propõe:

“uma definição de paisagem como sendo um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa escala de observação”.

O que fica evidente é que a avaliação e escolha da escala a ser adotada para a análise da (s) paisagem (ns), tem papel preponderante, ainda que os objetivos sejam determinados por ações e processos independentes ou não da influência humana (bióticos ou abióticos). O termo foi aqui empregado no plural para dar ênfase ao caráter polissêmico desse conceito, bem como das múltiplas escalas de análises. Seja no desenvolvimento e execução de projetos de pesquisa, seja para orientar e fundamentar ações de planejamento, execução e monitoramento de políticas públicas, a preocupação com a escala se justifica pelo fato de que esses eventos ambientais e/ ou sociais e/ ou culturais também se manifestam nas mais diversas dimensões temporais e espaciais.

A dimensão da paisagem favorece à geografia física e ambiental, assim como o entendimento das influências antrópicas no ambiente. Desde sua gênese, mesmo enquanto arte pictórica, a paisagem era um reflexo dessa relação entre homem e meio, pois o significado atribuído a essas representações dependiam do contexto temporal e espacial e dos interesses que influenciavam as perspectivas do olhar desse intérprete. Confirmando essa tendência temos como exemplo as pinturas que retravam uma relação harmônica entre os senhores donos de terra e seus empregados, num período em que a Europa vivenciava uma intensa luta de classes. Corroborando com essa idéia temos a seguinte colocação de Besse (2006):

“O visível conta algo, uma história, ele é a manifestação de uma realidade da qual ele é, por assim dizer, a superfície. A paisagem é um signo, ou um conjunto de signos, que se trata então de aprender a decifrar, a deciptar, num esforço de interpretação que é um esforço de conhecimento, e que vai, portanto, além da fruição e da emoção. A idéia é então que há de se ler a paisagem.”

Besse (2006) nos orienta a realizar uma “leitura” da paisagem, para que possamos “extrair formas de organização do espaço, extrair estruturas, formas, fluxos, tensões, direções e limites, centralidades e periferias” (BESSE, 2006, p. 62). O saber e o olhar geográfico são, portanto, fundamentados na leitura e decodificação dos signos que se apresentam nesse tipo especial de escrita, que é a representação das paisagens. Dentro dessa perspectiva podemos nos remeter ainda à Morin (2007) que percebe na paisagem os símbolos de ostentação do poder ao identificar na arquitetura dos arranha-céus uma manifestação material das relações de poder e modernidade do desenvolvimento econômico.

É nesse contexto que Claval (2004) apresenta a paisagem cartografável como a mesma interface onde atmosfera, litosfera e hidrosfera se imprimem, é onde se relacionam natureza e cultura. Para ele as fotografias aéreas contribuem para a passagem para a visão vertical, modernizam e facilitam a construção e o manuseio dos mapas agilizando e tornando mais eficientes os processos de atualização cadastral (CLAVAL, 2004). Para Rego (2008) a caracterização do real pode ser representada a partir de uma imagem de sensores em nível orbital. A imagem constitui-se numa síntese, numa generalização, que abstrai a realidade de tal modo que dependendo da resolução (espacial, radiométrica, temporal, espectral) será possível visualizar categorias e classes em diferentes escalas geográficas.

Vimos com Besse (2006) que a leitura da paisagem nos possibilita a extração de formas e estruturas de organização que definem e determinam as direções e limites, fluxos e tensões que se manifestam nas centralidades e periferias. Essa interpretação caracteriza, fundamenta e elucida as aplicações que consideramos possíveis com através das imagens do SR. Não estamos olhando da Terra para um espaço exo-terrestre. Estamos, outrossim, buscando meios que permitam que prefeituras de municípios com reduzidos recursos financeiros,

possam investir em e realizar planejamento e gestão de seus territórios.

A leitura da paisagem que constitui os territórios municipais pode proporcionar às prefeituras uma gestão mais eficiente, não só de seus recursos econômicos, mas também da sociedade que nesse território se espacializa e interage com a natureza. Se para ler, interpretar a paisagem é preciso analisá-la em diferentes planos escalares, para extrair o seu significado é necessário identificar e decodificar símbolos atribuindo, aos mesmos, valores e significados. Dentro dessa perspectiva podemos estabelecer a conexão entre o estudo da paisagem e o SR, pois as imagens que nos fornece, contribui para o desenvolvimento de aplicações com base nesse conceito.

2.5.

Pimar o início de uma proposta para a democratização da informação geográfica

A caracterização histórica do processo de formação da cidade do Rio de Janeiro foi pertinente, justamente, para que pudéssemos entender, porque o crescimento da cidade se deu de maneira tão desordenada e por vezes caótica. Essa expansão urbana exerceu e continua exercendo pressão sobre os remanescentes florestais, principalmente a partir da década de 1950, quando o ritmo de crescimento foi evidenciado. É nesse período que as construções apresentam um intenso ritmo de crescimento não só horizontal, quanto vertical. A falta de instrumentos que permitam a identificação desses processos com um nível de precisão compatível ao cadastro urbano é um dos principais fatores que impedem a coibição dessas ações de supressão vegetal indevida. A dificuldade de obter dados, ressaltada acima, impede que a preservação desses fragmentos seja realizada de maneira mais eficiente pelos órgãos públicos de gestão (CINTRA *et al.*, 2009).

Sendo a Mata Atlântica o bioma mais afetado pela pressão antrópica a expansão urbana dentro de áreas de proteção ambiental ou nos seus limites é um fator preocupante para a cidade e Estado do Rio de Janeiro. Torna-se urgente, portanto, a criação de mecanismos que possibilitem identificar os processos de expansão urbana horizontal e vertical sobre a Mata Atlântica.

Com intuito de atender tal demanda é que surge o projeto piloto intitulado Programa Integrado de Monitoria Remota de Fragmentos Florestais e de Crescimento Urbano no Rio de Janeiro (Pimar) se desenvolve justamente no intuito de contribuir com a preservação desses remanescentes florestais da Mata Atlântica (CINTRA *et al.*, 2009). O projeto Pimar foi desenvolvido através de uma parceria entre a Secretaria Estadual do Ambiente (SEA) do Estado do Rio de Janeiro, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o departamento de Engenharia Elétrica, representado pelo Laboratório de Visão Computacional e o Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente, ambos na Pontifícia Universidade Católica e a Universidade de Hanover. O programa se consolidou a partir de diversos trabalhos acadêmicos e pesquisas que fundamentaram a criação dos laboratórios de Geoprocessamento (LabGIS) e de Visão Computacional (LVC), onde, atualmente, trabalham os responsáveis pela produção de dados e informações (PIMAR, 2009).

Os dados, sobre as transformações na paisagem, são atualizados, semestralmente, à SEA. Esses dados fornecem informações sobre a localização de áreas onde tenha ocorrido supressão de cobertura vegetal legal ou ilegalmente, concentrando-se na interface entre as áreas edificadas e as áreas de proteção ambiental. A fonte de dados é provém da geotecnologia de Sensoriamento Remoto, como imagens do satélite Ikonos II.

O projeto é coordenado pelos grupos de trabalhos do LabGIS e do LVC. Esses são os subsídios que o poder público necessita para poder monitorar e controlar, eficientemente, aqueles processos de expansão urbana que podem culminar na perda de qualidade ambiental, pela supressão da floresta. A metodologia consiste na análise e classificação de padrões de cobertura do solo da paisagem urbana (CINTRA *et al.*, 2009). Outro objetivo é contribuir para uma efetiva gestão participativa da cidade, oferecendo o suporte técnico e científico necessários para a implementação de políticas públicas dentro de uma perspectiva de sustentabilidade (CINTRA, *et al.*, 2009).

Contudo o Pimar está sendo realizado com dados de custo elevado, que são incompatíveis com o orçamento de muitos municípios. Conforme Beppler & Antunes (2009) o “Brasil possui mais de 5.500 municípios e a grande maioria

destes não possui um cadastro técnico multifinalitário que subsidie os gestores com informações eficazes para a resolução dos problemas existentes”. A consequência da não existência de dados é total ausência ou ineficiente planejamento da ocupação do solo e da expansão urbana. A gestão também é prejudicada por essa inexistência ou desatualização dos dados (BEPPLER & ANTUNES, 2009). Diante dessa realidade torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de técnicas e metodologias eficazes e de baixo custo para a atualização bases cartográficas e geográficas que possam subsidiar o planejamento e gestão desses municípios. Para Beppler & Antunes (2009) a eficácia de uma técnica (ou um conjunto de técnicas) pode ser determinada pela capacidade de atender “as necessidades do município, levando em consideração as características da região bem como o fator econômico, ambiental e social”. Para os autores o avanço que vem se observando na geotecnologia do SR poderá contribuir para o desenvolvimento de “metodologias para aplicações urbanas” (BEPPLER & ANTUNES, 2009).

Os avanços no SR brasileiro podem contribuir com a popularização da informação geográfica em meio digital, dotando a sociedade civil de meios para se tornar uma parceira da administração pública. O Inpe vem fornecendo, há pouco mais de dez anos, imagens do satélite Cbers gratuitamente. O diferencial que vem se construindo desde de 2008, se faz pelo sensor HRC, capaz de captar imagens com 2,7 m de resolução espacial. Por esse motivo optou-se por estudar as imagens que são fornecidas por este satélite. Além do fato de estarem desenvolvendo pesquisas que objetivam incrementar a resolução espacial os dados são fornecidos gratuitamente de maneira fácil e sem burocracias.

O acesso à informação de modo geral é um dos fatores mais preponderantes no tocante ao isolamento que culmina por impor um obstáculos (GEORGE, 1984) não só às relações interpessoais, mas na relação Cidadão – Estado. Cidadão foi escrito com letra maiúscula propositalmente, pois estamos querendo nos remeter ao cidadão enquanto sujeito das/ às ações do Estado (LEFEBVRE, 1991). Esse sujeito teria a capacidade de realizar transformações nessa estrutura desde que conheça seus direitos e deveres, e saiba como acessá-los. Para Pierre George (1984):

“As necessidades de comunicação projectam-se de maneira diferente sobre o meio, em termos de isolamento pela vacuidade do espaço periférico ou pelo seu congestionamento. Num complexo geral de distância – tempo, é ora o factor distância, ora o factor tempo, o mais determinante como obstáculo às relações. Mas outros dados podem intervir para determinar o isolamento.”

Com a popularização da Internet (GATES, 1995) a idéia é que, futuramente, a população tenha acesso, praticamente em tempo real, a dados sobre as transformações na paisagem. Muito mais do que o “simples” acesso a esses dados e informações a população poderá interagir com essas informações. Embora o Google Earth já proporcione essa interação com a informação geográfica, esta ainda é produzida sem a participação popular, estando restrita há algumas pesquisas científicas e acadêmicas. Não devemos nos esquecer também que apenas uma parte do território brasileiro é coberta com imagens de alta resolução.

Outro fator relevante é que as imagens fornecem, de imediato, apenas uma visão pictórica da paisagem, se não tiver trabalho de análise, interpretação e classificação agregado servirá de mero recurso visual a população geral. Por isso o processamento digital de imagens e a interpretação dos dados obtidos com esse processamento são fundamentais.

No capítulo a seguir veremos quais foram as técnicas de processamento digital utilizadas. Aliadas a essas técnicas realizamos a análise visual interpretando as imagens Cbers para classificá-las. Com essa classificação foi possível avaliarmos a qualidade dessas imagens e a possibilidade de utilizá-las ou não para o fornecimento de dados que subsidiem o planejamento e a gestão de municípios. Cabe ressaltar que esta foi uma análise piloto, apenas uma análise preliminar para avaliar a viabilidade de se prosseguir com uma pesquisa mais avançada.

3. Materiais e Métodos

A área piloto do estudo está situada no Maciço da Pedra Branca. O recorte foi estabelecido tendo como referência uma carta de 1:2.000 do IPP, a 284 B-25. Optou-se pela articulação porque a área de cada carta tinha uma dimensão compatível com o tempo disponível para a realização e conclusão da pesquisa. A escolha pela 284 B-25 deveu-se a uma análise prévia que identificou que esta conteria o maior número de classes identificadas pela classificação do projeto Pimar. Como essa classificação foi a referência para aferir a acurácia temática da interpretação visual das imagens Cbers fusionadas, justifica-se a escolha dessa carta que abrange uma área onde foram identificadas todas as classes definidas. Abaixo temos a lista de dados utilizados, compreendendo imagens e os dados da classificação do Pimar:

1. Ortoimagem Ikonos II
2. CCD – Cbers-2B
3. HRC – Cbers-2B
4. Dados resultantes da classificação, da ortoreimagem Ikonos II, do Pimar em formato *shapefile*.

Para o processamento das imagens do satélite Cbers-2B e comparação dos resultados foram utilizados os seguintes softwares:

1. ArcGIS 9.3
2. Definiens Developer 7

3.1. Contextualização da área de estudos

A área de estudos está inserida num dos mais importantes remanescentes da Mata Atlântica: o Maciço da Pedra Branca, onde está localizado o ponto mais alto da cidade do Rio de Janeiro, o Pico da Pedra Branca (figura 3 e 4¹), com 1.204 m de altitude. Devido à intensa expansão que se manifestava no local, por estar

¹ http://www.cecilio.ime.eb.br/adventures/2003/09-PedraBranca/pedra_branca-set_03.htm

compreendido no meio de diversos eixos de desenvolvimento urbano, abrigando as mais variadas atividades econômicas e todos os segmentos de classes sociais, tornou-se necessário criar uma área de preservação ambiental. Além do variado patrimônio natural, o Parque e o seu entorno dispõem de construções de interesse cultural, como um antigo aqueduto, represas e ruínas de sedes de antigas fazendas.

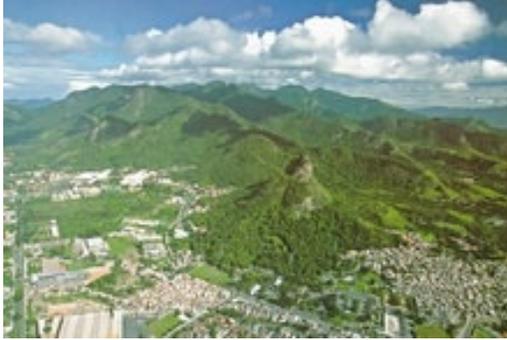


Figura 3: Vista aérea do Maciço da Pedra Branca.



Figura 4: Cruzeiro no Pico da Pedra Branca.

Em 1974 foi criado o Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) abrangendo todo o maciço, 12500 hectares (figura 5), para preservação através do instrumento de Lei Estadual nº. 2377 de 28/06/74. Sua demarcação é estabelecida a partir da cota altimétrica de 100 metros, ao redor de todo o maciço da Pedra Branca, o que representa cerca de 16% do território do município. Apesar de ser legalmente definido como uma área de proteção integral, o que impediria a presença de residentes, estima-se que a unidade de conservação (UC) abrigue cerca de 45.000 habitantes em seu interior. Por esse motivo o processo de degradação causado pelas atividades antrópicas é crescente. Em 1988, foi criada a área de proteção

Ambiental (APA) da Pedra Branca, pelo município do Rio de Janeiro. A APA é delimitada a partir da cota 300 metros em diante. As autoridades municipais resolveram transformar a área do parque em APA, para assim tentar mitigar a erosão, a poluição, as invasões, a devastação da mata e o crescente processo de ocupação da área que circunda o maciço² (COSTA & COSTA 2009).

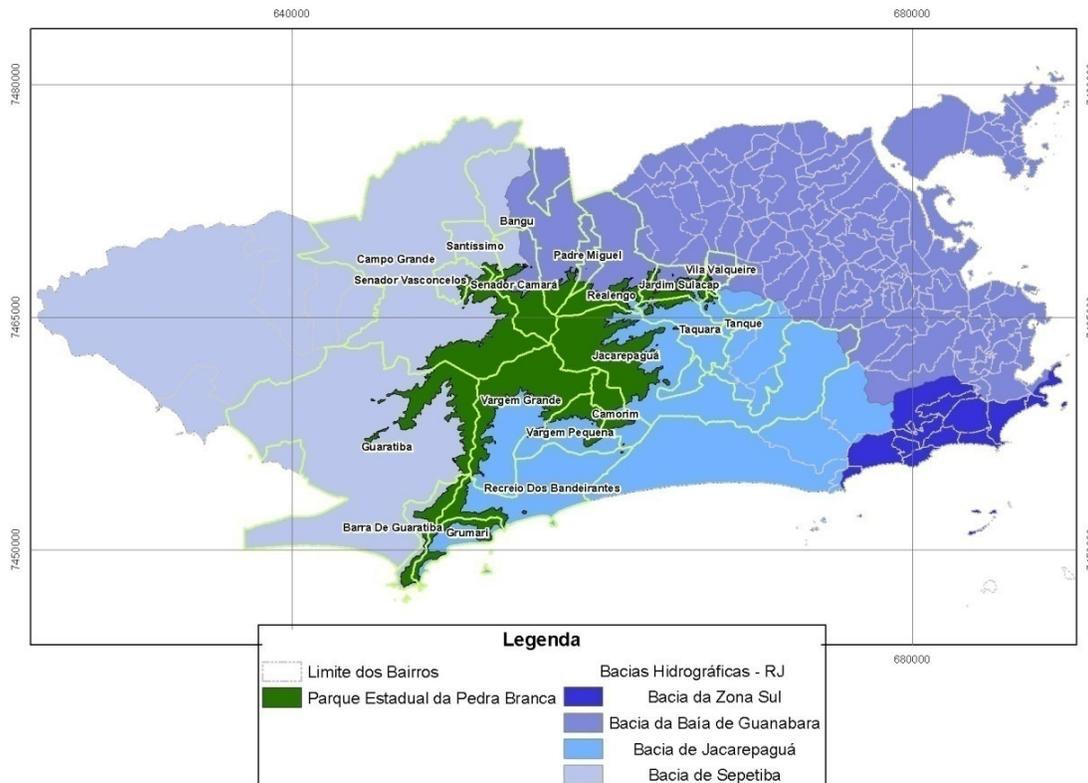


Figura 5: Localização do Parque Estadual da Pedra Branca.

Esse é um lugar de elevado valor ecológico, muito importante para a qualidade de vida de toda a população carioca. Isso se deve ao fato de que sua rede hidrográfica abastece de água as represas do Pau da Fome, do Camorim, de Taxas e do Engenho Novo³. Além do ponto culminante, da cidade, o PEPB possui mais de 10,5 Km de trilhas, ao longo das quais é possível encontrar diversas quedas d'água, nascentes, rios, e um açude cuja área equivale a 1/3 da Lagoa Rodrigo de Freitas (COSTA, 2006). O Maciço da Pedra Branca compreende o conjunto das seguintes serras: Valqueire, Viegas, Bangu, Barata, Lameirão, Engenho Velho, Rio Pequeno, Taquara, Pedra Branca, Quilombo, Santa Bárbara, Rio da Prata, Nogueira, Alto do Peri, Sacarrão, Geral de Guaratiba, Carapiá,

² <http://www.parquepedrabranca.com/base.html>

³ <http://www.parquepedrabranca.com/base.html>

Cabuçu e Grumari. Separa-se do Maciço de Gericinó pela Baixada Bangu - Realengo e do Maciço da Tijuca pela baixada de Jacarepaguá. Outra característica dessa área é dinamismo das transformações, causadas por ações antrópicas. Na Serra de Bangu temos a presença de torres de transmissão de energia, que embora cumpram o seu papel social de levar luz à população local é também responsável por desmatamentos. Contudo os maiores impactos negativos são causados por extração mineral, sobretudo de granito ornamental⁴.

Por esses fatores, que refletem a importância da preservação do Maciço da Pedra Branca é que essa é uma das áreas de trabalho do Pimar. Diante de tal dinâmica é urgente a produção de dados para que se possa tomar conhecimento quais os níveis de degradação desse ambiente. Esse também foi o local selecionado para desenvolver a pesquisa acerca do sensor HRC. Da mesma maneira que o Maciço da Tijuca contribui com a melhoria da qualidade do ar e temperaturas mais amenas das áreas em seu entorno, dentre outros benefícios, o Maciço da Pedra Branca também pode cumprir a mesma função. Na verdade a vertente Sul corresponde mais à essa propriedade; falta melhorar a face Norte com ampliação da cobertura vegetal.

Como o maciço da Pedra Branca seria uma área por demais extensa para uma pesquisa que se materializou enquanto dissertação para obtenção de grau de mestrado, foi delimitada uma área reduzida tendo como referência a grade de delimitação das folhas do mapeamento em escala 1:2.000 do Instituto Pereira Passos. Primeiro foi identificada a área de sobreposição entre as imagens Cbers e a ortoimagem Ikonos conforme podemos observar na figura 6. Através dessa ilustração fica evidente que a área de sobreposição entre as duas imagens não é muito extensa, totalizando pouco mais de 23 quilômetros.

⁴ <http://www.parquepedrabranca.com/base.html>

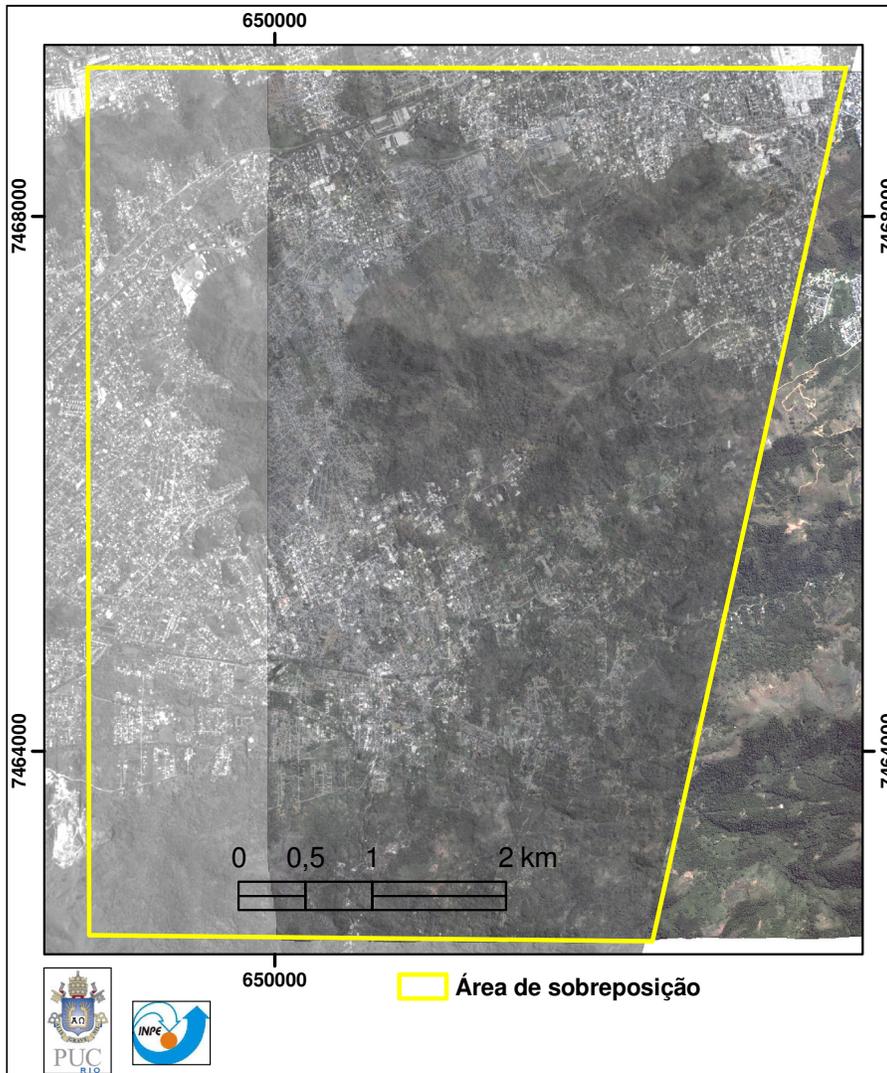


Figura 6: Demonstração da área de sobreposição entre as imagens Cbers-2B (HRC) e a Ikonos.

Sobre as imagens foi adicionada a grade de articulação do mapeamento do Instituto Pereira Passos (IPP) e a classificação do Pimar. Cada quadrícula que serve para estabelecer a divisão entre as cartas do mapeamento na escala 1:2.000 do IPP corresponde a uma área de 1km^2 . Utilizando ferramentas de análise espacial do ArcGIS 9.3 identificamos qual das quadrículas continha a maior variedade de classes dentro da área de sobreposição entre as duas imagens. Daí a opção pela quadrícula 284 B-25 destacada na figura 7:

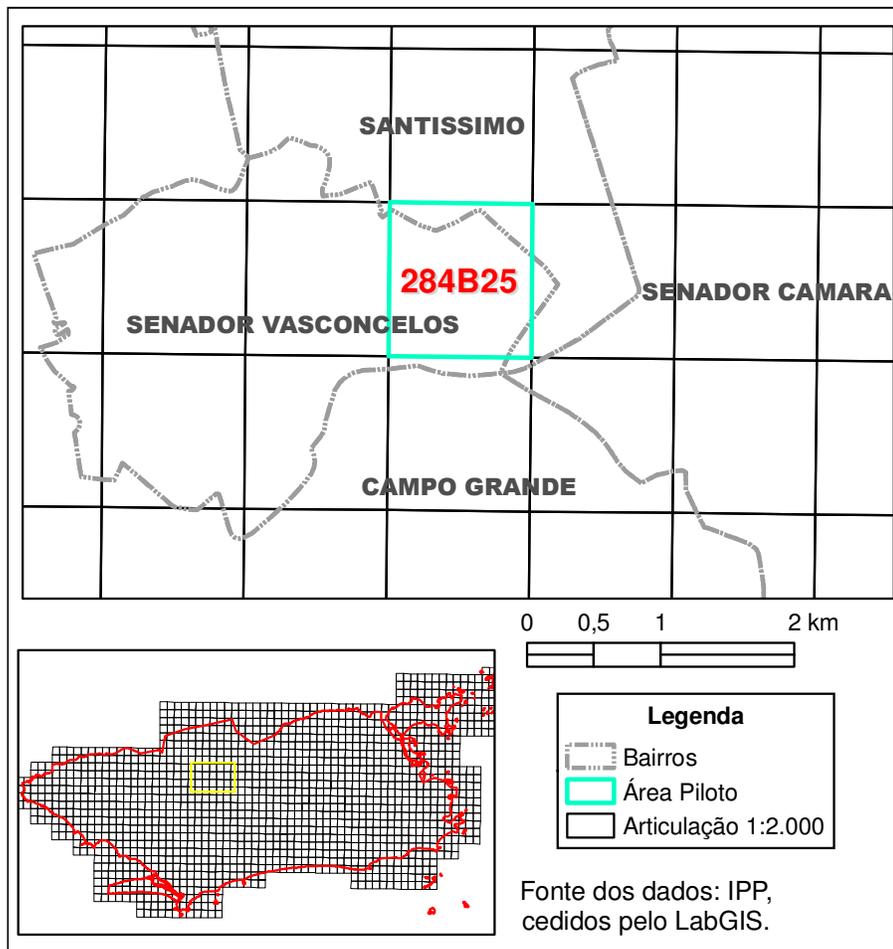


Figura 7: Articulação do mapeamento do IPP na escala 1:2.000, em destaque a área que foi selecionada para a pesquisa.

A metodologia adotada para a segmentação e a classificação da imagem CBERS é espelhada na metodologia do Pimar, pois os dados produzidos pelo projeto servirão de base comparativa para aferir os níveis de acurácia geométrica e temática da classificação da imagem HRC.

A produção de dados do Pimar se baseia na interpretação e classificação visual de imagens do satélite Ikonos, precedida de uma segmentação automática utilizando o software Definiens Developer 7. Essa metodologia pautada na prévia segmentação da imagem é definida como classificação semi-automática (JENSEN, 2009). Esse dado servirá de base para avaliação dos dados obtidos com a interpretação e classificação das imagens fusionadas HRC e CCD. Os procedimentos serão explicitados adiante.

3.2. Espacialização dos Processos Sociais e as Implicações da Transformação e Culturalização da Paisagem sem Planejamento

A espacialização dos processos sociais está diretamente relacionada com os primórdios de ocupação do espaço brasileiro. Ao nos referirmos aos processos sociais estamos nos remetendo às transformações da paisagem impostas pelo histórico de ocupação do maciço da Pedra Branca, principalmente quando se inicia a expansão urbana da cidade do Rio de Janeiro. Esse histórico determinou a configuração de ocupação e apropriação desse espaço pelas atividades antrópicas imprimindo marcas na paisagem. Por essas marcas evidenciarem aspectos que remetem a importância de se realizar um contundente planejamento na intenção de investigar qual a melhor maneira de se efetivar a espacialização da sociedade é que consideramos relevante traçar um breve histórico da ocupação da cidade.

Por um bom tempo o Morro do Castelo foi o espaço de alocação, exercendo tanto a função habitacional quanto militar, para defesa, pois seu posicionamento estratégico favorecia a vigília e o controle das entradas e saídas de embarcações da baía. Com “o progresso”, para que proporcionasse a expansão do povoado, este espaço foi refuncionalizado. Paulatinamente a povoação se espalhou para as suas imediações, deslocando o centro econômico, no século XVII, propiciando o surgimento de novas instalações comerciais como trapiches e armazéns, bem como novas igrejas e fortes.

O século XVII foi um período em que modos e valores de vida se definiam de acordo com os interesses dos colonos, originando a constituição de um espaço público, no sentido de que deixara de ser apenas um território guardado por “caseiros” a espera de seus “donos” portugueses. Construía-se um governo autônomo, posto que a cidade estava sendo construída e gerida de acordo com os interesses e referências dos próprios colonos.

O século XVIII pode ser definido como um período, uma “fase” marcada por mudanças nos aspectos culturais, a cidade ganha o status de capital do ouro, que apesar de se destinar, oficialmente, exclusivamente, para a metrópole, proporcionou benefícios. A mineração representou papel importante, pois a partir daí a cidade assumiu um caráter de centro consumidor. Passa a ser reconhecida,

também, por seu cosmopolitismo, o lugar onde as coisas acontecem e as novidades chegam primeiro. É cada vez mais identificável pelo seu pioneirismo servindo de exemplo, de modelo para outras localidades, outras cidades em formação. Isso irá refletir, ainda, em melhorias na infraestrutura urbana, provocando mais transformações na configuração espacial.

A cultura é essencialmente responsável pela construção de uma identidade carioca, estimulada não somente pela prosperidade financeira, que favorece o consumo, mas pela intensificação nas trocas de informações, por conta da maior conexão com outros países europeus. Contudo a cidade continua sendo a soma dos lugares que nela coexistem (os comércios, as habitações, etc.) com uma função, a de reproduzir a força de trabalho. O modo de produção (capitalista) se estrutura através da produção, das relações de produção, dos lugares da produção e através do consumo e dos lugares de consumo, mais ou menos controlados pelas instâncias econômicas (o grande capital) e políticas (os aparelhos do Estado que compreendem os aparelhos ideológicos).

Enquanto escoadouro das minas a cidade passa a demandar maior suporte defensivo, mais fortes foram construídos dentre outros melhoramentos. Tais obras trouxeram melhorias no sistema de encanamento e escoamento do esgoto e calçamento e iluminação de ruas. Com a transferência da capital de São Salvador para o Rio de Janeiro, em 1763, ocorrem algumas mudanças de cunho político, que influenciam a economia e a espacialização social, visto que agora os colonos se viam limitados pelos interesses da coroa. É relevante ressaltar que essa transferência foi influenciada pela mineração, que revigorou o status de centralidade assumido pela cidade. Contudo a função de capital não trouxe para os governadores do Rio de Janeiro, um aumento contundente no seu poder político e administrativo. A presença dos vice-reis modificou, significativamente, a vida da cidade, passando a ser controlada por estes. Intensificou-se a preocupação em modernizar a cidade, favorecendo as demandas da realeza. A cidade perde, portanto a identidade de cidade colonial, para começar a assumir a identidade de cidade real. A transferência implicou no aumento dos impostos e da fiscalização, com o intuito de reforçar o pacto colonial, que apesar de beneficiar economicamente, impingiu à cidade a perda da sua condição de cidade-produção,

pois sua perspectiva de crescimento foi orientada pela exclusividade mercantil do pacto.

Essa caracterização da cidade como base real tem seu ápice em 1808, com a transferência da corte portuguesa para a cidade do Rio de Janeiro. Esse é o ponto de partida do processo de interiorização da metrópole, marcando o início da construção do Império no Brasil. Os limites precisam ser transpostos devido à incapacidade de comportar o vertiginoso aumento populacional. A incorporação de novos sítios, refletindo em grandes transformações na sua paisagem urbana, se delineando como uma verdadeira frente pioneira urbana, favorecida pela produção cafeeira, mas também por conta da crise da economia açucareira na maior parte da baixada fluminense. A produção cafeeira é considerada, por Marafon (2005), como “(...) o principal fator de fixação populacional”.

Um fato curioso dessa frente de expansão foi a expulsão de muitos colonos de suas casas, que eram “convidados a terem o privilégio” de se retirarem de suas moradias. A indenização que recebiam não correspondia ao valor real de suas residências, muito menos dos incômodos de serem expulsos, provavelmente muitos sequer receberam qualquer indenização. Com a união das coroas ibéricas em 1850 a cidade obtém a maximização da sua renda financeira, o que permite a ampliação de sua influência sobre toda a colônia. Esse avanço urbano é cada vez mais condicionado pelo aumento populacional, que vem acompanhado da ampliação das funções da cidade, que é tanto o centro político do país, quanto a capital econômica de uma vasta e rica região agrícola. Mais uma vez Marafon (2005) nos traz relevante contribuição, ao ilustrar o impacto dessa transferência da corte:

“Esse incremento populacional acontece numa vila colonial com população estimada entre 43 e 50 mil pessoas. Com este impacto demográfico e de gastos, a cidade bruscamente eleva seu patamar de renda, de atividade, de emprego, assim como altera profundamente a cultura local. A chegada da Corte associou a valorização imobiliária com uma crise completa de habitações, decorrente da falta de infra-estrutura compatível com o grande aumento populacional.”

Podemos assinalar esse acontecimento como o estopim da expansão urbana, ou pelo da ocupação humana no município do Rio de Janeiro. A espacialização da

sociedade carioca seguiu novos rumos a partir desse incremento populacional, que desde seu início se desenvolveu de maneira desordenada. Por isso estamos evidenciando a importância do planejamento como forma de se reduzir impactos negativos da ocupação humana.

A contextualização histórica da ocupação da cidade do Rio de Janeiro no cenário nacional e internacional ao longo desses séculos é relevante para melhor entendermos alguns acontecimentos comuns ao cotidiano carioca. É nesse espaço que temos o surgimento das primeiras favelas do país, representando uma significativa ressignificação da paisagem. Essas transformações na paisagem carioca motivaram uma das primeiras iniciativas preservacionistas no Brasil, quando D. Pedro II investe no reflorestamento do maciço da Tijuca dando origem à atual Floresta da Tijuca. O objetivo era justamente reconstituir a vegetação nativa para resolver problemas com o abastecimento de água e preservar a sua qualidade. Essa é uma questão ainda sem solução para muitos bairros.

A cidade permanece em constante processo de construção e desconstrução. Favelas crescendo, condomínios se expandindo todos seguindo uma lógica semelhante, ainda que se manifeste com diferenças sutis. A repressão ao crescimento das favelas, para conter a devastação da Mata Atlântica, e garantir a segurança de seus moradores, enquanto condomínios se expandem, com raras repressões, é um exemplo desse paralelo que foi estabelecido do passado com o presente.

Essa contextualização justifica-se ainda pelo intuito de evidenciar que uma cidade que é tida como referência, devido seu destaque no plano nacional e internacional, deveria cada vez mais assumir esse papel investindo em ações de planejamento efetivo e que pudessem ser replicados em outras cidades que vivenciem problemas similares. Ainda que as escalas (temporal e/ ou espacial) variem de uma cidade para outra.

O histórico de remoção e expulsão de habitantes de um determinado local é um fato que se repetiu e continua repetindo ainda que com características e motivações distintas. Um fator é comum a cada um desses eventos, a atuação do poder administrativo. As chuvas que inundaram a cidade do Rio Janeiro em abril

de 2010 trouxeram mais uma vez essa questão habitacional para o foco das discussões acerca do papel do Estado enquanto regulador da ocupação do solo. Essa é uma discussão bastante delicada, justamente, por conta desses eventos anteriores.

Está arraigado no imaginário social que a atuação do Estado no sentido de normatizar a espacialização da população, da sociedade é maléfica. Uma saída para romper esse laço poderia ser a fundamentação das ações de organização espacial, por meio de dados que comprovem, técnica e cientificamente, a urgência na remoção de pessoas que habitam áreas de risco. Principalmente, os governantes devem lançar mão desses dados para que esse deslocamento populacional se faça de maneira justa, causando o mínimo de consequências conflitantes. Afinal essas pessoas guardam uma relação cotidiana com a paisagem na qual estão inseridas, com o lugar que habitam. A paisagem a qual estão acostumados não pode ser cambiada drasticamente. Essas pessoas têm uma vivência cotidiana, não apenas com a paisagem, mas com o espaço também. Diante do cenário retratado acima torna-se urgente buscar alternativas que não alterem profundamente o tempo de deslocamento, para a realização de suas atividades diárias de trabalho, lazer etc. O risco que se corre é de, justamente, corroborar com a homogeneização espacial (SANTOS, 2002) , na qual o que encontra-se na ponta dos processos de espacialização não tem poder de decidir sobre sua própria espacialidade. Outro aspecto relevante é que a (s) paisagem (ns) com que convivem cotidianamente, é que os faz cidadãos, habitantes de um lugar.

Para estabelecer essa leitura da paisagem, com o intuito de estudar, analisar a espacialização da sociedade é que apontamos o SR como uma ferramenta essencial, sem dirimir a necessidade do emprego de ferramentas e estudos. O SR enquanto ferramenta contribuiria com os dados, que após minuciosa e multidisciplinar análise fornecerá informações pertinentes e necessárias para fundamentar ou simplesmente ilustrar os dados e informações desses outros estudos e ferramentas.

3.3.

Relevância do monitoramento da Mata Atlântica para a sua preservação

Devido aos diversos processos que provocaram as transformações na Mata Atlântica, temos uma paisagem multi-fragmentada e variada, que é resultado não só das ações humanas, mas também fruto de diferentes condições de evolução. Essa evolução se manifesta tanto na escala geológica quanto na escala da natureza, incluindo-se obviamente, os níveis de intensidade das intervenções antrópicas (DEAN, 1995). Essas intervenções humanas manifestas nos usos do solo foram responsáveis por essa intensa variabilidade de estágios sucessionais (CINTRA, 2007).

Conforme vimos anteriormente, a cidade do Rio de Janeiro tem um histórico de degradação que remonta ao período colonial. Isso significa que a transformação dessa paisagem se apresentou de maneira mais significativa também nesse período. Não pretendemos cunhar um discurso pró-indigenista, contudo é inegável que embora estes também tenham sido responsáveis por alterações na paisagem, elas se deram em escala espacial reduzida. A sazonalidade relacionada e o tempo de permanência reduziam as marcas as dessas transformações.

Não pretendemos realizar extensa discussão acerca de que povos são mais ou menos responsáveis por transformações na paisagem. Contudo é inegável que os povos autóctones tinham uma relação com o seu espaço, com sua paisagem que implicava em transformações que não trouxeram maiores consequências ao ambiente que habitavam. Ao abordar o fato de que os europeus introduziram transformações muito mais significativas à paisagem, torna-se essencial mencionar a relação que a população autóctone mantinha com seu lugar.

As transformações mais evidentes foram introduzidas pelo extrativismo vegetal, agricultura e mineração durante os séculos XVI, XVII e XVIII. Mais adiante, durante o século XIX e XX, tivemos uma intensificação dos processos de urbanização. Esses são os períodos e atividades que assinalamos como mais significativos para a transformação da paisagem, manifesta pela devastação florestal. Vicens *et al.* (1998) ressaltam que a degradação da Floresta Atlântica

“um dos mais importantes complexos vegetacionais brasileiro” foi provocada pelo manejo não sustentado que implicou na perda de biodiversidade.

A velocidade com que se desenvolveu o processo de expansão urbana está relacionada com elevadas taxas de crescimento vegetativo da população e migração rural-urbana notadas, principalmente, nas primeiras décadas do século XX. Crescimento populacional e rápida urbanização são fatores que evidenciam o desordenamento da ocupação urbana e suas consequências ao meio ambiente, que são de difícil reversão. Considerando que muitas atividades de uso da terra podem resultar em mudanças irreversíveis, é necessário que as necessidades das futuras gerações sejam consideradas (MAKTAV 2005 *apud* ALVES *et al.* 2009).

Embora se reconheça a importância do planejamento, para a minimização de degradação ambiental e otimização da qualidade de vida das pessoas, poucas cidades no Brasil tiveram essa oportunidade. Mesmo quando têm a aplicação, o desenvolvimento efetivos desses planos esbarra em obstáculos das mais diversas ordens. As medidas quanto ao planejamento do território são essenciais principalmente no sentido de coibir ações indevidas por parte de empreendimentos privados, cujas ações estejam voltadas aos interesses imediatos de lucro (ALVES *et al.* 2009). Segundo Bonduki (2005 *apud* ALVES *et al.*, 2009):

“as cidades têm condições de planejar seu futuro, reduzirem as desigualdades, promover um adequado uso do solo, evitando desastres ambientais. Neste sentido, o poder público deverá intensificar a fiscalização da aplicação das leis, para que não se transformem em meras formalidades que não saem do papel”.

Levantamentos para o monitoramento do crescimento das áreas urbanas demandam dados, cuja aquisição exige investimentos elevados quando temos em conta as técnicas convencionais para a sua obtenção. Levantamentos de campo e aerofotogramétricos tradicionais são onerosos tanto no âmbito monetário quanto de tempo para cobrir toda uma área de interesse (ALVES *et al.*, 2009; JENSEN, 2009). O advento da aquisição de dados por meio de sensores e câmeras em plataformas orbitais trouxe um ganho de tempo na produção dos dados e redução de valores para acessar aos mesmos. A partir dessa os estudos urbanos puderam

ter mais opções para obtenção de dados cujas características proporcionam repetitividade, visão sinótica e cobertura de extensas áreas (ALVES *et al.*, 2009; ALVES & VERGARA, 2005; LIU, 2007; LILLESAND *et al.*, 2008; BLASCHKE & KUX, 2007; BARRET & CURTIS, 1999).

Estima-se que, atualmente, mais de 80% da população vive em áreas urbanas (MIRANDA *et al.*, 2005). Esses autores evidenciam que a “área urbanizada pode variar muito em função do contexto regional” embora o quantitativo populacional continue tendo muito peso para determinar o nível de urbanização. Para eles embora “o conceito de população urbana [seja] passível de questionamentos, a mancha física das áreas urbanas é um dado inequívoco em imagens de satélite” (MIRANDA *et al.* 2005).

3.4. Processamento das Imagens

Foram utilizadas ortoimagens do sensor Ikonos II, do satélite de mesmo nome, e dos sensores CCD e HRC do satélite Cbers-2B. As imagens Ikonos II serviram como referência para avaliar a interpretação e classificação das imagens Cbers. As imagens CCD e HRC, após o processamento digital prévio (correção geométrica simples e segmentação), foram interpretadas e classificação da cobertura do solo de parte de uma das áreas de interesse que integram o projeto Pimar.

Os resultados do Pimar foram utilizados como referência de avaliação dos resultados obtidos no processamento das imagens Cbers. Embora a metodologia, baseada na verificação com dados de campo, seja considerada a mais eficiente Jensen (2009) afirma que não podemos nos remeter a ela como única fonte de referência. O processamento foi organizado da seguinte maneira:

- Composição das imagens CCD;
- Correção geométrica simples da imagem do sensor HRC;
- Composição de bandas e correção geométrica simples da imagem do sensor CCD;
- Controle da qualidade (medição de pontos de teste).
- Fusão das imagens CCD e HRC.
- Segmentação, interpretação e classificação da imagem fusão.
- Controle da qualidade temática através da comparação entre os resultados do Pimar e os resultados obtidos com as imagens Cbers.

Conforme mencionado anteriormente as imagens Cbers foram corrigidas tendo como referências uma ortoimagem Ikonos do projeto Pimar. Dessa maneira cabe apresentar uma breve descrição das características gerais dessa imagem. Mais adiante apresentaremos uma descrição das imagens CCD e HRC e do processamento aplicado às mesmas.

3.4.1. Características das imagens do sensor Ikonos II

Foi utilizada uma das ortoimagens Ikonos II (figura 8) processadas pela equipe do projeto Pimar (PIMAR, 2009). Dentre as principais características dessa imagem temos a resolução espacial de 1 metro para as imagens pancromáticas e 4 metros para as multiespectrais. Quanto à resolução espectral o sensor é capaz de captar as faixas vermelha, verde, azul e infravermelha, estas e outras características mais gerais estão descritas na tabela 2:



Figura 8: Ilustração da ortoimagem Ikonos utilizada com destaque para a área de estudo.

A imagem utilizada deve, na verdade, ser qualificada como uma ortoimagem visto que as imagens brutas foram processadas e ortorretificadas pela equipe do Pimar. De modo geral o processo de ortorretificação consiste não só no ajuste do posicionamento linear planimetricamente dos pixels, mas atribui

também valores de elevação a esses pixels. Isso significa que é possível medir a altura de objetos e a elevação do relevo. A qualidade geométrica dessa ortoimagem permitiu a produção e representação da imagem e dos dados dela originados na escala de 1:5.000, visto que atendeu aos padrões exigidos pela PEC Classe A para a escala mencionada. Com esse grau de precisão e considerando que a imagem Ikonos tem resolução espacial nove vezes maior que a HRC e 400 vezes maior que a CCD esta constitui-se num dado confiável para ser utilizado como referência da correção das imagens Cbers e sua validação.

Bandas espectrais	Pan 0.45 - 0.90 μ Azul 0.45 - 0.52 μ Verde 0.52 - 0.60 μ Vermelho 0.63 - 0.69 μ Infravermelho próximo 0.76 - 0.90 μ
Resolução Espacial	Pancromática: 1m / Multiespectral: 4m
Imageamento	13 km na vertical (cenas de 13km x 13km)
Capacidade de Aquisição de imagens	Faixas de 11km x 100km até 11km x 1000km Mosaicos de até 12.000km ² 20.000km ² de área imageada numa passagem
Frequência de Revisita	2.9 dias

Tabela 2: Características do satélite Ikonos II (Fonte: www.engesat.com.br)

3.4.2. Características do sensor CCD

Conforme já mencionado a câmera CCD fornece imagens cujas cenas têm 113 km de largura e resolução espacial de 20 metros. Esta câmera tem capacidade de orientar seu campo de visada dentro de ± 32 graus, possibilitando a obtenção de imagens estereoscópicas. Essa câmera opera em 5 faixas espectrais (Tabela 3), três do visível, uma do infravermelho próximo e uma pancromática. São necessários 26 dias para uma cobertura completa da Terra. Devido algumas especificidades da câmera CCD, a banda 5 possui um deslocamento em relação às demais, o que significa que ela necessita ser registrada separadamente dessas outras bandas. As faixas espectrais correspondentes às bandas dos sensores do CBERS-2 são as seguintes:

Bandas espectrais	0,51 - 0,73 μ m (pan) 0,45 - 0,52 μ m (azul) 0,52 - 0,59 μ m (verde) 0,63 - 0,69 μ m (vermelho) 0,77 - 0,89 μ m (infravermelho próximo)
Resolução espacial	20 x 20 m

Largura da faixa imageada	113 km
Resolução temporal	26 dias com visada vertical (3 dias com visada lateral)

Tabela 3: Correspondência entre as bandas e o comprimento de onda (INPE, 2010).

As características da imagem utilizada encontram-se descritas na tabela 4:

Satélite	CB2B
Sensor	CCD
Órbita	151
Ponto	126
Data de Passagem	2010-03-09
SceneId	CB2BCCD15112620100309
Latitude Norte	-22.69630
Longitude Oeste	-44.12730
Latitude Sul	-23.83720
Longitude Leste	-43.29260
Tempo Central(GMT)	13:16:11
Elevação do Sol	58.1272

Tabela 4: Características da imagem CCD utilizada na pesquisa (INPE, 2010).

Dentre as possíveis aplicações dos dados provenientes do sensor CCD temos (CBERS/INPE – divulgação):

- Identificação de áreas de florestas, alterações florestais em parques, reservas, florestas nativas ou implantadas, quantificações de áreas, sinais de queimadas recentes;
- Identificação de campos agrícolas, quantificação de áreas, monitoramento do desenvolvimento e da expansão agrícola, quantificação de pivôs centrais, auxílio em previsão de safras, fiscalizações diversas;
- Identificação de anomalias antrópicas ao longo de cursos d'água, reservatórios, florestas, cercanias urbanas, estradas; análise de eventos episódicos naturais compatíveis com a resolução da Câmera, mapeamento de uso do solo, expansões urbanas.
- Identificação de limites continente-água, estudos e gerenciamento costeiros, monitoramento de reservatórios.
- Por permitir visadas laterais de até 32° a leste e a oeste, em pequenos passos, possibilita a obtenção de pares estereoscópicos e a conseqüente análise cartográfica. Essa característica também permite a obtenção de imagens de certa área no terreno em intervalos mais curtos, o que é útil para efeitos de monitoramento de fenômenos dinâmicos.
- Apoio a levantamentos de solos e geológicos.
- Produção de material de apoio a atividades educacionais em geografia, meio ambiente, e outras disciplinas.

3.4.3. Características do sensor HRC

Como vimos esse é um sensor que começou a operar recentemente, estando em órbita desde 19 de setembro de 2007. A escolha do dado foi balizada pelo interesse em equacionar a questão pertinente à redução dos custos para a produção de dados e informação para a produção de bases de dados cadastrais. Dessa maneira nos coube avaliar a acurácia geométrica e temática, e identificar que escala espacial é possível de se derivar com base nessas imagens.

O diferencial das imagens do sensor HRC, frente aos demais produtos da missão sino-brasileira, é a ampliação da resolução espacial. Em relação a outras imagens de alta resolução, existentes no mercado, seu diferencial se faz não somente por ser um dado gratuito, mas também por ser uma tecnologia nacional. Tais características favorecem o acesso pelas instituições de pesquisa e ensino, bem como pelas instâncias governamentais, como as prefeituras municipais. Assim como as imagens dos demais sensores do satélite Cbers essas imagens podem ser obtidas diretamente no sítio do Inpe.

Esse sensor é capaz de captar uma imagem com 2,7 m de resolução espacial cobrindo uma área de 27 km. Após um pré-processamento realizado pelo próprio Inpe a resolução nominal se amplia para 2,5m. A faixa espectral em que opera cobre parte do vermelho até uma parte do infravermelho próximo⁵. A descrição mais detalhada encontra-se na tabela 5:

Banda espectral	0,50 - 0,80 μm (pancromática)
Campo de Visada	2,1°
Resolução espacial	2,7 x 2,7 m
Largura da faixa imageada	27 km (nadir)
Resolução temporal	130 dias na operação proposta

Tabela 5: Descrição das características do sensor HRC (INPE, 2010).

A seguir temos as especificações da imagem utilizada (Tabela 6):

Satélite	CB2B
Sensor	HRC
Órbita	151_C
Ponto	126_1

⁵ <http://www.cbers.inpe.br/>

Data de Passagem	2010-03-09
SceneId	CB2BHRC151_C126_120100309
Latitude Norte	-22.77090
Longitude Oeste	-43.71820
Latitude Sul	-23.04640
Longitude Leste	-43.51020
Tempo Central(GMT)	13:15:57
Elevação do Sol	58.3509

Tabela 6: Características da imagem HRC utilizada na pesquisa (INPE, 2010).

As principais aplicações a que as imagens desse sensor se destinam são (CBERS/INPE – divulgação):

- Geração de mosaicos nacionais ou estaduais detalhados.
- Atualização de cartas temáticas e outros tipos de cartas.
- Geração de produtos para fins de planejamento local ou municipal.
- Aplicações urbanas e de inteligência.

3.4.4. Correção Geométrica Simples

As imagens necessitaram de correções geométricas para minimizar os deslocamentos no posicionamento dessas imagens em relação à orto-imagem Ikonos e aos dados do IPP. Como esta pesquisa se desenvolveu no âmbito do projeto PIMAR, foi necessário ajustar os dados de maneira que nossos resultados fossem compatíveis com os dados do PIMAR. Justamente por conta das especificidades dos sensores não foi possível reproduzir fielmente os procedimentos aplicados às imagens Ikonos.

Os pontos de controle foram medidos a partir da orto-imagem Ikonos II do projeto PIMAR. Primeiro fizemos uma tentativa de ortoretificação com base nos pontos de controle, sem êxito, afinal os dados coletados em campo tinham como parâmetro a imagem Ikonos II. Isso significa que os locais onde a estação de coleta dos pontos de GPS foi instalada, foram selecionados conforme a clareza que apresentavam nas imagens Ikonos II. Como essas imagens têm resolução espacial quase três vezes maior que a da imagem HRC e 20 vezes mais detalhada que a CCD, os objetos não apresentam a mesma definição quando visualizados nessas três imagens. Isso não nos impediu de identificar pontos comuns às imagens Ikonos, HRC e CCD. Embora as feições de campo não sejam visíveis com a

mesma definição nas três imagens, é possível encontrá-los e medi-los com um bom nível de precisão. Os detalhes dessa ortorretificação serão apresentados a seguir.

Para realizar a correção das imagens CCD primeiro foi realizada a composição das bandas multiespectrais. Não foi necessário realizar a fusão das bandas multiespectrais do CCD com a pancromática do mesmo sensor, pois ambas possuem a mesma resolução espacial, que inclusive foi descartada. A banda pancromática do CCD foi descartada, pois em alguns casos ela apresenta um deslocamento em relação às multiespectrais, exigindo uma correção em relação às demais. A composição ou empilhamento (BRITO, 2007) das bandas foi realizada utilizando a ferramenta *Composite Bands*, localizada na *ArcToolbox* do software ArcGIS 9.3 (Figura 9).

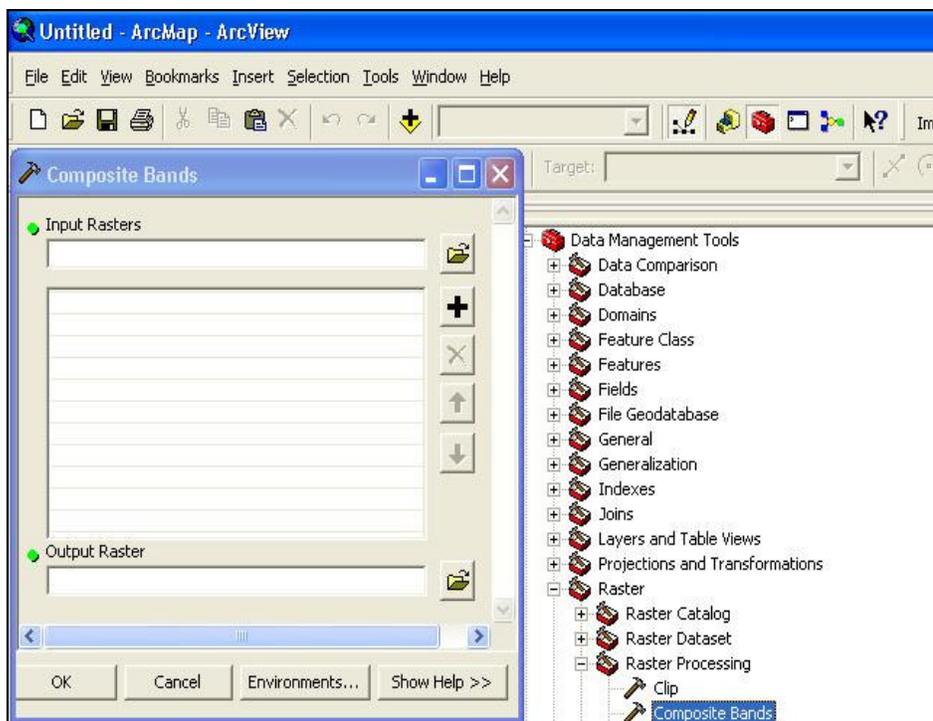


Figura 9: Composição das bandas no ArcGIS.

Optamos pela composição na ordem R(3), G(4), B(2), por favorecer a interpretação de classes relativas aos temas de cobertura do solo (MALDONADO *et al.*, 2007; RODRIGUES *et al.*, 2009). Além dessas três bandas foi adicionada ainda a banda 4, correspondente à faixa do infravermelho próximo. Conforme já afirmamos anteriormente a composição 342 é mais utilizada quando o objetivo é

diferenciar feições vegetacionais das edificações pelo contraste proporcionado. Essa composição também apresenta um bom contraste da vegetação com outras feições como solo exposto, por exemplo.

Após a composição realizamos a correção utilizando a ferramenta Georeferencing do ArcMap (Figura 10), que realiza uma correção geométrica simples ou seja, corrige a imagem planimetricamente utilizando pontos de controle. Consideramos relevante descrever, resumidamente, como funciona a ferramenta *Georeferencing* do ArcMap, mais especificamente, como funcionam os métodos de transformação para o ajuste no posicionamento das imagens.

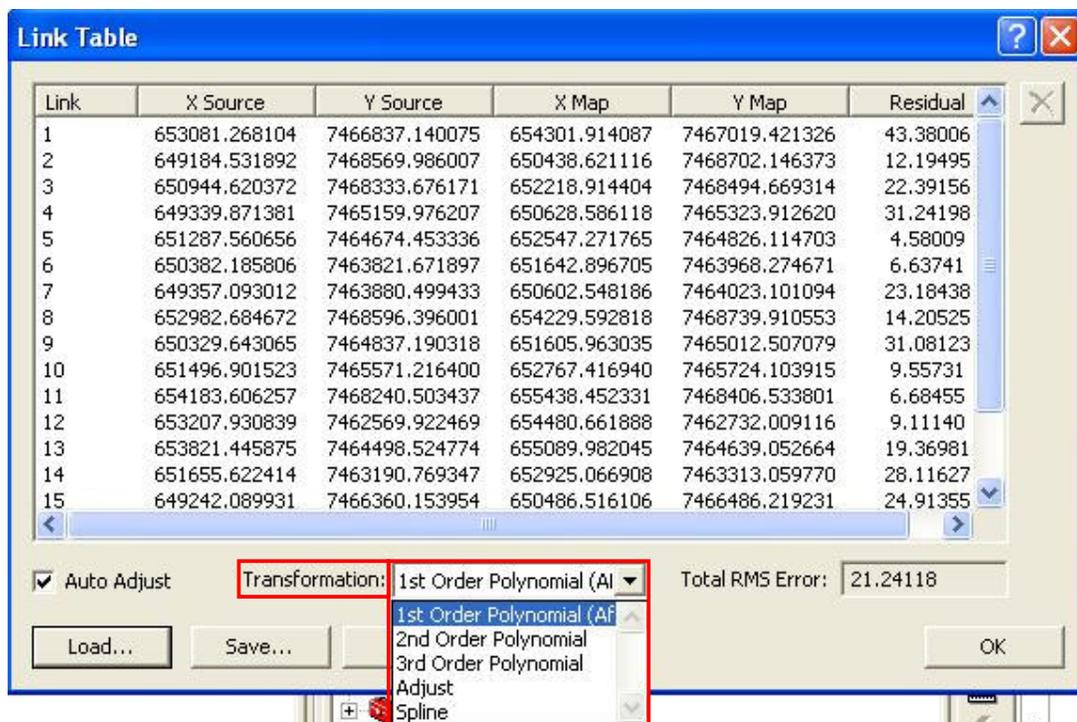


Figura 10: Ferramenta Georeferencing com destaque para o métodos de transformação disponíveis para Georeferenciamento no ArcMap.

Os três primeiros métodos são realizados utilizando um algoritmo de mínimos quadrados (*least squares fitting – LSF*). Nesses casos a acurácia global é privilegiada, perdendo-se precisão local. Ao coletar três pontos teremos a disposição a transformação com um polinômio de primeira ordem, ou *Affine*, que é a operação mais simples responsável pelo deslocamento e rotação de um dado em relação a outro com base nesses três pontos. A partir dos pontos coletados o programa irá realizar cálculos que redistribuirão esses valores ao

longo da imagem. De certa maneira as correções com base nas ordens 2 e 3 de polinômio servem para obter maior acurácia da correção, visto que será necessário coletar mais pontos. Quanto maior a quantidade de pontos coletados, maior a possibilidade de se introduzir erros, mas também maior será a acurácia no posicionamento. Ordens de polinômios mais elevadas são recomendadas quando se houver a necessidade de corrigir distorções mais complexas (ESRI, 2008). Para ilustrar a diferença entre esses três métodos de transformação temos a figura 11:

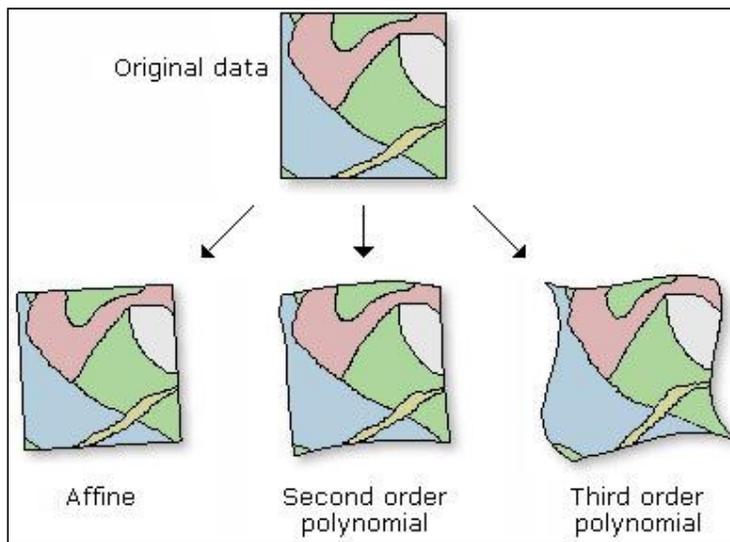


Figura 11: Demonstração esquemática da diferença entre as três ordens polinomiais de transformação.

Além das três ordens polinomiais de transformação descritas acima temos ainda os métodos *spline* e *adjust*. A transformação *spline* é considerada uma verdadeira *rubber sheeting*, que em inglês se refere a um processo através do qual uma das camadas é distorcida para que ajuste a uma outra camada. Esse método otimiza a acurácia local em detrimento da global mantendo a continuidade e suavidade entre um polinômio seccional e os polinômios adjacentes. No método *spline* há uma perda de precisão conforme se distancia do local onde os pontos de controle foram coletados. Quanto mais pontos forem adicionados, maior será a precisão, sendo necessário no mínimo 10 pontos. Já o método *adjust* é baseado num algoritmo que combina transformação polinomial com uma técnica de interpolação análoga a que é realizada na construção de uma rede de triangulação irregular. Esse método também requer apenas um mínimo de três pontos de controle (ESRI, 2008).

Para a correção da imagem CCD foram coletados 17 pontos de controle para a qual foi adotado o método *spline*. A dificuldade para coletar maior quantidade de pontos deveu-se ao fato de que essa imagem tem resolução espacial muito menor que a Ikonos (400 vezes menor detalhamento). A distância entre um mesmo ponto nas duas imagens apresentou uma diferença de cerca de 1.200 metros. A localização dos pontos coletados está representada na figura 12:

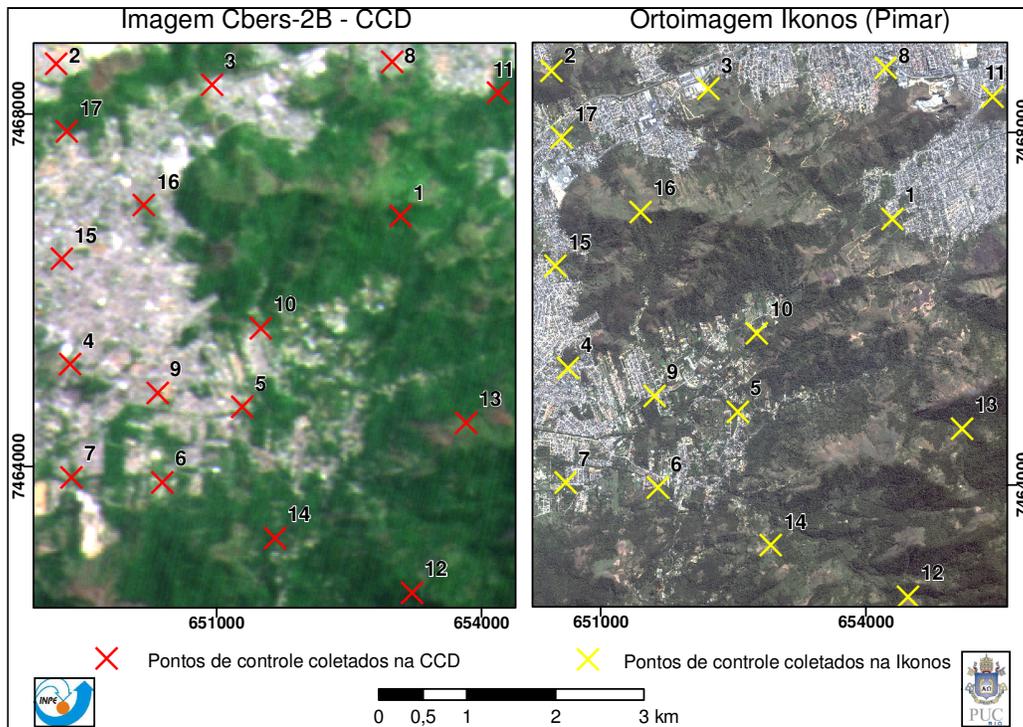


Figura 12: Localização dos pontos de controle coletados para a correção da imagem CCD.

Para a correção da imagem HRC foram coletados 20 pontos e o método de transformação que apresentou melhor resultado foi o *adjust*. A localização de cada ponto coletado encontra-se ilustrada na figura 13:

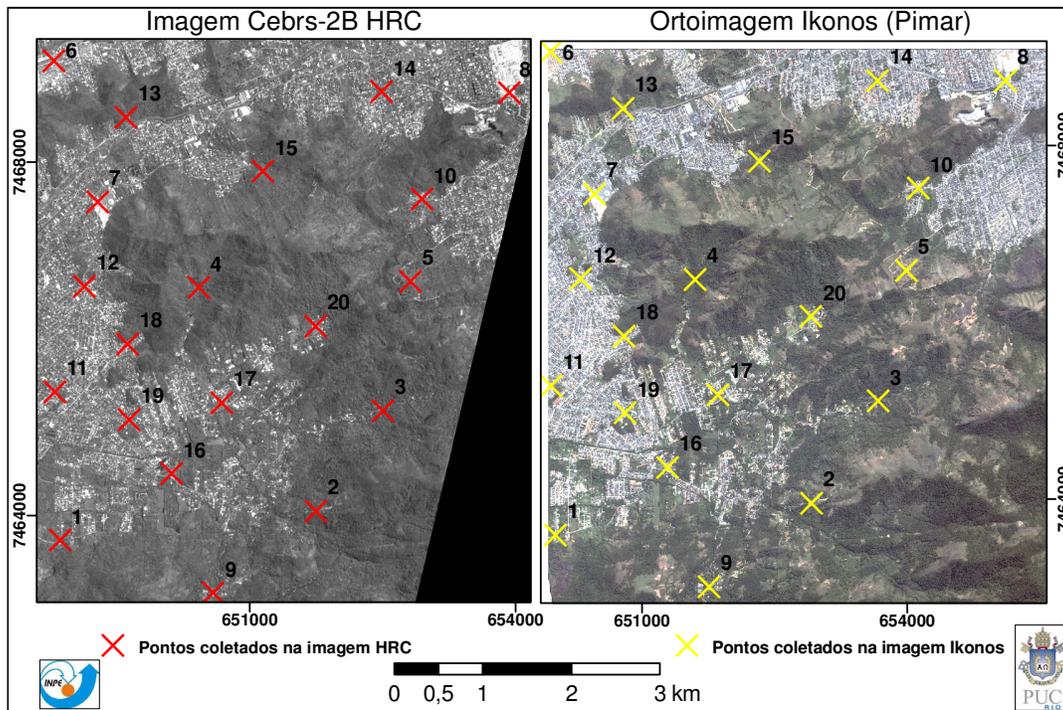


Figura 13: Localização dos pontos de controle coletados para a correção da imagem CCD.

A avaliação da qualidade dos resultados será apresentada no capítulo 4.1. Após finalizar as etapas de composição de correção geométricas das imagens foi possível realizar a fusão entre as bandas.

3.4.5. Fusão de Imagens

Conforme já foi relatada, no capítulo 2.2, a fusão de imagens consiste num processamento que cria uma nova com base em outras. Para tanto é necessário uma imagem pancromática, que em geral, tem melhor resolução espectral e imagens multiespectrais, que como o próprio nome já denota possuem melhor resolução espectral. Dessa maneira é possível obter uma imagem multiespectral com resolução espacial otimizada. Existem diversas ferramentas que disponibilizam técnicas e métodos diferenciados para esse processamento conforme Caporusso *et al.* (2009), Matias *et al.* (2009), Santos (2009), Rodrigues *et al.* (2009) e Araújo *et al.* (2009).

Esse procedimento também foi realizado utilizando uma ferramenta do ArcMap 9.3 a de *Resolution Merge*. Embora dentro do próprio software existam diferentes ferramentas, com diferentes métodos, optamos por essa utilizando o

método *Brovey* para realizar esse processamento. A escolha é justificada por uma pesquisa bibliográfica e por testes realizados com base nessa bibliografia. O método *Brovey*, utilizando a ferramenta de *Resolution Merge* foi o que apresentou os melhores resultados. Maiores detalhes a respeito dos resultados serão discutidos no capítulo 4.3. Essa ferramenta está localizada em *Image Analysis* > *Spatial Enhancement*, que é uma extensão disponível no ArcGIS 9.3 para a fusão das bandas, conforme ilustra a figura 11.

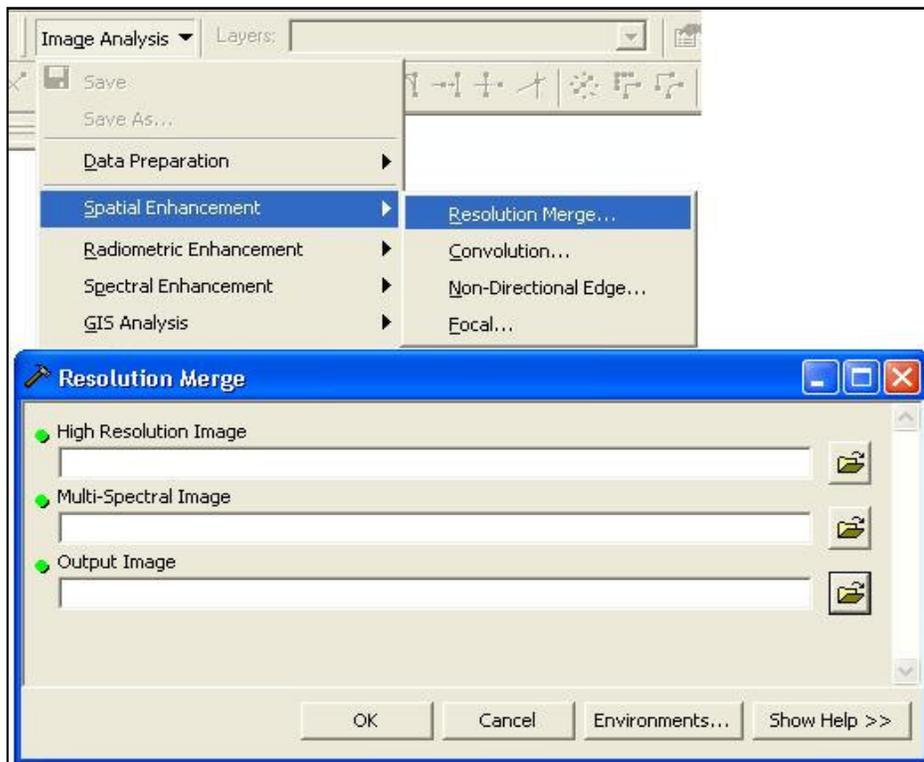


Figura 14: Fusão de bandas no ArcGIS 9.3.

O método Brovey “aplica uma equação onde a razão da divisão da soma das bandas da imagem multiespectral pela imagem pancromática é multiplicada por cada banda da imagem multiespectral” (MATIAS *et al.*, 2009). Essa transformação utiliza um método que multiplica cada pixel multiespectral reamostrado relacionando com a intensidade do pixel pancromático correspondente. Isso significa que o intervalo espectral calibrado pela imagem pancromática corresponde ao mesmo pixel superposto pelos canais multiespectrais. Em geral a equação utiliza as bandas vermelha, verde, azul e a pancromática como dados de entrada para fornecer como dados de saída somente as três primeiras bandas com o novo e menor tamanho de pixel (ESRI, 2008). Para

ilustrar temos a equação abaixo:

$$Red_out = Red_in / [(blue_in + green_in + red_in) * Pan]$$

Caso a banda do infravermelho também esteja sendo utilizada a equação sofre uma alteração, visto que o processo se realiza diferenciadamente:

$$(P - IW * I) / (RW * R + GW * G + BW * B)$$

$$Red_out = R * DNF$$

$$Green_out = G * DNF$$

$$Blue = B * DNF$$

$$Infrared_out = I * DNF$$

Os dados de entrada são identificados, portanto da seguinte maneira:

P = panchromatic image

R = red band

G = green band

B = blue band

I = near infrared

W = weight

Para ilustrar o resultado desse processamento temos a figura 15:

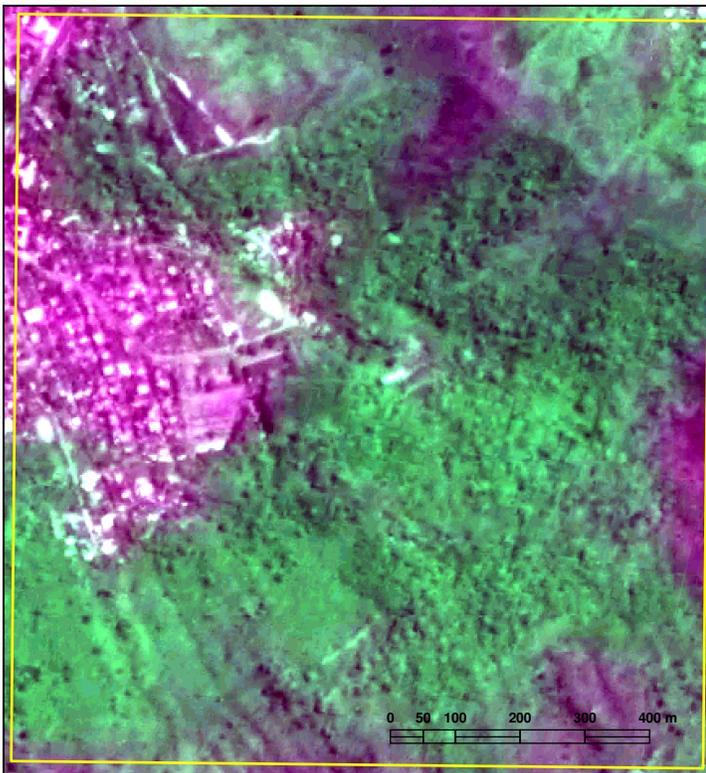


Figura 15: Resultado da fusão de imagens utilizando o método *Brovey*.

3.5. Segmentação, Interpretação e Classificação

Conforme já foi esclarecido buscamos aplicar a metodologia do Pimar nos procedimentos de interpretação e classificação das imagens sob a justificativa de que os dados do projeto serviram de referência para validação dos resultados dessa pesquisa. Ao longo do processo algumas alterações foram necessárias, até mesmo porque os dados utilizados são distintos no que diz respeito às características espectrais e espaciais. As imagens também foram adquiridas em datas distintas. Outros aspectos como o ângulo de inclinação do satélite podem fazer com que as feições sejam visualizadas de maneira distinta nas imagens influenciando a interpretação.

Uma dessas alterações aconteceu na segmentação na etapa de definição do parâmetro de escala. O parâmetro de escala de menor valor adotado na segmentação das imagens pela equipe do Pimar foi de 30. Para as imagens Ikonos esse era um parâmetro satisfatório, porém para a imagem Cbers foi necessário segmentar com um parâmetro de escala de nível 10. Os critérios padrão para homogeneidade foram mantidos. A figura 16 representa a tela de segmentação do *software* Definiens:

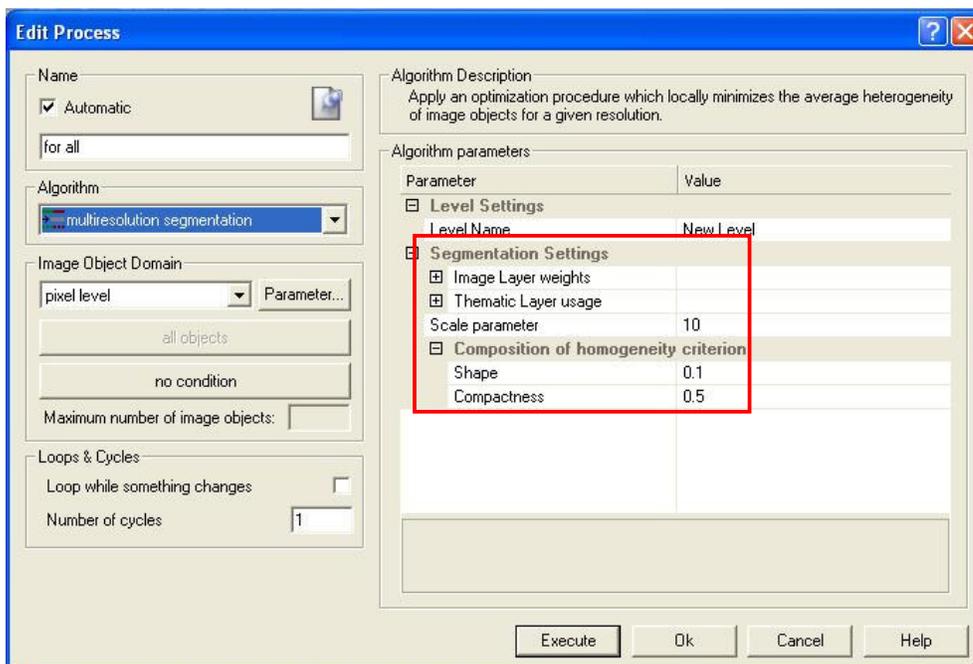


Figura 16: Janela de edição de processos para segmentação de imagens do Definiens Developer 7 (DEFINIENS AG, 2007)

Alguns testes foram realizados para alcançar o melhor resultado. Por fim foi observado que apesar da fusão das imagens a que apresentou melhor resultado foi a segmentação com base na imagem HRC, mesmo após alguma tentativas com critérios de homogeneidade diferentes. Após a segmentação é possível dar continuidade ao processamento das imagens realizando classificação automática ou semi-automática, ou exportar os resultados para serem interpretados e classificados dentro de outro ambiente de trabalho. Essa foi a opção assumida, assim os dados foram exportados para o formato *shapefile*, para serem classificados e editados, quando necessário utilizando o ArcMap 9.3. A figura 17 demonstra o resultado da segmentação:

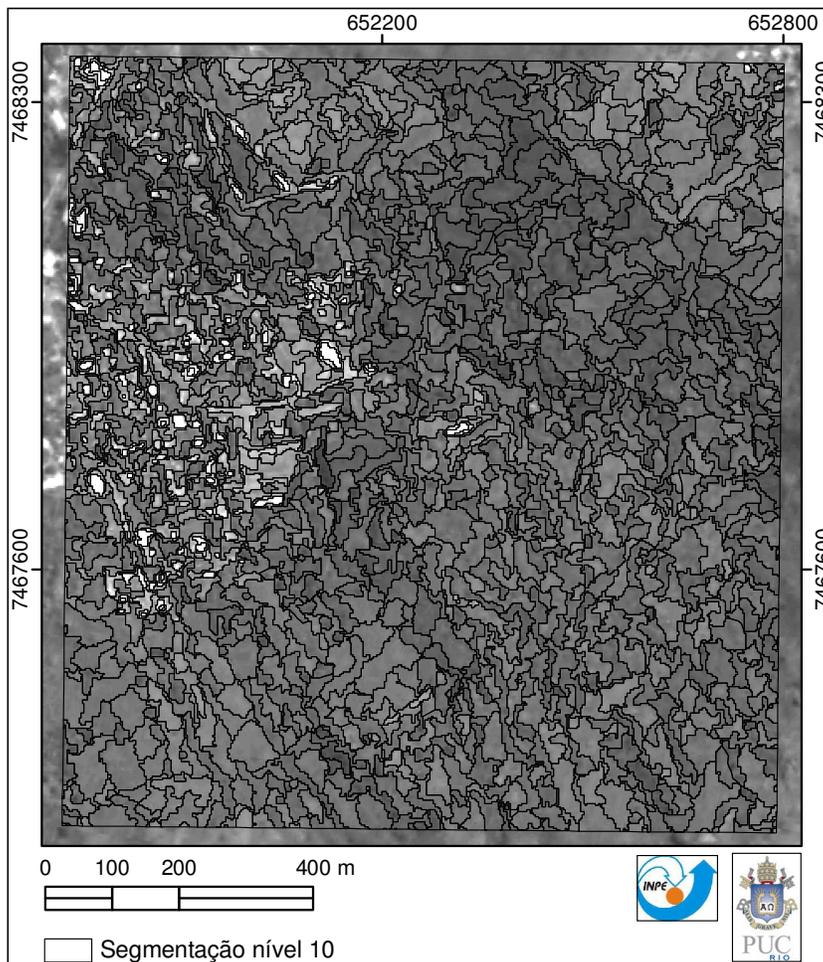


Figura 17: Resultado da segmentação utilizando o parâmetro de escala 10.

Conforme já colocado, anteriormente, a imagem Cbers foi interpretada e classificada no ArcMap 9.3. Embora para a segmentação o melhor resultado tenha sido obtido com a imagem HRC, o mesmo não se aplicou para a interpretação e

classificação. O olhar humano só é capaz de diferenciar cerca de 40 a 50 variações de cinza, isso para um profissional que tenha “prática e habilidade para extrair a informação útil de imagens branco e preto pancromáticas ou em bandas individuais”. Por isso para a interpretação e classificação visual optamos pela utilização da imagem fusão CCD_HRC. É importante, ainda, explicar que não realizamos classificação automática, porque esta é um recurso bastante útil quando o objetivo é estabelecer uma padronização no processamento, para que este seja realizado com maior agilidade. O objetivo dessa pesquisa foi estudar as características das imagens e identificar que feições são discrimináveis. Cabe lembrar que o processo automatizado embora agilize processos pela replicação fiel, traz consigo o risco de se replicar erros. Não podemos esquecer também, que por vezes variações climáticas, impossibilidade de obter imagens com o mesmo ângulo de inclinação no ato do registro da informação pelo sensor, podem dificultar a replicação de uma classificação automática.

3.5.1. Chave de Classificação

Antes de iniciar o processo de interpretação e classificação devemos definir que classes pretendemos identificar e quais são suas características. A definição das classes podem ser fundamentadas nos mais diversos parâmetros e conceitos. Conforme já foi afirmado é sempre conveniente avaliar a qualidade dos resultados para que se possa aferir a acurácia dos mesmos. Para estabelecer essa avaliação é necessário possuir uma referência, que pode ser verificada *in loco*, por meio de investigações de campo ou por outros meios. Em nosso caso optamos por utilizar um dado pré-existente, por nos conceder maior agilidade nesse processo de avaliação, além de redução de custos. Para tanto utilizamos os dados de classificação do projeto Pimar. Para que a comparação pudesse ser estabelecida com coerência mínima nos baseamos na definição de classes estipulada pela equipe do projeto.

As classes temáticas definidas no escopo do Pimar são bastante objetivas e visam identificar feições inerentes à cobertura do solo, visto que para identificação do uso do solo outras variáveis precisam ser consideradas,

complexificando o processo de interpretação. Como as imagens possuem especificidades a definição dessas classes foi um pouco alterada, sem distorções consideráveis e está detalhada na tabela 7:

Classe	Definição
Afloramento Rochoso	Áreas declivosas com rochas expostas e vegetação ausente ou rarefeita.
Campo	Corresponde às áreas com vegetação rasteira, basicamente gramíneas, podendo conter árvores isoladas.
Solo Exposto	Áreas com predomínio de gramíneas, podendo ocorrer arbustos ou espécies arbóreas em estágio inicial de regeneração dispersas.
Vegetação	corresponde às áreas de vegetação arbórea em estágios médio a avançado de regeneração, que apresentem consolidação.
Sombra	São as áreas cobertas pelas sombras de edificações ou feições naturais (árvores ou relevo), ou ainda por nuvens.
Água	Corpos hídricos naturais. Piscinas não são classificadas como água, pois correspondem claramente a edificações humanas. Por outro lado lagos artificiais podem ser classificados como água devido à dificuldade de diferenciá-los dos naturais.
Área Edificada	Corresponde às áreas que apresentem quaisquer tipos de edificações ou transformações humanas que impliquem numa alteração mais significativa que descaracterize um ambiente natural, como por exemplo, ruas e estradas de terra.

Tabela 7: Classes utilizadas para classificação (PIMAR, 2009).

De modo geral após a definição das classes é usual coletar amostras das classes definidas para uma chave de classificação (Tabela 8), para que se reduza a subjetividade na interpretação. Além das amostras de imagem que representem cada classe, na chave consta, também algumas descrições a respeito das características das feições com as quais cada classe se identifica. A chave de classificação do Pimar pode ser visualizada no Anexo 1 e a da imagem CCD_HRC:

Definição	Amostra (RGB 342)
Afloramento rochoso (classe 1)	<i>Classe não identificada.</i>
Campo (classe 2)	
Textura lisa com formas irregulares. Possui vegetação rasteira/gramíneas e ausência de vegetação arbóreo-arbustiva densa, porém, com presença de diminutos remanescentes florestais e árvores/arbustos muito esparsos. Apresenta coloração variando de verde claro a roxo.	
	
	

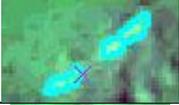
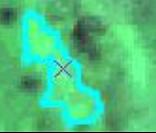
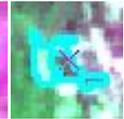
	
Solo exposto (classe 3)	
<p>Textura relacionada à geometria apresenta-se lisa, textura referente à radiometria rugosa, com forma irregular. Ausência de vegetação e aparência seca do solo.</p> <p>Cor nas bandas do visível: Marrom claro, marrom avermelhado, amarelo, Marrom alaranjada, Amarelo alaranjada.</p> <p>Cor no infravermelho: não utilizado por confundir com campo e área edificada.</p>	
	
	
	
Vegetação (classe 4)	
<p>Textura rugosa com formas naturais heterogêneas, principalmente caracterizadas por vegetação arbórea, mas também com presença de vegetação herbáceo-arbustiva.</p> <p>Cores: Verde escuro, verde claro, roxo quando a vegetação estiver inserida na classe edificação.</p>	
	
	
	
Sombra (classe 5)	<i>Classe não identificada.</i>
Água (classe 6)	<i>Não identificada.</i>
Área edificada (classe 7)	
<p>Texturas rugosa e lisa com formas artificiais retangulares e quadradas. Podem apresentar organização contínua ou descontínua. Essa característica pode evidenciar o estágio de consolidação das edificações de uma determinada área. Cores branca e roxa apresentando variações de tonalidade.</p>	
	
	
	

Tabela 8: Chave de classificação da imagem fusão CCD_HRC.

4. Discussão dos Resultados

A avaliação dos resultados foi realizada com o intuito de determinarmos o nível de acurácia geométrica e temática dos resultados obtidos o processamento das imagens Cbers-2B. A discussão desses resultados é balizada na comparação dos resultados desse estudo com os dados do Pimar, que vale lembrar é nossa referência de avaliação.

4.1. Acurácia Geométrica

Como não tínhamos à disposição programas com modelos, algoritmos específicos para ortorretificação¹ de imagens CBERS realizamos uma correção geométrica simples utilizando o programa ArcMap 9.3. Uma diferença básica entre ortorretificação e correção simples se faz pela não utilização de um modelo digital de elevação no segundo caso. Para que uma imagem possa ser ortorretificada é preciso corrigir não somente os possíveis deslocamentos planimétricos, mas também corrigir ou adicionar a informação correspondente à elevação, às altitudes do relevo.

A avaliação preconizada pelo IBGE para a classificação de um documento cartográfico quanto à exatidão cartográfica é determinada pelo Decreto 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

Transcrevemos a seguir um fragmento desse Decreto, com o objetivo de oferecer a fundamentação técnica e legislativa que normatiza a avaliação da qualidade da correção de imagens:

“SEÇÃO II

Classes de Cartas

Art 9º - As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, segundo os critérios seguintes:

¹ A empresa K2, que vem trabalhando há alguns anos com o INPE para realizar melhorias no *software* livre SPRING. Recentemente desenvolveu um algoritmo para a ortorretificação de imagens CBERS dentro desse *software*. Como à época da elaboração dessa dissertação encontrava-se ainda em fase de testes optou-se por não utilizá-lo.

a – Classe A

1 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.

b – Classe B

1 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,8 mm na escala, da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente

2 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quintos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de dois quintos o Erro-Padrão correspondente.

c – Classe C

1 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quartos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de metade desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.” (BRASIL, 1984)

Como já foi explicitado anteriormente no capítulo 2.2, a referência para a correção das imagens dos sensores HRC e CCD foi uma ortoimagem Ikonos processada pela equipe do Pimar. Todo o processamento de fusão e ortorretificação foram realizados por essa equipe nos cabendo, portanto, apenas informar que o resultado da ortorretificação ficou compatível com a classe “A” para a escala 1:10.000 (PIMAR, 2010). Outro fator que corrobora a utilização dessa imagem como referência é o fato de que a ortoimagem Ikonos tem uma resolução espacial quase nove vezes mais detalhada que a da imagem HRC e quatrocentas vezes mais detalhada que a CCD.

Embora uma aferição por meio de coleta de pontos de controle com um GPS de precisão seja considerada a forma mais precisa para se obter dados para o ajuste e avaliação da correção de uma imagem, temos que ressaltar que esse é um equipamento de valor elevado. O seu manuseio também requer conhecimento especializado, embora esse não seja o maior impeditivo, visto que muitos profissionais que trabalham com o processamento de imagens detêm esse conhecimento. O fato é que afora o custo do equipamento, uma saída a campo também requer um investimento oneroso. Não podemos esquecer-nos de mencionar que não só em nossa cidade, mas em todo país, muitas áreas são de difícil acesso, seja por conta de barreiras físicas, como as de um relevo

acidentado, seja por causa das barreiras sociais e econômicas.

Retornando à validação da correção geométrica, para atender os requisitos estabelecidos no Decreto 89.817, foram coletados pontos de teste. Isso significa que novos e diferentes pontos foram coletados nas duas imagens, considerando-se o respectivo erro planimétrico para cada um deles. A seguinte formulação foi empregada (PIMAR, 2009):

$$\text{Erro planimétrico} = [(\Delta E)^2 + (\Delta N)^2]^{1/2}, \text{ onde:}$$

ΔE = diferença entre a coordenada “E” medida no terreno e a coordenada “E” medida na ortoimagem para um mesmo ponto de teste;

ΔN = diferença entre a coordenada “N” medida no terreno e a coordenada “N” medida na ortoimagem para um mesmo ponto de teste.

Após corrigir a imagem HRC, com base na imagem Ikonos coletamos 34 pontos de verificação (figura 18) para ter uma avaliação mais objetiva quanto à qualidade da correção geométrica. Para esses pontos calculamos o desvio padrão e a média de deslocamento entre um ponto na imagem corrigida e o seu correspondente na imagem de referência. A tabela 9 relaciona todos esses pontos e os respectivos resultados de média, desvio padrão e PEC.

Erro Planimétrico HRC	2,4	1,9	1,5	4,7	4	1,2	2,7	1	1,5	2,8	1,2	1,5	1,9	0,7	2,1	3	3,7	
	2,5	0,6	2,2	2,6	3,8	2,6	4,9	5	0,8	1,2	2,6	1,4	2	0,6	2,7	1,4	1,2	
Média	2,2																	
Desvio Padrão	1,2																	
PEC	4,6																	

Tabela 9: Relação dos pontos de teste da imagem HRC, resultado da média e desvio padrão dos erros e compatibilização com a PEC.

O PEC de cada imagem foi calculado seguindo a fórmula apresentada abaixo:

$$\text{PEC} = \text{Média} + 1,96 * \text{Desvio Padrão}$$

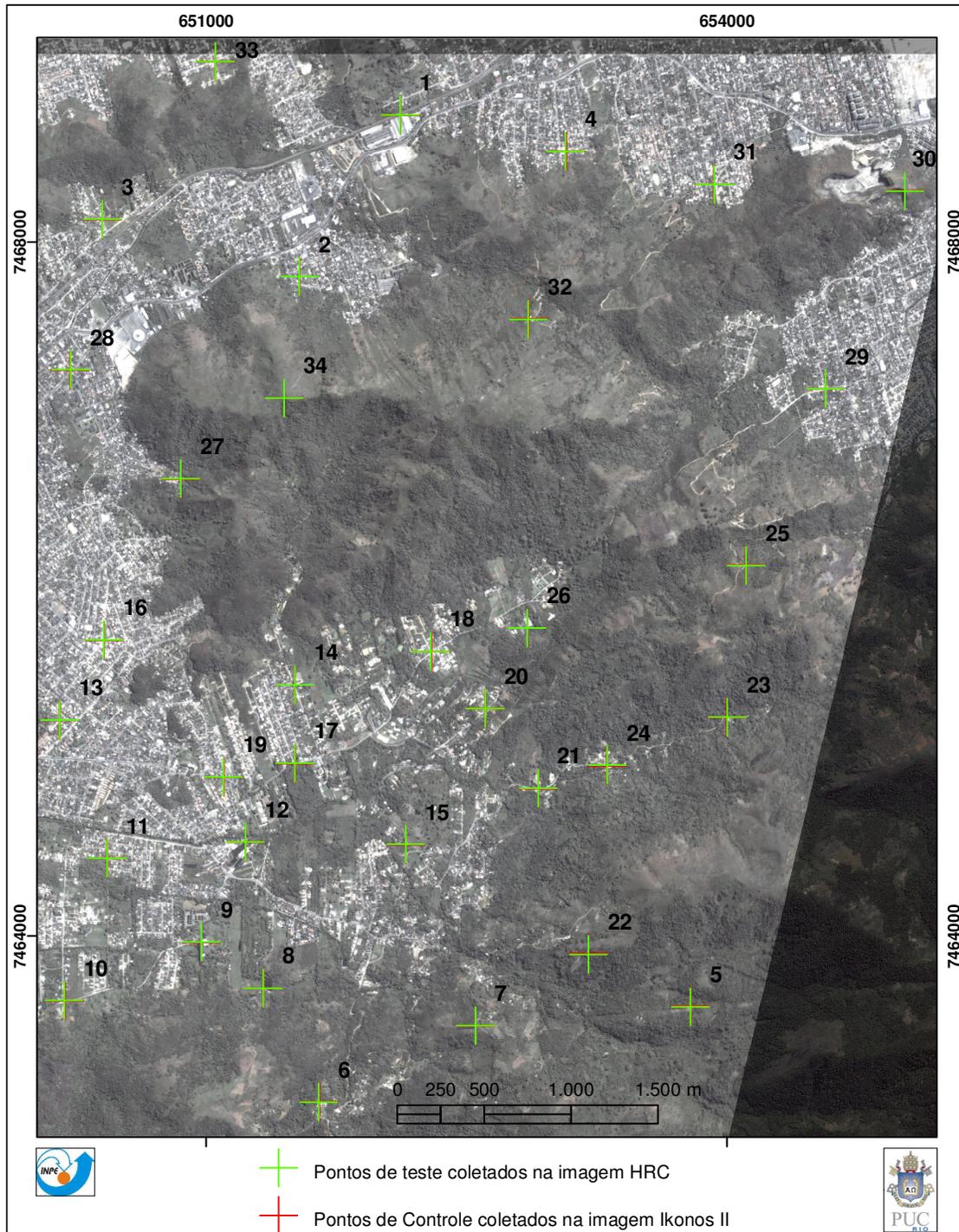


Figura 18: Representação dos pontos de teste. Imagem Ikonos em com transparência e sobreposta à imagem HRC.

O número 1,96 corresponde ao valor numérico aproximado que corresponde ao ponto percentual de 97,5 da curva normal de distribuição utilizada em cálculos probabilísticos e estatísticos. Para exemplificar temos a figura 19:

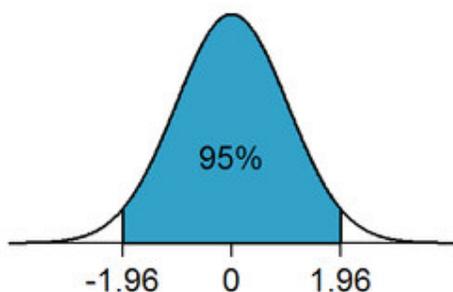


Figura 19: Representação de uma curva normal demonstrando que 95% dos valores da média estão dentro do desvio padrão.

Contudo como a imagem Ikonos tem seus próprios erros de exatidão na localização de um ponto na imagem e no terreno é necessário considerá-los para chegarmos a um valor mais exato para o PEC. Essa necessidade se deve ao fato de que os erros embutidos na ortoretificação da imagem Ikonos se propagam para as imagens Cbers, visto que foram corrigidas tomando como referência a referida imagem Ikonos. Os resultados da média de erros e seu desvio padrão estão demonstrados na tabela 10:

Ponto	E (Antigo)	E (Novo)	ΔE	N (Antigo)	N (Novo)	ΔN	Erro Planim
001	652188,48	652188,30	0,18	7463921,40	7463921,39	0,01	0,18
101	665135,56	665135,14	0,42	7464688,51	7464688,40	0,11	0,44
075	660976,00	660975,95	0,05	7467838,00	7467836,14	1,86	1,86
104	665732,41	665733,21	0,80	7463845,34	7463843,05	2,29	2,43
078	662197,00	662198,87	1,87	7467954,00	7467952,13	1,87	2,64
011	652829,68	652828,12	1,56	7465885,43	7465887,75	2,32	2,80
068	659896,00	659898,08	2,08	7468051,00	7468048,87	2,13	2,98
098	666137,45	666139,58	2,13	7463316,29	7463313,62	2,67	3,41
092	666176,48	666179,33	2,85	7465907,01	7465904,75	2,26	3,63
005	651096,84	651092,70	4,14	7465186,34	7465188,09	1,75	4,49
071	660481,00	660484,45	3,45	7467375,00	7467371,95	3,05	4,60
060	659193,00	659197,66	4,66	7467372,00	7467371,45	0,55	4,70
063	659696,00	659700,60	4,60	7467461,00	7467459,44	1,56	4,86
004	652379,88	652380,23	0,35	7465107,38	7465112,60	5,22	5,23
Erro médio							3,16
Stdev							1,58

Tabela 10: Erro planimétrico (em metros) sobre os resultados para a face norte do Maciço da Pedra Branca (PIMAR, 2010).

Dessa maneira a PEC da imagem HRC foi recalculada seguindo a seguinte fórmula:

$$PEC_{\text{Final}} = \sqrt{PEC^2_{\text{Ikonos}} + PEC^2_{\text{CBERS}}}$$

Após esse cálculo o PEC da imagem HRC ficou com o valor de 9,31 metros. Com base nesses resultados conclui-se que a imagem HRC corrigida tem qualidade posicional compatível com um mapeamento planimétrico classe “A” em escala de 1:20.000. É relevante mencionar que essa imagem e dados originados a partir dela podem ser publicados na escala de 1:10.000 de acordo com os padrões exigidos para a Classe “C”

Como já foi relatado, fusionamos as imagens do sensor HRC com as do CCD para obter maior qualidade espectral e espacial. As imagens foram fusionadas após a correção geométrica de ambas as imagens. A acurácia geométrica da correção da CCD foi avaliada após a fusão desta com a HRC. Para essa imagem fusionada foram coletados 35 pontos de verificação (Figura 20), que estão relacionados na tabela 11 abaixo:

Erro Planimétrico HRC_CCD	3	1,8	5	5,7	2,7	3,8	2,4	4,4	3	2,4	4	6,1	2	5,6	1,9	3,7	2,6	2,3	
	3,3	1,7	6,6	1,9	4,2	2,1	2,1	3,5	2,6	2,2	2,5	3,7	1,5	3,7	2,2	1	3,5		
Média	3,2																		
Desvio Padrão	1,4																		
PEC	5,9																		

Tabela 11: Relação dos pontos de controle da imagem CBERS (fusão HRC_CCD).

Tal qual procedemos com a imagem HRC, recalculamos o PEC dessa imagem. O valor obtido foi de 10,01 o que significa que a escala de 1:20.000 foi mantida, para a Classe “A”, ou de 1:10.000 na Classe C, mesmo após a fusão das bandas, conforme o decreto de 89.817 que estabelece as normas técnicas da Cartografia Nacional. Embora se identifique uma perda de precisão geométrica, visto que com as imagens Ikonos a escala derivada era de 1:10.000 é importante lembrarmos que a imagem HRC tem resolução espacial 7 vezes menor que a da imagem Ikonos. A imagem CCD tem resolução espacial reduzida em 400 vezes também em relação à imagem Ikonos. Contudo mais uma vez ressaltamos o caráter de gratuidade e facilidade de acesso a esses dados, pois qualquer pessoa que tenha acesso à Internet pode adquirir esses dados sem nenhum ônus.

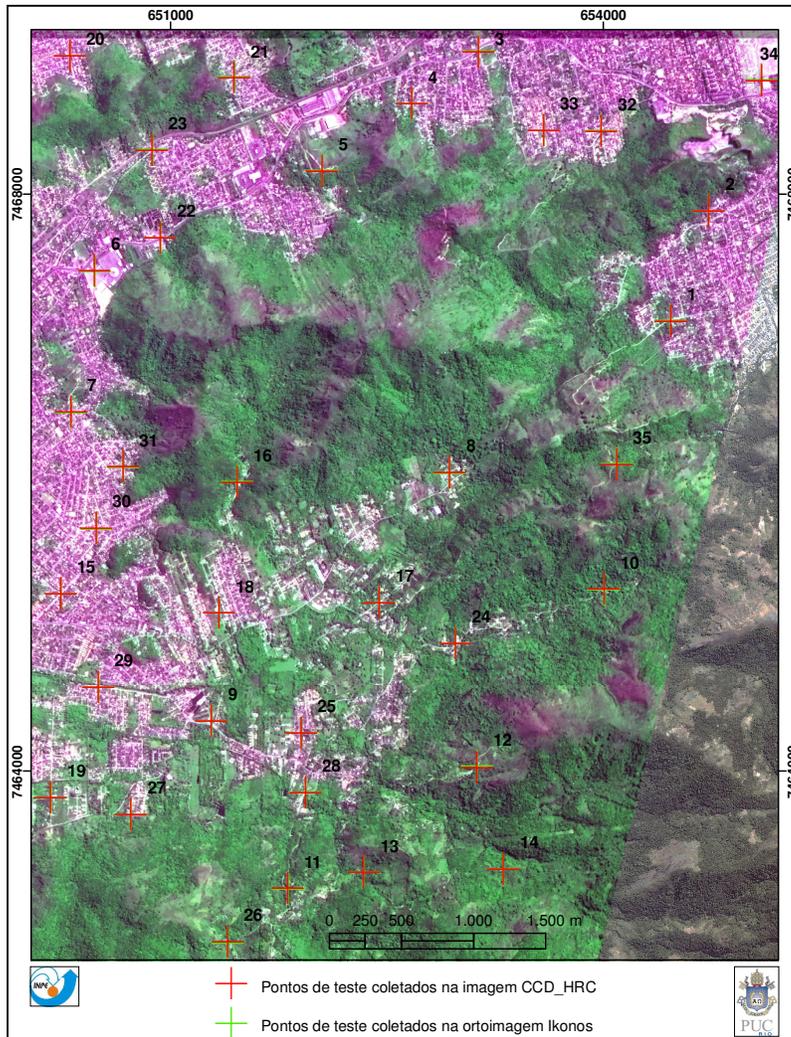
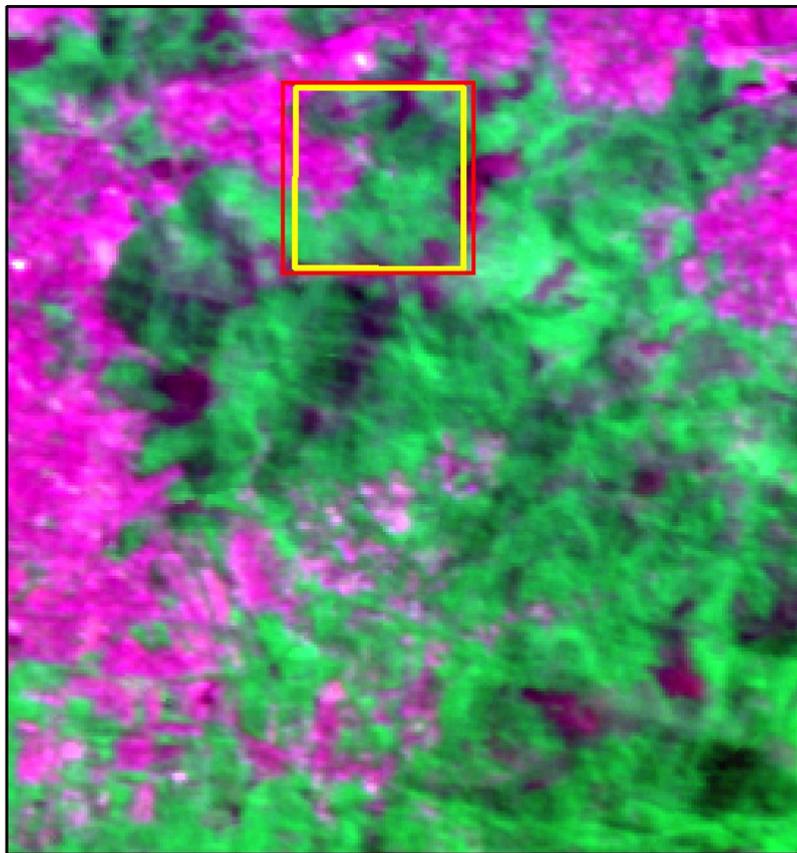


Figura 20: Representação dos pontos de teste da imagem fusão CCD_HRC.

4.2. Acurácia Temática

Antes de iniciar a avaliação dos resultados da interpretação e classificação, das imagens CCD_HRC, é primordial demonstrarmos comparativamente o ganho visual que foi obtido com a fusão das imagens CCD e HRC. Para essa análise temos as figuras 21, 22 e 23. Na figura 21 temos apenas a imagem CCD, na figura 22 a imagem HRC e na figura 23 o resultado da fusão dessas duas.

Comparando essas imagens fica evidente que a fusão favoreceu a classificação visual, pois a imagem CCD tem resolução espacial muito baixa. Por outro lado a HRC, apesar da resolução espacial mais refinada, torna o processo de classificação mais difícil devido a dificuldade de discriminar feições em tons de cinza. A fusão contribuiu justamente com a junção das melhores características das imagens favorecendo a interpretação e identificação das classes na imagem.



Área classificada (Folha 284B-25)

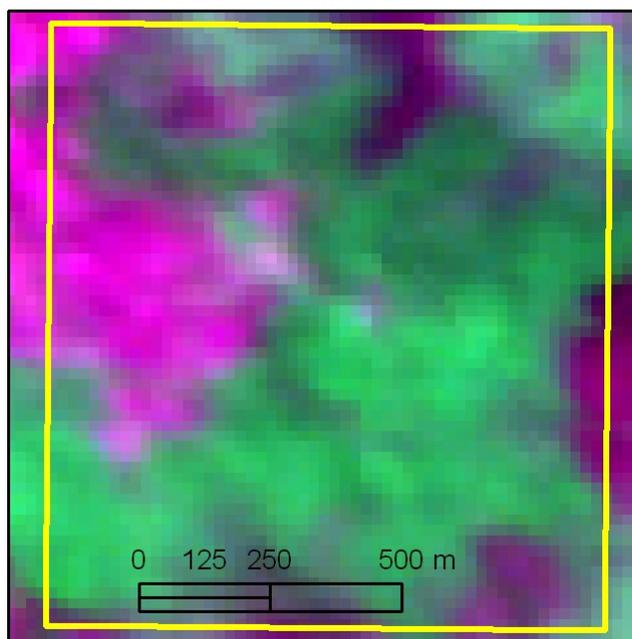
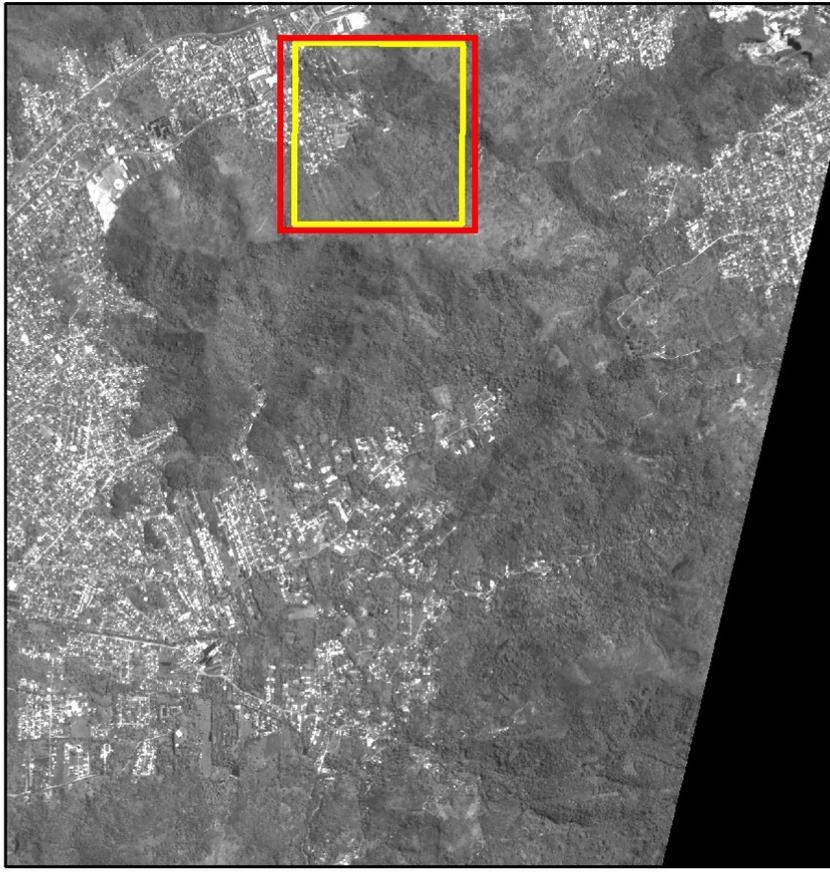


Figura 21: Imagem CCD em composição 342, com destaque para a área de classificação.



Área classificada (Folha 284B-25)

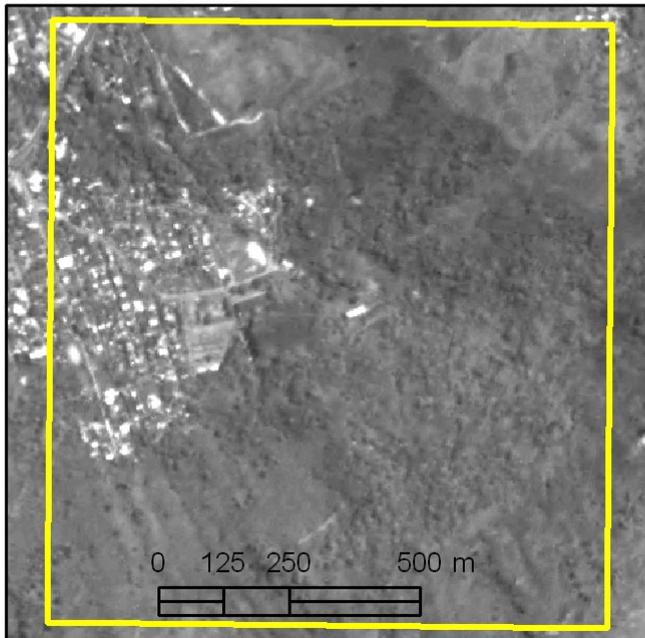
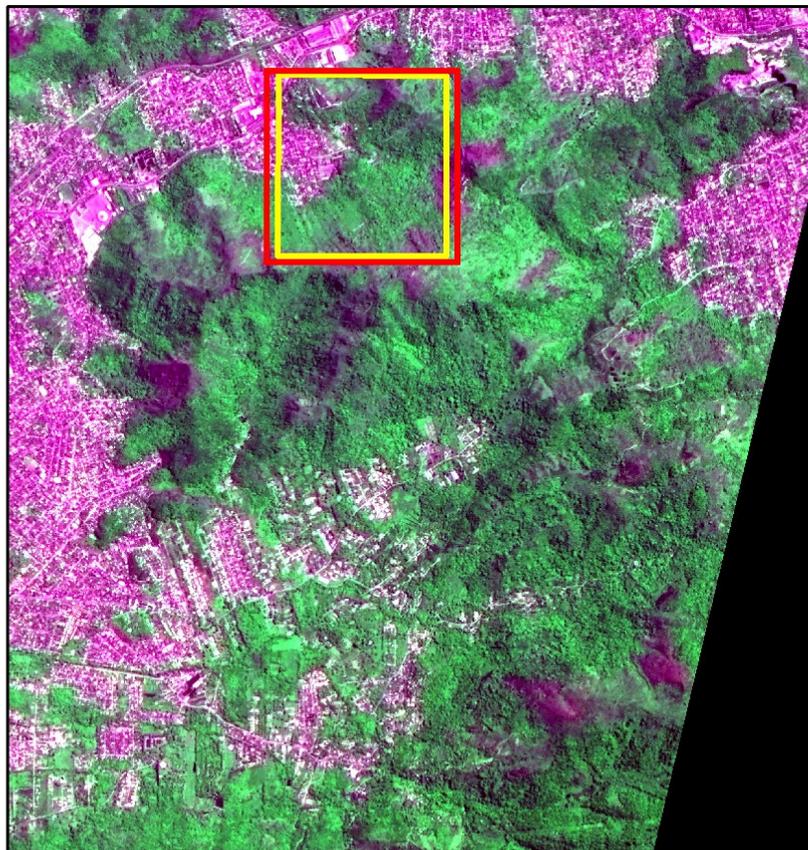


Figura 22: Imagem HRC, com destaque para a área de classificação.



Área classificada (Folha 284B-25)

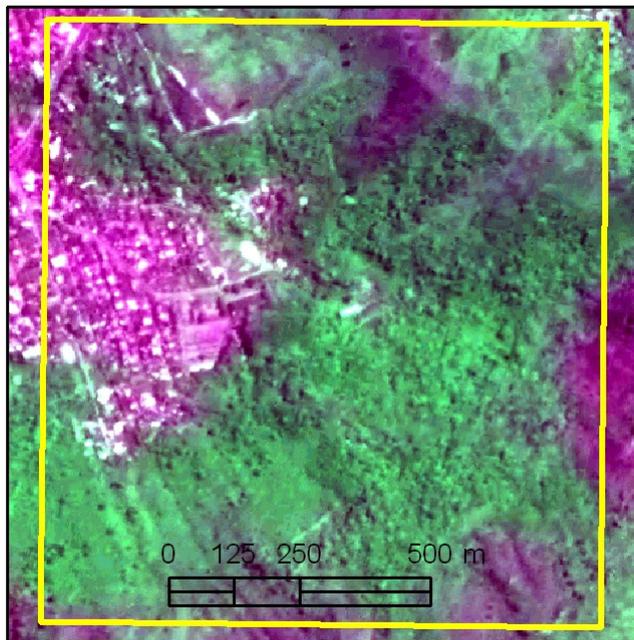


Figura 23: Imagem CCD_HRC em composição 342, com destaque para a área de classificação.

Conforme mencionado no capítulo 3.5.1, as classes foram definidas com

base nas classes do Pimar. Contudo duas classes não foram identificadas: água e afloramento rochoso. Já a classe sombra não foi encontrada em nenhuma das imagens. A figura 24 ilustra a dificuldade de se identificar a classe afloramento rochoso e a 25 a classe água:

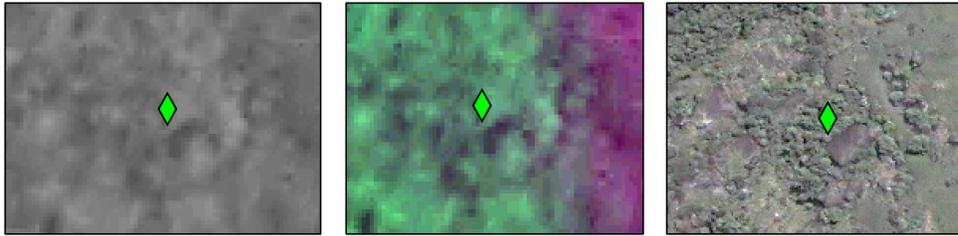


Figura 24: Ilustração da área onde deveria ser identificada a classe água.



Figura 25: Ilustração da área onde deveria ser identificada a classe água.

Através dessa ilustração podemos observar que embora nessa comparação, confrontando as três imagens, seja possível identificar a feição afloramento rochoso, no contexto geral da classificação não foi possível discriminá-la como afloramento rochoso. No caso da classe água, na figura 25, é praticamente impossível identificar este objeto. A imagem HRC, pancromática, foi justaposta às demais para demonstrar como a variação de tonalidades de cinza é pouco perceptível, mesmo nesse confronto. Na chave de classificação apresentada no capítulo 3.5.1 ficou evidente que algumas classes se confundem.

Após o processo de segmentação no software Definiens, os segmentos gerados foram exportados para o formato *shapefile*, formato proprietário da ESRI, para serem classificados no ArcGis 9.3. Os objetos obtidos com a segmentação foram classificados mediante interpretação visual utilizando o *software* ArcMap para visualização e classificação dos segmentos em sobreposição com a imagem. Poucas edições foram necessárias, pois conforme foi mencionado a segmentação com o valor de parâmetro de escala 10 ofereceu um bom resultado.

A avaliação visual indicou algumas dificuldades para identificar objetos

isolados inerentes a classe edificação. Outras classes que se confundem são as de campo e vegetação. A classe campo também se confunde com a classe de solo exposto, afloramento rochoso. Essa dificuldade de discriminar classes se deve basicamente a dois fatores. A acurácia temática, também, foi avaliada comparando os resultados obtidos com a imagem Ikonos II. Não foram realizados trabalhos de campo, pois como informado no início optamos por assumir como referência um dado de maior resolução espacial e análoga resolução espectral. Para fundamentar essa decisão nos baseamos em Jensen (2009) que elucida que, se a coleta em campo não for minuciosa, o cientista pode alterar seu objeto/ área de estudo ao entrar em contato e interagir com os mesmos. Embora o trabalho de campo continue sendo importante, não é somente ele que pode ser usado como referência de validação. Dados que apresentem maior precisão também podem ser utilizados. Diante dessa possibilidade Jensen (2009) coloca que seria não é adequado nos referirmos “aos dados *in situ* como dados de verdade terrestre. Em seu lugar, deveríamos simplesmente referir a eles como dados de referência terrestre *in situ*, reconhecendo que eles contêm erros” (grifo do autor).

Para aferir a acurácia temática de uma classificação, usualmente, são utilizados índices que contabilizam os objetos que foram associados às mesmas classes a partir da interpretação de cada imagem. O mais utilizado é o índice Kappa (VERGARA & ALVES, 2005; PINHO *et al.*, 2005; NOVACK & KUX, 2009; BATISTA & HAERTEL, 2007).

Para obter informações sobre se os objetos foram classificados corretamente ou não primeiro convertemos os dados de um formato vetorial para o matricial para a realização de um cálculo entre matrizes. Isso significa que cada polígono foi convertido para uma determinada quantidade de células de acordo com o tamanho dos mesmos. O tamanho definido para cada célula foi de 5 metros tanto para a matriz da classificação do Pimar, quanto para a classificação CCD_HRC. A figura 25 ilustra como se opera essa conversão.

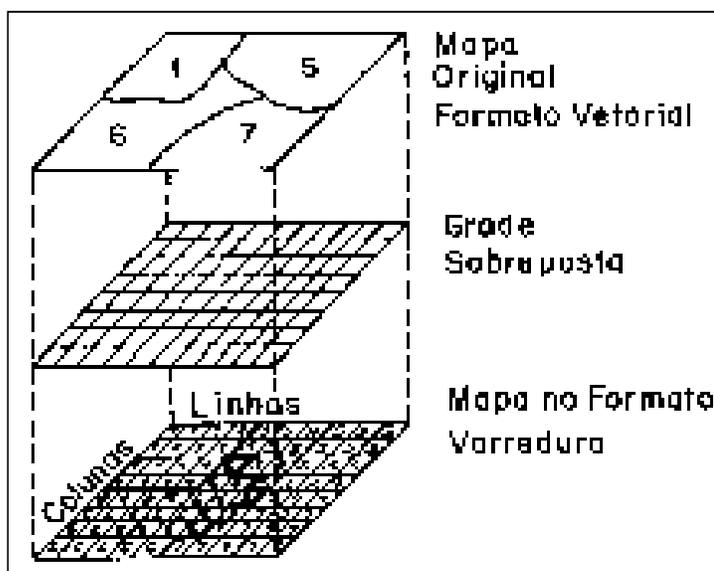


Figura 26: Ilustração da conversão de dados no formato vetorial para matricial.

Na matriz da classificação do Pimar os resultados foram alterados para valores múltiplos de 10. Cada classe estava associada a um valor numérico conforme consta na chave de classificação. Esses valores foram alterados para múltiplos de 10 para que pudéssemos identificar através de uma soma simples, quais objetos foram classificados corretamente e os incorretos. A tabela 12 apresenta os resultados obtidos. Para exemplificar esse cálculo temos a classe campo, cujo valor correspondente é o número 2, que multiplicado por 10 passa a 20, se na imagem HRC_CCD um objeto com a mesma localização foi classificado como edificação, o resultado da soma será 27, pois o valor numérico para área edificada é 7. Dessa maneira identificamos um erro na classificação. Se a soma resultar em 22 significa que o objeto foi classificado corretamente.

Valor da soma	Quantidade	Resultado
12	138	Incorreta
13	6	Incorreta
14	162	Incorreta
22	16094	Correta
23	551	Incorreta
24	3004	Incorreta
27	174	Incorreta
32	982	Incorreta
33	112	Correta
34	130	Incorreta
37	4	Incorreta
42	2159	Incorreta
43	19	Incorreta
44	15830	Correta
47	964	Incorreta
62	19	Incorreta

72	246	Incorreta
74	1071	Incorreta
77	7638	Correta

Tabela 12: Quantidade de células classificadas incorretamente.

Os resultados demonstrados na tabela 12 foram analisados e organizados para que pudéssemos identificar em qual índice Kappa a classificação obtida pela interpretação da imagem CCD_HRC seria enquadrada. Para essa análise optamos por comparar todas as células da conversão do dado vetorial para o formato matricial, ao invés de coletar pontos. Consideramos que esse procedimento agiliza o processo, além de transmitir uma comparação mais precisa, pois todo o resultado da classificação é avaliado. Considerando todas as classes obtivemos um coeficiente Kappa “muito bom”, visto que 80 % das amostras coincidiram. Para as classes afloramento rochoso e água o resultado foi péssimo, visto que essas classes não foram identificadas na CCD_HRC. Para as demais classes o índice foi excelente, com exceção da classe solo exposto, pois somente 9% coincidiram (Tabela 13):

Avaliação da Acurácia	Classificação		Total (células na matriz)	Precisão (%)	Coeficiente Kappa
	Correta	Incorreta			
<i>Afloramento rochoso</i>	0	306	306	0	Péssima
<i>Água</i>	0	19	19	0	Péssima
<i>Área edificada</i>	7638	1317	8955	85	Excelente
<i>Campo</i>	16094	3729	19823	81	Excelente
<i>Solo exposto</i>	112	1116	1228	9	Ruim
<i>Sombra</i>	0	0	0	100	Excelente
<i>Vegetação</i>	15830	3142	18972	83	Excelente
<i>Todas as classes</i>	39674	9629	49303	80	Muito boa
<i>Correta - classes que foram identificadas na Ikonos e na CBERS.</i>					
<i>Incorreta - classes que foram identificadas somente na Ikonos.</i>					

Tabela 13: Relação do índice Kappa por classe e para todas as classes.

Além do índice Kappa, calculamos a diferença métrica entre as classes para que pudéssemos comparar o total de área ocupada por cada classe nas duas imagens. Convém mencionar que a área total de classificação, a quadrícula 284 B-25 totaliza um quilômetro quadrado. Na tabela 14 podemos observar o total de área ocupada por cada classe no resultado da classificação da imagem Ikonos e na tabela 15 o resultado obtido com a imagem CBERS:

CCD_HRC	
Classe	Área (m2)
2	491564
3	17227
4	505021
7	218295

Tabela 14: Total de área ocupada pelas classes identificadas na imagem CCD_HRC.

Ikonos	
Classe	Area_m2
1	7682
2	495552
3	30387
4	474377
6	512
7	224440

Tabela 15: Total de área ocupada pelas classes identificadas na imagem Ikonos II.

O padrão geométrico dos objetos também se diferencia. Enquanto a classificação originada a partir da imagem Ikonos II é marcada por objetos com bordas recortadas, a classificação da imagem CBERS derivou objetos mais generalizados com bordas suavizadas. Na primeira as bordas entre as zonas de transição são bem recortadas, meandradas, enquanto que na segunda a borda entre uma classe e outra é mais abrupta, definindo linhas mais retilíneas. Para ilustrar essa característica temos a figura 27 para comparação dos limites de borda:

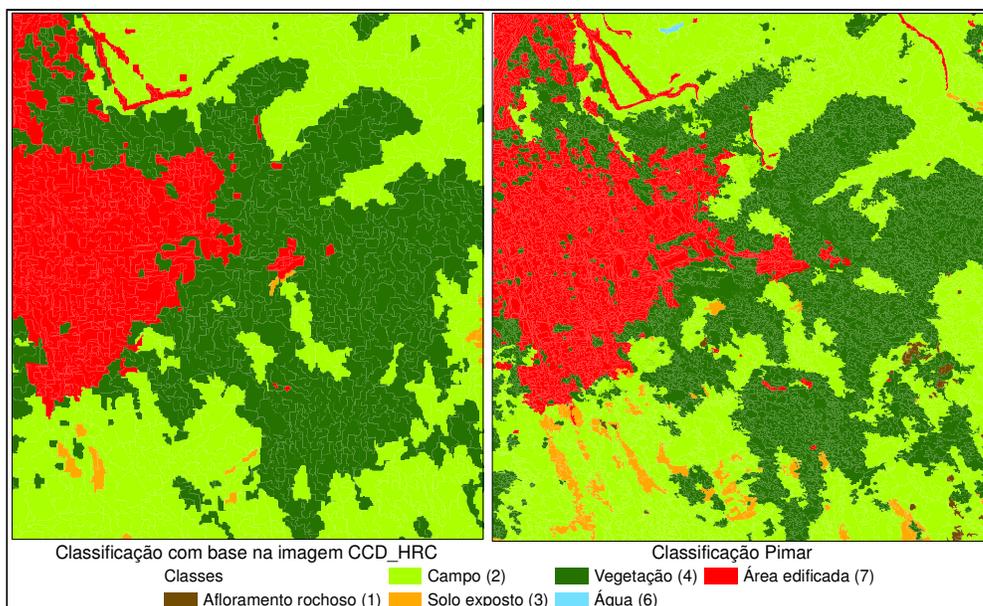


Figura 27: Comparação entre os limites de borda das classes.

Um dos objetivos do projeto PIMAR é a identificação de objetos da classe vegetação (árvores isoladas) no interior da classe área edificada. Com base nesses resultados pudemos chegar à conclusão de que embora não tenhamos identificados muitos objetos desse tipo, na CCD_HRC alguns foram detectados. A maior dificuldade era identificá-los no entremeio da classe área edificada, porém no interior da classe campo era mais fácil identificá-las. A maior dificuldade de identificar essas árvores na borda com a classe área edificada se explica pelo fato de que a imagem multiespectral com a qual a pancromática foi fusionada tinha uma resolução espacial muito pequena, apresentando grande mistura de classes. Por outro lado, na pancromática também há muita confusão entre edificações e árvores embora a forma desses dois objetos sejam distintas.

De qualquer maneira prosseguimos afirmando que essas imagens podem oferecer subsídios relevantes para o desenvolvimento de aplicações nos estudo da paisagem para análises em escalas temporais e espaciais menores. Considerando que ainda existem muitas prefeituras com dificuldade para produzir dados para o reconhecimento da (s) paisagem (ns) dentro dos seus territórios administrativos, esse poderia ser um subsídio de considerável valor.

Ficou evidente que a relação entre paisagem urbana e natural se demonstra conveniente, e mesmo necessária, porque entendemos que a natureza constantemente faz borda com as áreas urbanas. Ambas interferem uma na outra influenciando no padrão de distribuição das mesmas. Assim sendo a cobertura vegetal que percebemos na paisagem urbana pode ser caracterizada tanto como urbana quanto natural. Urbana porque já foi apropriada na espacialização da sociedade urbana, seja como objeto contemplativo, seja como objeto importante para a manutenção da vida, ou ainda como agregador de valor, considerando que é comum que áreas próximas a florestas sejam valorizadas por conta dessa proximidade. Para corroborar essa idéia Oliveira (2009) nos esclarece que:

“Muito da qualidade de vida dos cidadãos cariocas é devido à presença da Mata Atlântica que recobre os maciços da Tijuca, Pedra Branca e Mendanha. A floresta em pé fornece serviços ambientais de fundamental importância como a qualidade do ar, a fixação de carbono e, principalmente, o controle e redistribuição das águas de chuva. A interrupção destes serviços ambientais por decorrência da degradação florestal espelha-se sobre a estabilidade de encostas” (OLIVEIRA, 2009).

5. Futuras Aplicações

Ao optar por trabalhar com as imagens Cbers, um dos motivadores foi a sua gratuidade. Muitos municípios não possuem mapeamento compatível com a escala das demandas municipais, ou se o possuem estão desatualizados. Por isso é preciso buscar alternativas que representem redução de custos. Ao constatar que é possível corrigir as imagens Cbers com base em outras fontes de dados que não seja via coleta de dados em campo, reconhecemos aí uma possibilidade de redução de custos. Contudo essa é uma situação que deve ser avaliada caso a caso.

Sabemos que muitos municípios ou não possuem dados, ou estão desatualizados e/ ou em escala incompatível com as demandas da escala municipal (espacial e temporal). Para os casos em que o município não possui nenhum tipo de dado a situação se complicaria um pouco visto que existiriam dados para realizar a avaliação da acurácia dos resultados. Dessa maneira uma das futuras aplicações que se pretende desenvolver está fundada na investigação de outros métodos que possibilitem uma correção da imagem, ou mesmo ortorretificação, sem implicar na necessidade de se realizar investimentos muito onerosos.

Outro objetivo está pautado na busca por reduzir ainda mais os custos utilizando softwares livre o Inpe, a K2 e o LVC estão desenvolvendo o Interimage, um programa a ser disponibilizado gratuitamente para a segmentação de imagens, com base em algoritmos semelhantes aos do Definiens. A empresa K2 vem desenvolvendo também um algoritmo que permite a ortorretificação de imagens Cbers utilizando o Spring. O Spring também é um *software* livre de propriedade do Inpe, e pretende-se dedicar ao seu estudo com maior afinco, pois daí sim será possível dar um passo mais largo rumo à sustentabilidade e popularização do uso de geotecnologias.

É relevante ressaltar que feições de geomorfologia são bem marcadas, sendo possível visualizar claramente, lineamentos de talvegues, por exemplo. Isso nos possibilita deduzir que esse dado poderia ser aplicável em estudos que necessitem identificar feições relacionadas à geomorfologia, relevo e hidrografia. As chuvas

que atingiram o Estado do Rio de Janeiro em momentos distintos, desde o final do ano passado até o início desse primeiro quadrimestre, bem como outros Estados brasileiros, trouxeram consigo a discussão a respeito da atualização e ampliação de escala de algumas bases temáticas. Como exemplo podemos citar as bases de tipos de solo, relevo, hidrografia e geomorfologia. Acreditamos que as imagens Cbers fusionadas poderiam trazer profícua colaboração nesse sentido de atualização e ampliação de escala dessas bases.

Por fim, praticamente, na reta final dessa pesquisa foi lançada uma notícia no dia 12 de Maio de 2010, o satélite teve suas operações encerradas no dia 11 de Maio de 2010, pois não havia mais contato com o mesmo desde Abril de 2010 (INPE, 2010). Em Maio de 2009 o Cbers-2B sofreu uma avaria em seu sistema de controle de atitude, com a perda de um giroscópio e de um dos sensores solares, que motivou o desligamento das câmaras para que o problema fosse analisado (INPE, 2009 a). Em 18 de junho de 2009 houve um reposicionamento de 10 km abaixo de sua órbita convencional e as câmeras foram religadas (INPE, 2009 a). Contudo não há porque acreditar que esse fato inviabiliza ou anula a pesquisa em questão, visto que milhares de imagens já foram fornecidas pelo Cbers-2B e que o lançamento do Cbers-3 está previsto para o segundo semestre de 2011.

6. Referências Bibliográficas

ABREU, M.A.; BERNARDES, L. M. C. (Orgs.). **Evolução da paisagem urbana no Rio de Janeiro até o século XX**. Rio de Janeiro: Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes. Departamento Geral de Documentação e Informação Cultural, Divisão de Editoração, 1992.

ALVES, C. D.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G.; SOUZA, I. M. **Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens LANDSAT**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 15, n. 1, p. 120-141, 2009.

ALVES, L.; VERGARA, O.R. **Identificação de alvos urbanos em imagens IKONOS II, aplicando classificação orientada a segmentos de Área**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2573-2580.

ARAÚJO, M. H. M. C. de; PEREIRA, G. de M.; MENESES, L. F. de. **Aplicação da transformação IHS para reamostragem de pixels, utilizando as imagens dos sensores CCD e HRC do satélite CBERS**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 6765-6772.

BAATZ, M.; SHÄPE, A. **Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation**. Disponível em: <ftp://igpho.ethz.ch/pub/tut/tutrs/papers/Segmentation.pdf>. Acesso em: 13/06/2010.

BARBOSA, A. M. **Subsídios para o planejamento em ecoturismo na região do médio Rio Grande, Minas Gerais, utilizando geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. 2004. 249 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) São José dos Campos: INPE.

BARRET, E. C.; CURTIS, L. F. **Introduction to Environmental Remote Sensing**. Cheltenham, Stanley Thornes Ltd, 457 p. 1999. 4ª ed.

BATISTA, M. H. ; HAERTEL, V. **Classificação Hierárquica Orientada a Objeto em Imagens de Alta Resolução Espacial Empregando Atributos Espaciais e de Contexto**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. - **Anais**, v.1. São Jose dos Campos SP : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE, 2007, p. 489-497.

BEPPLER, M.; ANTUNES A. F. B. **Estudo da potencialidade do uso de imagem QuickBird para atualização do cadastro urbano**. In: XIV SBSR, 2009, Natal. Anais do XIV SBSR, 2009. v. 1. p. 593-599.

BERQUE, A. **Paisagem Marca, Paisagem Matriz: elementos da problemática para uma geografia cultural**. IN: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (orgs.). Paisagem, Tempo e Cultura. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico**.

Tradução: Olga Cruz. Trabalho publicado, originalmente, na “Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest”, Toulouse, v. 39 n. 3, p. 249-272, 1968, sob título: *Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique*. Publicado no Brasil no Caderno de Ciências da Terra. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, n. 13, 1972.

BESSE, J.M. **A fisionomia da paisagem, de Alexander vom Humboldt a paul Vidal de La Blache**. In: BESSE, J.M. Ver a Terra, seis ensaios sobre a paisagem e a Geografia. São Paulo: Perspectiva, 2006.

BITAR, O. Y.; IYOMASA, W. S.; CABRAL, JR. M. **Geotecnologia: tendências e desafios**. São Paulo Perspec. [online]. 2000, vol.14, n.3, pp. 78-90. ISSN 0102-8839.

BLASCHKE, T.; LANG, S. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução: Herman Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. ISBN: 8586238783.

BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores**. Tradução: Herman Kux. 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão de Cartografia. **Cartografia e Aerolevanteamento - Legislação**. Brasília, 1984. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/legislacao/Decreto_89817_no_va_redacao.pdf. Acessado em: 21/02/2010.

BRITO, J. L. N. S. B.; COELHO, L. C. T. F. **Fotogrametria digital**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007. 196 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. **GIS para Meio Ambiente**. Tutorial. São Paulo: Sagres, 1997.

_____, G. (Org. e ed.); DAVIS, C. (Org. e ed.); MONTEIRO, A.M.V. (Org. e ed.) **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CAPORUSSO, D.; MATIAS, L. F.; CARVALHO, J. C. B. de; CRUZ, J. R. da. **Avaliação de imagens sintéticas do satélite CBERS-2B (CCD/HRC) para mapeamento do uso da terra: estudo de caso do entorno da Represa de Salto Grande no município de Americana (SP)**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1959-1966.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. 12ª ed. - São Paulo: Cultrix, 1991. 447p.

CENTENO, Jorge Antonio Silva. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**. Curitiba: Universidade federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2004. 209 p. ISBN 85887830503

CINTRA, D. P. Classificação de estágios sucessionais florestais por imagem de alta resolução (Ikonos) no Parque Estadual da Pedra Branca, RJ. Dissertação

(Mestrado em Ciências). Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza. Seropédica, RJ, agosto de 2007.

_____ et al. The Pimar Project: Remote Enviromental Program in Urban Atlantic Forest of Rio de Janeiro, Brazil. In: XII Encontro de Geógrafos da América Latina, 2 a 7 de Abril de 2009.

CLAVAL, P. **A paisagem dos Geógrafos**. IN: ROSENDAHL, Zeny & CORRÊA, Roberto Lobato (orgs.). Paisagens, Texto e Identidades. Rio de Janeiro: EDUERJ. p. 13-74. 2004.

COSGROVE, D. **A Geografia está em toda parte**. IN: CORREA, R. L. & ROSENDAHL, Z. (orgs.). Paisagens, Tempo e Cultura. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.

COSTA, V. C. da. **Propostas de Manejo e Planejamento Ambiental de Trilhas Ecoturísticas: Um estudo no Maciço da Pedra Branca - Município do Rio de Janeiro (RJ)**. Rio de Janeiro, 2006. 304 p. Tese de Doutorado- PPGG - UFRJ.

_____; COSTA, N. M. C.; SANTOS, J. P.C.D. **Definição e Caracterização de Áreas de Fragilidade Ambiental com base em Análise Multicritério em Zona de Amortecimento de Unidades de Conservação**. Encontro de Geografos de America Latina, 2009.

CRUMLEY, C. L. Historical Ecology: Integrated Thinking at Multiple Temporal and Spatial Scales World System History and Global Environmental Change. Sweden: Lund University, 2003. Disponível em: <<http://www.ames.ucar.edu/docs/ssc/2005/03.crumley.pdf>>. Acessado em 08/01/2010.

DEAN, W. **A ferro e fogo: A História e a Devastação da Mata Atlântica Brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, c1995. 484 p.

DEFINIENS A G. **Definiens Developer 7.0**. Alemanha, Definiens AG, 2007.

DIAS, J. **A paisagem vista por outros olhos**. In: Souza, Álvaro José de; Souza, Edson Belo Clemente de; Magnomi Júnior, Lourenço. (Org.). Paisagem, Território, Região: em busca da identidade. Cascavel-PR: EDUNIOESTE/AGB, 2000, v., p. 29-38

ESRI. **ArcGIS Desktop Help**. Redlands: ESRI, 2008.

GATES, Bill. **A estrada do futuro**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995. 347 p. ISBN 8571645094.

GEORGE, P. **O Meio Ambiente**. Tradução: Maria Paula C. A. da Cunha Mattos. Título original: L'environnement. Lisboa: Ed. Edições 70. 1984.

HARVEY, David. **A condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da**

mudança cultural. 2ª ed.- Sao Paulo : Loyola, 1993. 349p. ISBN 8515006790.

IBGE. **Noções Básicas de Cartografia**. Ministério do Planejamento e Orçamento Diretoria de Geociências – DGC, Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/indice.htm. Acessado em: 07/12/2009.

INPE. CBERS divulgação. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/?content=aplicacoes>. Acessado em 06/06/2009.

_____. **Informativo sobre problemas recentes na geração de imagens do satélite CBERS-2B**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Informativo-Ago2009-CBERS-2B-PT.pdf>. Acessado em 06/10/2009 (a).

_____. **Comitê sino-brasileiro anuncia o fim das operações do satélite CBERS-2B**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acessado em 29/05/2010.

JENSEN, J. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução: J. C. N. Epiphanyo (coordenador). São José dos Campos, SP: Parêntese editora, 2009. 598 p. (Prentice Hall Series in Geographic Information Science). Tradução de: Remote Sensing of the environment: na earth resources perspective. ISBN 978-85-60507-06-1

KURKDJIAN, M. L. O.; PEREIRA, M. N. **O desenvolvimento das geotecnologias e suas aplicações no planejamento urbano e plano diretor**. Disponível em: http://www.mundogeo.com.br/revistas-interna.php?id_noticia=8085

LEFEBVRE, H. **The Production of Space**. Tradução de Donald Nicholson-Smith. Blackwell Publishing, 1991. Título original: Production de l'espace. ISBN 0631181776

LEONARDI, F.; ALMEIDA, C. M.; Fonseca, L. G. M.; CAMARGO, F. F. **Fusão de Imagens Cbers 2B: CCD-HRC**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 6951-6958.

LILLESAND, Thomas M.; KIEFER, Ralph W.; CHIPMAN, Jonathan W. **Remote sensing and image interpretation**. 6th ed. Hoboken, NJ.: J. Wiley & Sons, 2008. 756 p.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Ed. Uniderp, 2007. ISBN: 85-7704-040-0. 908p.

MALDONADO, F. D.; GRAÇA, P. M. L. de A.; FEARNSSIDE, P. M. **Detecção de mudanças na cobertura vegetal da floresta amazônica utilizando a técnica RCEN multiespectral com imagens CBERS-2, região de Apuí – AM**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 6819-6826.

MARAFON, G. J. Et al (orgs.) **Elementos norteadores da (re)organização espacial fluminense**. IN: MARAFON et al. Regiões de Governo do Estado do Rio de Janeiro: uma contribuição geográfica. Rio de Janeiro: Gramma, 2005.

MASCARENHAS, N. D. d'A.; VELASCO, F. R. D.; Escola Brasileiro-Argentina De Informática : (4. : 1989 Santiago del Estero, Argentina). **Processamento digital de imagens**. 2. ed. - Buenos Aires: Kapelusz, 1988. 1 v. (paginação irregular) ISBN 9501398722 : (broch.)

MATIAS, L. F.; CAPORUSSO, D.; CRUZ, J. R. da; CARVALHO, J. C. B. de. **Análise comparativa de técnicas de fusão de imagens CBERS-2B (CCD e HRC) utilizando o software ArcGIS**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2071-2077.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de Paisagens?** Biota Neotropica, Campinas, SP, v. 1, n. 1/2, 2001

MIRANDA, E. E.; GOMES, E. G.; GUIMARÃES, M. **Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos**. Campinas: Embrapa, 2005.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 116

MORIN, K.M. **Landscape and Environment: Representing and interpreting the world**. In: HOLLOWAY, S. L., RICE, S. P.; VALENTINE, G. (eds.) Key Concepts in Geography. 6ª ed. London: Sage, 2007.

NAVEH, Z. **What is holistic landscape ecology?** A conceptual introduction. Landscape and Urban Planning, 2000, v. 50, p. 7-26.

NOVACK, T.; KUX H. **Classificação da cobertura do solo urbano inserindo árvores de decisão a rede hierárquica**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7871-7876.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações** – Editora Edgar Blucher Ltda., 1998. 2. ed. 308 p.

OLIVEIRA, R. R. Uma defesa para a cidade. 2009. Disponível em: <http://publique.rdc.puc-rio.br/clipping/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=21774&sid=12>. Acesso em 28/03/2010.

PIMAR. **Relatório de Atividades**. Julho/ Agosto de 2010. Disponível em: <http://www.nima.puc-rio.br>. Acessado em: 17/8/2010.

PINHO, C.M.D.; RENNÓ, C.D. ; KUX, H. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem QuickBird. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4225 – 4232.

REGO, L. F. G. **Remote Sensing in Rio de Janeiro City**. Automatic Land-Cover Classification Derived from High-Resolution IKONOS Satellite in the Urban Atlantic Forest. Ed. VDM Verlag Dr. Müller. 2008.

RIZZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004. 212p. – (INPE-12271-TDI/983).

RODRIGUES, T. L.; ANTUNES, M. A. H.; FOSSE, J. M. **Análise da interpretação visual multi-escala nas imagens do sensor HRC e CCD do satélite CBERS 2B**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2133-2137.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia Aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, 16. 2005 p. 81-90.

SAITO, E. A. **Identificação de áreas de mata ciliar em região do Pontal do Paranapanema-SP utilizando fusão de imagens CCD/CBERS-2B e HRC/CBERS-2B**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2989-2994.

SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado**, fundamentos teórico e metodológico da geografia. São Paulo: Hucitec, 1988.

_____, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2002. 384 p. ISBN 8531407133

SANTOS, P. M. C. dos. **Tutorial 4: Fusão entre imagens Cbers CCD e HRC**. Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Centro de Sensoriamento Remoto – CSR. Disponível em: http://siscom.ibama.gov.br/publico/PSao_francisco/tutoriais/. Acessado em: 29/09/2009.

SOUZA, R. J. de; GEOINGÁ, M.M. P. **Algumas reflexões sobre o Território enquanto Condição para a Existência da Paisagem**. [S.I.:s.n.] 2009. v. 1, n. 1 , p. 1-12.

TOUTIN, T. 2004. **Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods**. International Journal of Remote Sensing, 25(10): 1893-1924.

TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annual Review of Ecology and Systematics 20:171-197. 1989.

VICENS, R. **Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Análise da Cobertura Vegetal da Reserva Florestal de Linhares, ES, Br**. Anais IX

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 1561-1572.

VIEIRA, I. M. **Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo e análise da expansão urbana em ambientes litorâneos.** 1993. 142 p. (INPE-13043-TDI/1019). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1993. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.02.14> Acesso em: 29/11/2009.

YANG, X. **Remote sensing for urban analysis:** An introduction. Department of Geography, Florida State University, Tallahassee, FL 32306-2190, USA Computers, Environment and Urban Systems Volume 29, Issue 5, September 2005, Pages 497-500.

ANEXOS

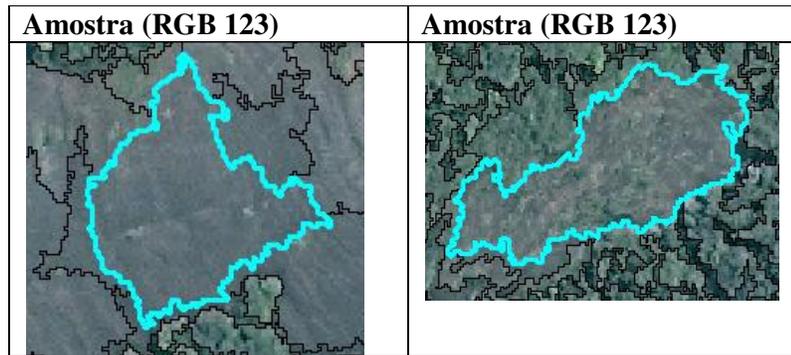
ANEXO 1

Chave de Classificação do PIMAR

Afloramento rochoso (classe 1):

Textura lisa homogênea, com formas naturais irregulares.

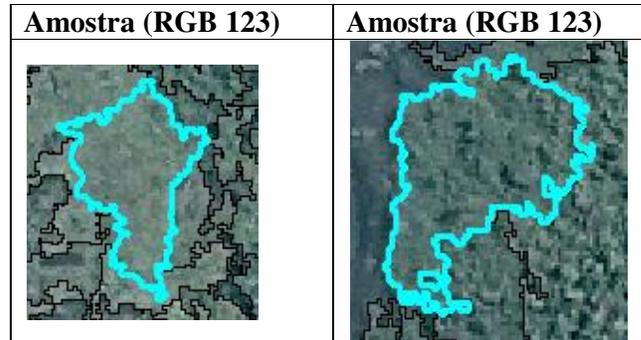
Cor: Marrom, Cinza escuro e cinza claro.



Campo (classe 2):

Textura lisa com formas irregulares. Possui vegetação rasteira/gramíneas e ausência de vegetação arbóreo-arbustiva densa, porém, com presença de diminutos remanescentes florestais e árvores/arbustos muito esparsos.

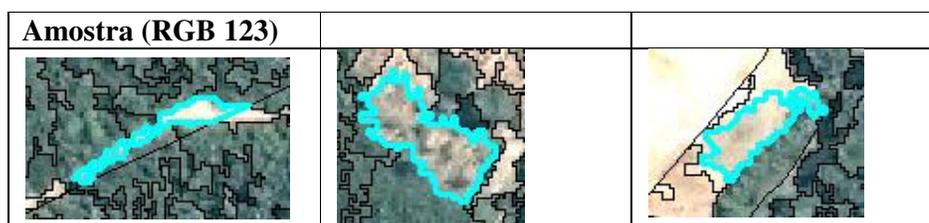
Cor: Verde musgo, verde claro, verde amarelado e amarelo.



Solo exposto (classe 3):

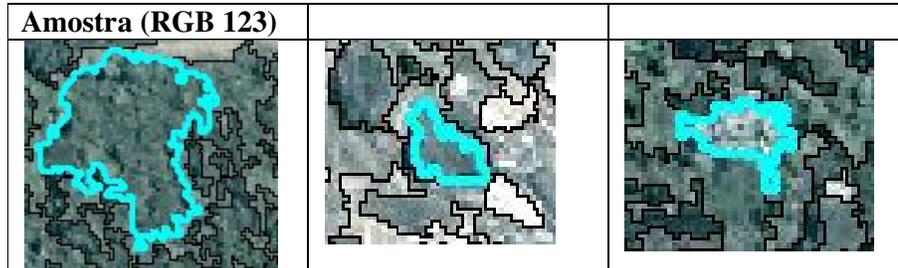
Textura relacionada à geometria apresenta-se lisa, textura referente à radiometria rugosa, com forma irregular. Ausência de vegetação e aparência seca do solo.

Cor nas bandas do visível: Marrom claro, marrom avermelhado, amarelo, Marrom alaranjada, Amarelo alaranjada.

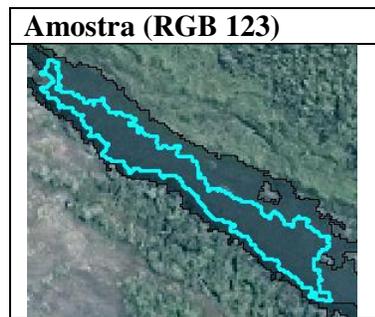


Vegetação (classe 4):

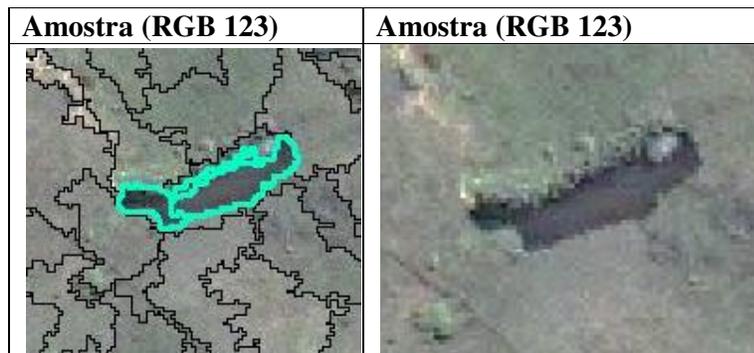
Textura rugosa com formas naturais heterogêneas, principalmente caracterizadas por vegetação arbórea, mas também com presença de vegetação herbáceo-arbustiva. Em algumas áreas percebe-se a presença de embaúbas (*Cecropia* spp.)
 Cor nas bandas do visível: Verde escuro, verde claro.

**Sombra (classe 5):**

Textura lisa com forma irregular. Foram classificadas somente aquelas provocadas pelo relevo, excluindo-se as sombras de árvores e edificações.
 Cor nas bandas do visível: Preto, cinza escuro e cinza.

**Corpo d'água (classe 6):**

Textura lisa com forma natural irregular.
 Cor nas bandas do visível: Azul escuro, Preto, Verde, Marrom.

**Área edificada (classe 7):**

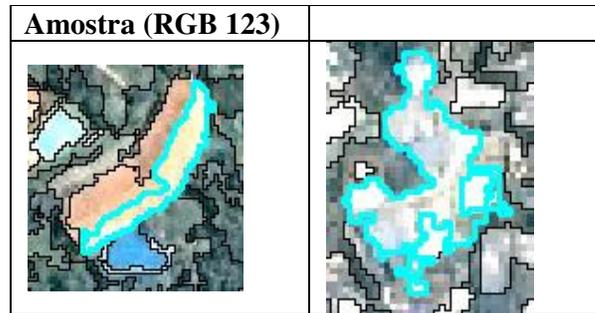
Edificada “não consolidada”¹: Formas assimétricas e descontínuas. Textura rugosa com formas artificiais heterogêneas. Construções com cobertura de

¹ O conceito de edificação não consolidada o conceito de Área Urbana Não Consolidada que foi

cerâmica (marrom avermelhado) e cobertura de lajes e amianto (branco a cinza), edificações de grande porte com cobertura em lajes (branco a cinza) e ocupações irregulares cobertas com lajes e amianto (branco a cinza).

Edificada “consolidada”²: Formas retangulares e quadradas com organização contínua. Textura lisa com formas artificiais homogêneas. Construções com cobertura de cerâmica (marrom avermelhado) e cobertura de lajes e amianto (branco a cinza), edificações de grande porte com cobertura em lajes (branco a cinza) e ocupações irregulares cobertas com lajes e amianto (branco a cinza).

Cor: Branco, Cinza, Cinza esbranquiçado, Vermelho, Marrom, Cor Alaranjada.



estabelecido no Mapeamento do uso das terras e cobertura vegetal do Município do Rio de Janeiro - SMAC, 2001- e se refere às áreas com ocupação humana esparsa, seja por estarem em processo de ocupação ou ainda por serem áreas onde incidem limitações físicas ou legais para o processo de ocupação urbana. Inclui, ainda, áreas com concentração de pequenas propriedades com atividade agropecuária e de chácaras para lazer.

(http://portalgeo.rio.rj.gov.br/protocolo/Indicadores_capitulos/%5B44IA_Glossario_Anexos_Indice_Bibliografia%5D.pdf)

² O conceito de edificação consolidada está baseado no conceito de área urbana consolidada está no art. 2º, XIII, da Resolução nº 303/2002 do CONAMA (<http://www.ipef.br/legislacao/conama302.asp>)

V - Área Urbana Consolidada: aquela que atende aos seguintes critérios:

- a) definição legal pelo poder público;
- b) existência de, no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infra-estrutura urbana:
 1. malha viária com canalização de águas pluviais,
 2. rede de abastecimento de água;
 3. rede de esgoto;
 4. distribuição de energia elétrica e iluminação pública;
 5. recolhimento de resíduos sólidos urbanos;
 6. tratamento de resíduos sólidos urbanos; e
- c) densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km².

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)