

1.3 A Estrada Abraão-Dois Rios (Ex-Estrada da Colônia) ou Trilha T-14

A história das vias terrestres da Ilha Grande se confunde com a própria história da Ilha. Por muitas décadas dos séculos passados as vias marítimas eram o único meio de chegar e sair da Ilha Grande. Nesta, as vias terrestres cortam o relevo e formam uma malha que permite a conexão entre os núcleos populacionais espalhados por toda a Ilha bem como para atividades de extração mineral, de caça ou ainda para qualquer outra atividade anterior e posterior ao Presídio. Segundo depoimentos de moradores antigos, essas vias são também chamadas de trilhas (CHEQUER, 2007).

Contudo, atualmente a conotação ou o significado de trilha se difere um pouco da concepção da população local, principalmente em ambientes que foram transformados em categorias de unidades de conservação e que passam a utilizar os caminhos já existentes ou seja, as trilhas para finalidades distintas. Em tempos pretéritos, essas vias terrestres foram abertas com objetivos diversos e, consideradas simplesmente como acessos que possibilitam a mobilidade.

Desse modo, é importante ter conhecimento do significado de trilhas no século XXI e para tal, foi escolhido o conceito de Salvati (2000):

“...trilhas são caminhos existentes ou estabelecidos, com diferentes formas, comprimentos e larguras, que possuam o objetivo de aproximar o visitante ao ambiente natural, ou conduzi-lo a um atrativo específico, possibilitando seu entretenimento ou educação através de sinalizações ou de recursos interpretativos”.

Uma trilha bem planejada e construída traz benefícios, tanto ao ambiente (impactos), quanto aos visitantes (segurança e conforto) e, além do mais, reduz os custos de manutenção e evita a degradação.

Para saber qual seria o melhor traçado de uma determinada trilha é necessário conhecer as relações ecológicas e as dinâmicas do meio. As trilhas, quando bem traçadas, podem ser usadas como forma de planejamento. De acordo com Birkby (2006), as trilhas podem ser consideradas como um modo

de proteção dos recursos naturais, ou uma cicatriz na paisagem, uma vez que é uma área onde a vegetação foi retirada e com um corte indefinido. Porém, concentra o uso humano por um caminho estreito de pisoteio, direcionando para uma pequena área, evitando que seja largamente pisoteada.

Nesse sentido, as trilhas ainda podem ser consideradas como forças de tensão ou vetores de pressão antrópica, pois são modificadoras das relações sistêmicas da paisagem, podendo acarretar problemas de intensidade diferentes, dependendo do meio na qual foi implantada.

Segundo Salvati (2009), as trilhas devem ser cuidadosamente localizadas, planejadas, construídas e manejadas de uma forma que permita a conservação dos recursos naturais e a realização de contatos adequados aos visitantes. Quando isso não acontece, ou seja, falta um manejo adequado, as trilhas acabam ficando em péssimas condições e potencializando os impactos instalados.

A Ilha Grande possui 16 trilhas (e/ou circuitos) nomeadas de T1 a T16 para visitação, mapeadas e sinalizadas, amplamente divulgadas em diferentes mídias, até mesmo pelo poder público. Algumas informações sobre essas trilhas podem ser obtidas no sítio www.ilhagrande.org, porém destaca-se que nem todas as informações contidas nas placas indicativas são totalmente confiáveis. No centro da Vila de Abraão, existe uma placa com o mapa de todas as trilhas e, no início de cada trilha o visitante se depara com uma placa indicativa e explicativa. No entanto, algumas estão destruídas ou com as principais informações apagadas.

Geralmente, na Ilha Grande, uma trilha intercepta um eixo hídrico ou o acompanha, sendo assim, grande parte dos impactos identificados ou feições erosivas nessa superfície estão correlacionados às dinâmicas hídricas e geomorfológicas, com reflexos em toda a bacia hidrográfica onde estão localizadas essas trilhas. Os sedimentos transportados e depositados nos leitos das trilhas e nos cursos baixos das drenagens também apontam a correlação do material transportado e possível origem nas encostas. Segundo Fernandes (2007) O uso que se faz dessa trilha, bem como os danos causados à cobertura vegetal vão se consubstanciar também em impactos e colaborar para o agravamento da degradação ambiental.

As trilhas da Ilha Grande funcionam como facilitadores de acesso aos atrativos naturais, sejam praias, picos ou cachoeiras, bem como às edificações abandonadas na floresta, como o aqueduto, fazendas, igrejas, fábricas de sardinha, presídio, etc. Ressalta-se que essas trilhas podem estar localizadas em áreas frágeis e, por esse motivo, possuem grande importância no planejamento do Parque bem como no da APA, ambos considerados de uso sustentável e com acesso livre ao público.

A Estrada Abraão-Dois Rios, conhecida também como a Antiga Estrada da Colônia é denominada de Trilha T-14. De acordo com Gama (2006),

“...o uso da trilha T-14 (para visitação, deslocamento da comunidade ou de pesquisadores, dentre outros) sem o cuidado devido altera de alguma forma o ambiente natural e, pode ser considerada como vetor de pressão antrópica uma vez que está potencializando a degradação ambiental no seu entorno” (GAMA, 2006).

A estrada de ligação entre a Vila do Abraão e o Povoado de Dois Rios passou pelo menos por quatro momentos da história da Ilha Grande – o da Fazenda de Dois Rios quando ainda no ano de 1884 o imperador D. Pedro II adquiriu a fazenda de Dois Rios, cujos limites eram mais amplos (Canto da Praia, próximo a Lopes Mendes) e Mar Virado, Parnaioca) dos que os atuais (Barra Grande e Barra Pequena); o da Colônia Correccional de Dois Rios na virada do século XX; o do Instituto Penal Cândido Mendes no ano de 1948 e; o do Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS) em meados da década de 1990.

A época do cárcere, a manutenção da Estrada era feita pelos presidiários e por ela circulavam vários caminhões responsáveis pelo suprimento e deslocamento de homens entre a Colônia e Abraão (Figuras 13 e 14). Em décadas posteriores, observa-se a estrada em dois momentos: um com vegetação mais densa no entorno e, outro em que apresenta-se alguma alteração na borda da floresta (Figuras 15, 16). Os registros mais recentes apontam a ocorrência de movimentos de massa e vegetação secundária (Figura 17).



Figuras 13: Estrada da Colônia –
Manutenção feita por presidiários

Fonte: Internet (<http://coloniadoisrios-ilhagrande.blogspot.com/>) – autoria de Syro Manhães, telegrafista do presídio



Figura 14: Colônia Dois Rios – Ilha Grande –
1943

Fonte: Internet (<http://coloniadoisrios-ilhagrande.blogspot.com/>) – autoria de Syro Manhães, telegrafista do presídio



Figura 15: Foto estrada década de 70

Fonte: Internet (<http://coloniadoisrios-ilhagrande.blogspot.com/>) – autoria de Syro Manhães, telegrafista do presídio



Figura 16: Foto estrada década de 90

Fonte: Internet (<http://coloniadoisrios-ilhagrande.blogspot.com/>) – autoria de Syro Manhães, telegrafista do presídio



Figura 17: Foto estrada década de 2000

Fonte: MARQUES MONTEIRO, 2011

Decorridos quase 100 anos, na primeira década do século XXI, essa estrada apresenta condições precárias de funcionamento. O Termo de Referência nº 1/2010 do INEA abre contratação de consultoria especializada para elaboração de “Projeto Executivo de Requalificação da ligação terrestre entre as Vilas do Abraão e Dois Rios na Ilha Grande”. Em sua justificativa,

“...a estrada de ligação entre as Vilas do Abraão e Dois Rios não apresenta as características de estabilidade, segurança e confiabilidade necessárias às funções dela requeridas. Esta estrada é utilizada pelos moradores, pesquisadores e estudantes do Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS) da UERJ, por turistas e para as atividades de segurança e fiscalização ambiental”.

Trata-se da única via de circulação terrestre da Ilha Grande que permite o trânsito de veículos, ressaltando-se que são veículos de serviço que atendem as demandas do CEADS, dos MORADORES, dos POLICIAIS MILITARES, do INEA, dos BOMBEIROS, do BATALHÃO FLORESTAL, das CONCESSIONÁRIAS de TELEFONIA e ENERGIA, dentre outros.

Outrossim, mantém um fluxo de pessoas que fazem o percurso a pé, dentre eles os moradores, os pesquisadores, estudantes e funcionários do Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS) da

UERJ, os visitantes e os turistas, além dos fiscais do Parque e segurança do CEADS.

Na atualidade, esta via está contemplada no Plano Diretor de Angra dos Reis (Diretrizes Territoriais para a Ilha Grande/Lei 1.754 de 21 de dezembro de 2006), notadamente sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal de Angra dos Reis. Mas, encontra-se (equivocadamente!) sob a responsabilidade da Universidade do Estado do Rio de Janeiro desde a assinatura do TAC-ILHA GRANDE (Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta Ambiental celebrado entre MMA, MPF, IBAMA, SEMA/ERJ, MPRJ, FEEMA/RJ, IEF/RJ, UERJ e PMAR em 20 de janeiro de 2000).

De acordo com Santiago (2010, p.166), o objeto do Termo era estabelecer prazos e condições para as PARTES OBRIGADAS promovam fiel e integralmente as ações mitigadoras, quando for o caso, corretivas de curto prazo e também definitivas, relativas aos problemas da Ilha Grande. São eles: o saneamento das áreas com concentração populacional; a coleta, tratamento e destinação final do lixo produzido; a remoção ou aproveitamento dos escombros do antigo Presídio; a ordenação e ocupação dos imóveis do Estado sob a administração da UERJ e da PMAR; a elaboração do Plano de Gestão Ambiental – PGA e; a recuperação da área degradada pelos depósitos irregulares de lixo existentes.

Com aproximadamente 13 km de extensão em relevo acidentado, cobertura vegetal tipo floresta e sujeito ao elevado índice pluviométrico, a manutenção e a recuperação desta via se faz necessária. Os estudos do NEPPT (Núcleo de Ensino e Pesquisa em Planejamento Territorial) no período entre 2003 e 2011 apontam a Estrada Abraão-Dois Rios como vetor de pressão antrópica, onde há elevada incidência de processos erosivos e movimentos de massa, retirada da vegetação para manutenção da fiação aérea, pisoteamento nas margens fragilizando ou contaminando raízes, entulhamento das canaletas de água e, pequenas obras para manutenção do seu leito sem conhecimento da dinâmica local.

Objeto do nosso estudo, a Estrada Abraão-Dois Rios tem apresentado um aumento de pontos com movimentos de massa e que colaboram para a desestabilização do terreno e, conseqüentemente, do leito da estrada. Vale ressaltar que os movimentos de massa fazem parte da

dinâmica natural de transformação e formação da crosta terrestre. Estão relacionados principalmente aos regimes pluviométricos, ao relevo e às propriedades das rochas e dos solos. Podem ser entendidos como aqueles processos que ocorrem nas vertentes e que envolvem o desprendimento e transporte de solo e/ou material rochoso encosta abaixo. Por isso, são chamados também de processos gravitacionais, pois ocorrem a partir da desestabilização de terrenos inclinados e de encostas principalmente com ação de chuvas concentradas. Quando acontecem em locais habitados podem ser desastrosos e, em geral, a ação antrópica está associada à potencialização deste problema.

Ademais, os processos erosivos buscam o equilíbrio do local, na tentativa de se adequar ao novo nível de base¹. No caso da Estrada, o nível de base do ambiente local passa a ser a estrada, após sua construção. Antes da construção o local possuía um nível de base natural, após a construção da estrada esse nível de base foi alterado.

Em um contexto mais amplo, Dantas e outros (CPRM, 2004) destacam que a escarpa da serra do Mar atravessa praticamente todo o território do estado do Rio de Janeiro numa direção WSW-ENE, acompanhando o “*trend*” estrutural do substrato geológico. Englobado neste domínio geoambiental serrano, o litoral Sul Fluminense estende-se de Itaguaí até o limite com o estado de São de Paulo, em Parati.

Os autores ressaltam que, o contato do mar com a montanha e as planícies flúvio-marinhas onde se alternam estuários, restingas e manguezais configuram numa paisagem de grande beleza cênica e, ao mesmo tempo, de grande fragilidade física. Os escarpamentos, devido aos elevados gradientes de suas vertentes, amplitudes topográficas expressivas e ocorrência freqüente de depósitos de tálus, com baixa capacidade de carga, apresentam sérias limitações frente à ocupação humana.

Essas exíguas planícies flúvio-marinhas, baixadas e cordões litorâneos, passaram a ser fortemente impactadas pela expansão urbana e proliferação de loteamentos após a construção da rodovia Rio-Santos (BR-101). Os cortes de

¹ Nível de base ou nível de base de erosão é a linha altimétrica abaixo da qual um rio não consegue mais erodir, predominando pois a deposição. O nível de base pode ser dado em relação ao mar aberto, no caso de rios que ai desembocam ou em relação a mares fechados e lagos.

estradas promovidos pela construção da BR-101 e as construções em áreas de encostas (visíveis em Angra dos Reis), potencializam a ocorrência de movimentos de massa, gerando danos sociais, econômicos e perdas humanas.

É neste contexto ambiental que se configura a Ilha Grande, cujo modelo de ocupação espelha o modelo do continente e vem, nos últimos dez anos apresentando os mesmos problemas e impactos ambientais. Em relação à Estrada Abraão-Dois Rios, Antiga Estrada da Colonia ou à Trilha T-14, trata-se de uma via terrestre, de acesso importante a localidade de Dois Rios e, ao mesmo tempo, de uma trilha para os visitantes que ai chegam. De usos múltiplos, essa via é o recorte espacial de análise escolhido para os ensaios de processamento digital no intuito de colaborar no processo de planejamento e gestão do território insular – protegido e degradado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo far-se-á uma breve discussão sobre os atores que permitiram a avaliação das análises das imagens da Ilha Grande, através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), das ferramentas de sensoriamento remoto e da utilização da lógica fuzzy, tem-se obtido resultados cada vez mais sofisticados no que se refere a análises de uso da Terra.

Pode-se destacar que uma das soluções mais antigas e mais comuns, de resolver problemas de análise de informações espaciais passa pela construção e pela utilização de mapas. A produção de mapas em papel é uma técnica muito antiga e suas técnicas de produção, em geral, estão amplamente dominadas, tendo em vista que a Cartografia, uma ciência milenar, tem seu processo de produção e utilização de mapas sendo difundido há tempos, entretanto estes desenvolvimentos cartográficos são extremamente custosos, principalmente em se tratando de levantamento de dados em campo e do armazenamento desses dados.

O primeiro exemplo de análise espacial corresponde à experiência do epidemiologista inglês John Snow (1813-1858). Para identificar o foco responsável pelo surto de cólera que afetou Londres em 1854, Snow cartografou as residências dos doentes e as sobrepôs aos poços de captação de água da cidade. Outro exemplo é o mapa de Charles Minard, de 1861, que representa a campanha de Napoleão na Rússia e exibe um conjunto de elementos gráficos associado ao modo como as tropas se deslocavam. Esses dois modelos são importantes marcos na história dos SIG, pois refletem a existência de uma base cartográfica de qualidade que permita operações de sobreposição de dados (PEREIRA, 2011).

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 50, com o objetivo principal de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas.

Em se tratando de análises de imagens, especialmente de uso da Terra, pode-se destacar a obtenção de resultados claros e objetivos, principalmente com a geração de mapas que podem comprovar a confiabilidade dos SIG.

2.1 Sistemas de Informação Geográfica

Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica (SIG) surgiram na década de 1960, no Canadá, como parte de um esforço governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de utilizar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente onerosos, e além disso, a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas. (RAMIREZ, 1994).

No decorrer dos anos 80, com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso de SIG. A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou também um alargamento do leque de aplicações de SIG (PEREIRA, 2011).

Desde sua concepção inicial, mais simplista e voltada para o projeto e construção de mapas, os SIG têm incorporado uma crescente variedade de funções. Em especial, apresentam mecanismos sofisticados para manipulação e análise espacial de dados, permitindo uma visualização bem mais intuitiva dos dados do que a obtida através de relatórios e gráficos convencionais (Cruz & Campos, 2003).

DANTAS et al. (1996), apud MENESES (2003) divide a evolução do SIG em três fases: manipulação e visualização de banco de dados (primeira fase), operações analíticas de dados não gráficos e estrutura organizacionais (segunda fase) e análise espacial (terceira fase).

No final da década de 80 e início da década de 90, os SIG eram orientados a pequenos projetos, considerando-se pequenas áreas geográficas com poucos detalhamentos, ainda eram precários os dispositivos de armazenamento, acesso e processamento de dados. Desta forma, realizava-se

o mapeamento de uma pequena área, inseria-se este mapeamento em computadores, realizavam-se algumas análises e elaboravam-se mapas e relatórios impressos com as informações geográficas desejadas. (RAMIREZ, 1994).

Um SIG é um tipo especial de sistema de informações utilizado para manipular, sintetizar, pesquisar, editar e visualizar informações, geralmente armazenadas em bases de dados computacionais (MENESES, 2003).

Ainda, segundo DANTAS et al. (1996), os SIG atuais podem ser considerados como

“um tipo de Sistema de Informação, que envolve de forma sistêmica e interativa Banco de Dados, Tecnologia e Pessoal, sendo capaz de realizar Análises Espaciais, armazenar, manipular, visualizar e operar dados georeferenciados para a obtenção de novas informações”.

O número de problemas onde os SIG são empregados aumenta a cada dia. Tradicionalmente, estes sistemas têm sido utilizados por instituições públicas, empresas de prestação de serviço de utilidade (ex. companhias de água, luz e telefone), na área de segurança militar e em diversos tipos de empresas privadas (ex.: engenharia civil, terraplanagem). A seguir, é apresentada uma relação das diversas áreas de aplicação de SIG, divididas em cinco grupos principais, segundo (RAMIREZ, 1994).

Os dados manipulados em um SIG, dizem respeito a fenômenos geográficos que estão distribuídos sobre a superfície da terra, podendo pertencer a sistemas naturais ou criados pelo homem, tais como tipos de solos, vegetação, cidades, propriedades rurais ou urbanas, redes de telefonia, escolas, aspectos climáticos, etc. (RAMIREZ, 1994).

Dentro da definição de Ramirez (1994) os SIG são completos quando, além de possuir as funcionalidades de um SGBD, eles são capazes de manipular dados gráficos e não gráficos, em qualquer um dos formatos: vetorial e matricial.

2.2 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto pode ser caracterizado como uma gama de atividades que permite a obtenção de dados de objetos sem que seja feito com eles um contato direto.

A evolução do sensoriamento remoto é o resultado de um avanço multidisciplinar que perpassa por avanços em diversas áreas, como a geociências e a computação. O sensoriamento remoto é, em sua maioria, resultado de imagens de satélites, na atualidade existem várias séries de satélites em operação, entre eles podemos citar: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS e QUICKBIRD. Esses satélites são destinados ao monitoramento e levantamento dos recursos naturais terrestres.

O sistema LANDSAT (LAND SATellite) foi o primeiro a obter de forma sistemática, imagens terrestres sinópticas de média resolução. Desenvolvido pela NASA a série de satélites LANDSAT iniciou sua operação em 1972. Os primeiros satélites eram equipados com os sensores Multispectral Scanner System (MSS). Esses sensores já tinham a capacidade de coletar imagens separadas em bandas espectrais em formato digital, cobrindo a cada imagem uma área de 185km X 185km, com repetição a cada 18 dias. A série passou por inúmeras inovações, especialmente os sistemas sensores que atualmente obtêm imagens em 7 bandas espectrais. (FREITAS, 2011)

O sistema SPOT (Systeme Probatoire d'Observation de la Terre) foi planejado pelo governo francês em 1978, com a participação da Suécia e Bélgica, e gerenciado pelo Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES), entidade responsável pelo desenvolvimento do programa e operação dos satélites. O SPOT-1 foi lançado em fevereiro de 1986, o SPOT-2 em 1989 e o SPOT-3 em 1993, todos com características semelhantes. O SPOT-4, lançado em 1998, incorpora mais um canal no modo multi-spectral (XS) e um novo sensor para monitoramento da vegetação. As características básicas do sistema SPOT são: Altitude 832 km; velocidade 13,3 km / s; área coberta por cena 60km X 60km. (FIGUEIREDO, 2005).

O sistema IKONOS, teve seu sensor desenvolvido pela KODAK e foi lançado em 24 de setembro de 1999, esse sensor tinha como objetivos ser eficiente e ao mesmo tempo leve, seu sistema óptico varre uma área de 11 Km de largura. Os dados são enviados a estações terrestres, após serem

comprimidos a bordo e nessas estações são feitas as correções geométricas devidas. A plataforma desloca-se a uma velocidade de 7 km/s, sobrevoando a Terra a uma altura aproximada de 680km. A cada 98 minutos, uma órbita é completada, totalizando 14 órbitas por dia (CENTENO, 2004).

O sistema IKONOS revolucionou o mercado de imagens de satélite principalmente pela alta resolução espacial de seus produtos.

As quatro bandas do modo multiespectral do IKONOS oferecem uma resolução espectral singular, comparada com as de outros sistemas sensores. Elas se localizam na região do visível e do infravermelho próximo. Mas, como a resolução destas bandas é de 4m, o grau de detalhe presentes nestas imagens aumentou significativamente, superando com isto a quantidade de informação disponível por outros sistemas. O sistema oferece ainda uma imagem no modo pancromático com resolução espacial ainda maior, pois o pixel nesse caso é de apenas 1m. Os dados coletados por todas as bandas são armazenados utilizando 11 bits (CENTENO, 2004).

Ele cobre todas as áreas do globo terrestre situadas entre as latitudes de -82° a $+82^{\circ}$. Sua órbita, de aproximadamente 681 km de altura e $98,1^{\circ}$ de inclinação em relação ao equador, confere ao IKONOS um sincronismo com o sol. Estes parâmetros da órbita permitem ao satélite, em médias latitudes, imagear a cada 1 dia as áreas situadas a 45° do nadir; a cada 3 dias as áreas situadas a 26° do nadir; a cada 11 dias as áreas situadas a 10° do nadir; e a cada 141 dias as áreas situadas a 1° do nadir (LILLESAND et al., 2004).

O Sensoriamento Remoto está relacionado com o levantamento de recursos naturais e com o monitoramento do meio ambiente, o que contribui para beneficiar o desenvolvimento econômico e social de uma população. No Brasil, um país de proporções continentais, elas podem e têm sido utilizadas neste sentido (NOVO, 1992).

Podemos destacar que: *“A Utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles.”* (NOVO, 1992), ou seja, essa tecnologia permite que sejam feitas análises a distância, sem que haja o contato direto com os objetos de estudo, isto facilita o estudos e permite que a abrangência de pesquisas seja ainda maior. Por este motivo o sensoriamento Remoto vem atingindo cada vez mais áreas de estudos e sendo utilizado de maneira cada vez mais interdisciplinar,

uma vez que ele pode ser usado em diversas áreas e pode auxiliar em análises das mais variadas disciplinas.

Para complementar: *“É forma de se obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo.”* (Rosa, 1995). Ou ainda: *“É o processo de medição de propriedades de objetos da superfície terrestre usando dados adquiridos de aeronaves e satélites.”* (Schowengerdt, 1997).

2.3 Segmentação de Imagens

O primeiro passo na análise de imagens é simplificar a imagem, reduzindo-a a seus elementos básicos. Uma operação de segmentação é qualquer operação que ressalta, ou isola, objetos individuais em uma imagem.

O objetivo é simplificar a imagem sem descartar-se de características importantes. Em geral, a segmentação autônoma é uma das tarefas mais difíceis no processamento de imagens. Subdivide a imagem em seus elementos (regiões) constituintes. É o primeiro e, em geral, o mais difícil passo na análise de imagem. Baseia-se em uma entre duas propriedades da intensidade dos pixels: Descontinuidade (gradientes) e similaridade.

A segmentação de imagens na perspectiva computacional, pode ser definida como a divisão de uma imagem digital em múltiplas regiões (conjunto de pixels) ou objetos, com o objetivo de simplificar e/ou mudar a representação de uma imagem para facilitar a sua análise. A segmentação de imagens é tipicamente usada para localizar objetos e formas geométricas tais como linhas, poli-linhas, pontos e curvas (CENTENO, 2004).

O resultado da segmentação de imagens é um conjunto de regiões/objetos ou um conjunto de contornos extraídos da imagem. Como resultado, cada um dos pixels em uma mesma região é similar com referência a alguma característica ou propriedade computacional, tais como cor, intensidade, textura ou continuidade. Entende-se por região um conjunto de pixels contíguos, que se espalham bidirecionalmente e apresentam uniformidade (CENTENO, 2004).

Sistemas de interpretação de imagens baseados em Análise Orientada a Objeto (AOO) são aqueles que dispõem de funcionalidades de representação

do conhecimento humano baseadas nos princípios e conceitos da AOO (WITLOX, 2005). A interpretação de uma imagem nestes sistemas envolve três pilares básicos: a estruturação das relações semânticas e de herança de atributos entre as classes, dada pela rede semântica e pela rede hierárquica respectivamente, a geração de elementos de análise, os chamados objetos, geralmente gerados por um processo de segmentação e a descrição das classes quanto a atributos, limiares, funções de pertinência *fuzzy* e regras de agregação dos valores de pertinência (BENZ et al., 2004).

A geração de objetos se refere ao procedimento de segmentação que consiste na obtenção das unidades elementares de análise. Sendo os segmentos polígonos, atributos não só espectrais que consideram estatísticas descritivas dos números digitais dos pixels de um objeto, mas também atributos de textura, de forma e de relações topológicas podem ser explorados na descrição das classes. Opcionalmente e/ou em complementação a segmentação, os objetos também podem ser gerados pela importação de dados de um SIG.

A segmentação consistiu na geração de objetos na imagem, ou seja, polígonos, que foram tidos como os elementos primitivos de toda a análise. Foi a partir dos atributos e da manipulação destes elementos de análise que o modelo de classificação atribuiu conceitos (classes) às áreas da imagem.

Para que os objetos de imagem fossem os mais representativos possíveis dos objetos do mundo real, a etapa de segmentação consistiu em um processo iterativo de avaliação dos segmentos e calibração de parâmetros.

O processo de segmentação de imagens tem por objetivo fragmentar uma região, em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas como, por exemplo, o nível de cinza dos pixels, textura e contraste (Woodcock et al.1994).

Segundo Woodcock & Harward (1994), o objetivo da segmentação em sensoriamento remoto é definir regiões na imagem, correspondendo a objetos na superfície terrestre. Para Khodja et al. (1995), a segmentação é um processo com objetivo de reagrupar regiões possuidoras de uma mesma propriedade. Entende-se por região, um conjunto de pixels contíguos, espalhados bidirecionalmente e apresentando uniformidade (INPE, 1996).

Existem diversos tipos de segmentação, dentre elas podemos destacar: por limiar ou threshold, watershed, detecção de bordas, crescimento de regiões, etc.. Na presente pesquisa vamos estudar o método por crescimento de regiões, utilizado pelos sistemas SPRING e o método proposto por Baatz.

De acordo com os estudos analisados e do ponto de vista computacional, este tipo de segmentação vem produzindo os melhores resultados, em se tratando de imagens digitais provenientes de sensores remotos sendo utilizadas para análises ambientais. (FREITAS, 2011)

O processo de segmentação prepara as imagens de satélite para uma futura classificação temática, onde os elementos analisados e utilizados na classificação serão as regiões resultantes da aplicação do segmentador, utilizado na definição do espaço de atributo da classificação (VENTURIERI e SANTOS, 1998).

A Segmentação na atualidade é cada vez mais usada para posterior classificação das imagens, ela permite uma melhor análise das imagens e faz com que a delimitação de fronteiras seja realizada de maneira mais precisa.

O funcionamento computacional da segmentação por regiões começa com a atribuição automática do tamanho de um pixel para cada região, em seguida, essas regiões iniciais “crescem” através da aglutinação das regiões adjacentes que possuam diferenças de tons de cinza menores que o limite definido para o parâmetro similaridade, essa etapa é baseada na menor distância Euclidiana entre as médias dos tons de cinza das regiões envolvidas no processo, após essa fragmentação inicial, as regiões que possuem o número de pixels menor ou igual ao valor definido para o parâmetro área, são agregadas às regiões adjacentes cujas características sejam mais próximas, independente da similaridade definida inicialmente. Fica clara, nesse momento, a importância que a correta definição desses parâmetros possui no quesito qualidade da classificação final.

Sendo 256 o número de tons de cinza passíveis de representação em uma imagem de 8bits (28), é sabido que o intervalo de similaridade tem que variar de 1 a 256, sendo que o valor de 256 é o limite máximo de aceitação, onde qualquer dupla de pixels, por mais distintos que possam ser, serão agrupados, gerando um polígono único, independente do valor definido para o parâmetro área. Este, por sua vez, pode variar de 1 até o número total de

pixels da imagem, sendo esse valor utilizado para definir o tamanho da área do menor segmento individualizado pelo processo, ou seja, toda região que contenha o número de pixels igual ou menor que o estipulado no parâmetro área será obrigatoriamente agrupada à uma outra região adjacente mais semelhante (CRUZ, 2008).

2.4 Classificação de Imagens

A classificação de imagens pode ser dividida em Classificação não Supervisionada e Classificação Supervisionada.

A classificação não supervisionada baseia-se no processo automático de identificação de dados dentro de um conjunto de dados. Um espaço de atributos pode conter vários agrupamentos (clusters), os quais são caracterizados por regiões de alta densidade de curvas de contorno. Na classificação não-supervisionada os clusters são identificados e usados como áreas de treinamento. Há a realização de uma análise de agrupamento, os clusters são identificados e é decidido quais concentrações devem ser tratadas como grupos separados.

A classificação supervisionada (com o auxílio do intérprete visual) de imagens é um processo preponderante para os estudos ambientais, pois é através dela que se diferenciam as classes temáticas de uso da Terra e cobertura vegetal, para a posterior execução do zoneamento ambiental.

Uma área da imagem que é identificada como a representação de uma das classes escolhida é denominada de amostra de treinamento, mais de uma amostra podem ser definidas para uma mesma classe com o objetivo de garantir que aquele pixel realmente representa aquela classe. Os pixels dentro de uma amostra são o conjunto de treinamento da classe (CRÓSTA, 1992).

O conjunto de treinamento em cada uma das bandas espectrais são comparados com os pixels da imagem para identificar a qual classe eles pertencem, este processo é denominado classificação supervisionada. (FREITAS, 2011).

Os métodos de classificação digital podem ser divididos em duas categorias, segundo o grau de participação do analista no processo de definição das classes: classificação supervisionada e não supervisionada. Na

primeira, o usuário contribui diretamente com seu conhecimento a respeito da área para definir as classes de interesse. Assim, ele identifica na imagem áreas onde as classes aparecem puras e informa isto ao computador (seleção de amostras), que a partir dos valores correspondentes a estas regiões, calcula parâmetros estatísticos para cada classe (média e variância, por exemplo). Já na segunda, o analista não participa da seleção dos grupos (classes), pois esta tarefa é deixada ao computador. Os algoritmos utilizados analisam o conjunto de dados disponíveis e nele identificam as classes mais freqüentes. Cabe, então, ao usuário apenas determinar o número de classes que se deseja obter (CENTENO, 2004).

As imagens podem ser: imagem binária (bitmap), onde os pixels são bits; imagens em Tons de Cinza, onde os pixels são escalares e tipicamente 8 bits (0..255) ou imagens Coloridas, onde os pixels são vetores.

A classificação de imagens é o processo que envolve o processamento computacional da imagem visando aglomerar blocos de pixels que possuam dados com informações semelhantes, sendo que o nível de semelhança depende da escolha do método classificador (modelo matemático), podendo o mesmo ser ainda matematicamente ajustado pelo usuário através dos parâmetros próprios de cada método, sendo neste artigo tratado somente o limiar de aceitação, que é um parâmetro comum à maioria dos métodos disponíveis no SPRING.

O conceito do parâmetro limiar de aceitação é extremamente importante para a correta qualificação do resultado final do processo de classificação. É possível defini-lo como sendo o percentual, de uma distância ou da quantidade de pixels, que será utilizado para refinar a classificação através da rejeição de dados discrepantes, ou melhor, com baixa probabilidade de pertencer ao conjunto desejado (CRUZ, 2008).

Quando o limiar de aceitação é baixo, mais itens são desconsiderados e deixam de ser classificados, ao contrário, um limiar de 100% não descarta nenhuma informação por mais duvidosa que possa ser (CRUZ, 2008).

Normalmente o intervalo de aceitação varia de 75% a 99.9% de uma distribuição normal de probabilidade para um segmento/pixel pertencer a uma determinada classe.

O método classificador Bhattacharya se enquadra no tipo de classificação supervisionada, visto que o usuário participa ativamente do processo de classificação. Cabe ao analista adotar classes temáticas que serão pré-estabelecidas através da etapa de coleta de amostras ou de treinamento. A partir desta etapa, é realizada a classificação de acordo com o método estatístico de Bhattacharya que se utiliza das amostras coletadas para estimar a função densidade de probabilidade das classes apontadas no treinamento. Em seguida, avalia, em cada região, a distância de Bhattacharya entre as classes para se chegar a classificação propriamente dita (MOREIRA, 2001).

O método classificador Bhattacharya Distance, método usado para a classificação de imagens supervisionadas por região nesta pesquisa, mede a distância ou separabilidade média entre as distribuições de probabilidade das classes espectrais para agrupar regiões.

O Algoritmo utiliza a distância de *Bhattacharya* para medir a separabilidade estatística entre cada par de classe espectral. A separabilidade é calculada através da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

Esse método é baseado no índice de probabilidade das classes desejadas. Sempre trabalhando com um par de classes de cada vez, o método depende diretamente do treinamento supervisionado para organizar os segmentos de acordo com a menor distância de Bhattacharya encontrada com determinada classe, associando-o à mesma.

2.5 Lógica Fuzzy

Lógica Fuzzy é baseada na teoria dos Conjuntos Fuzzy, tradicionalmente, uma proposição lógica tem dois extremos: ou é completamente verdadeiro ou é completamente falso. Entretanto, na lógica Fuzzy, uma premissa varia em grau de verdade de 0 a 1, o que leva a ser parcialmente verdadeira ou parcialmente falsa. O controle executado pela lógica Fuzzy imita um comportamento baseado em regras ao invés de um controle explicitamente restrito a modelos matemáticos como equações diferenciais. O objetivo da lógica Fuzzy é gerar

uma saída lógica a partir de um conjunto de entradas não precisas, com ruídos ou até mesmo faltantes (BAPTISTA, 2009).

A lógica ocidental tem sido binária, isto é, uma declaração é falsa ou verdadeira, não podendo ser ao mesmo tempo parcialmente verdadeira e parcialmente falsa. Esta suposição e a lei da não contradição cobrem todas as possibilidades, formam a base do Pensamento Lógico Ocidental.

A Lógica Fuzzy (Lógica Nebulosa) viola estas suposições. Um sim ou um não como resposta a estas questões é, na maioria das vezes, incompleta.

Na verdade, entre a certeza de ser e a certeza de não ser, existem infinitos graus de incerteza. Esta imperfeição intrínseca à informação representada numa linguagem natural tem sido tratada matematicamente no passado com o uso da teoria das probabilidades. Contudo, a Lógica Fuzzy (Nebulosa), com base na teoria dos Conjuntos Fuzzy (Nebulosos), tem se mostrado mais adequada para tratar imperfeições da informação do que a teoria das probabilidades (BAPTISTA, 2009).

A Lógica Fuzzy encontra-se entre as técnicas mais recentes de Inteligência Artificial, também conhecida como Conjuntos Fuzzy. Consiste em aproximar a decisão computacional da decisão humana, tornando as máquinas mais capacitadas a seu trabalho. Isto é feito de forma que a decisão de uma máquina não se resume apenas a um "sim" ou um "não", mas também tenha decisões "abstratas", do tipo "um pouco mais", "talvez sim", e outras tantas variáveis que representem as decisões humanas. É um modo de interligar inerentemente processos analógicos que deslocam-se através de uma faixa contínua para um computador digital que podem ver coisas com valores numéricos bem definidos (valores discretos). (PEREIRA, 2011)

Uma das principais potencialidades da Lógica Fuzzy, quando comparada com outros esquemas que tratam com dados imprecisos como redes neurais, é que suas bases de conhecimento, as quais estão no formato de regras de produção, são fáceis de examinar e entender. Este formato de regra também torna fácil a manutenção e a atualização da base de conhecimento. (FREITAS, 2011)

2.6 Lógica Fuzzy para Classificação de Imagens

FUZZY são conjuntos ou classes “sem limites rígidos”, isto é a transição entre membros e não membros de uma localização, no conjunto, é gradual. Um conjunto fuzzy é caracterizado por uma possibilidade que varia de zero a um, indicando um aumento contínuo de não membro a membro completo.

FUZZY avalia a possibilidade de cada pixel pertencer a um conjunto fuzzy pela estimativa de qualquer uma das séries de membros do conjunto fuzzy. As funções Sigmoidal², J³ e Linear⁴ são controladas por 4 pontos ordenados do mais baixo ao mais alto na escala de medida. O primeiro ponto identifica a localização onde a função começa a subir acima de zero. O segundo ponto indica onde alcança um. O terceiro ponto indica a localização onde a função começa a cair abaixo de um; o quarto ponto marca a localização onde retorna a zero. Pontos podem ser duplicados para criar funções monotônicas ou simétricas (BAPTISTA, 2009).

A função definida pelo usuário requer pontos de controle de input e seus conjuntos fuzzy correspondentes. Estes pares servem para definir a forma da curva de conjuntos fuzzy. A saída pode ser escalada de zero a um ou de zero a 255. A baixa adequabilidade em um fator para uma dada localização pode ser compensada pela alta adequabilidade em qualquer outro fator. Como a compensação de cada um será determinada por um conjunto de fatores ponderados que indica a importância relativa de cada um, esse processo de agregação mantém a análise longe da aversão extrema ao risco, da operação booleana⁵.

Os fatores não são apenas reclassificados em zero e um, mas são reescalados para uma variação particular segundo uma função. Para usar fatores

² A função Sigmoidal é a função mais usada na teoria de conjuntos fuzzy. É produzida usando uma função cosseno. A operação, FUZZY, requer as posições (ao longo do eixo X) de 4 pontos que indicam a forma da curva. Elas são indicadas como os pontos a, b, c e d e representam os pontos de inflexão da curva.

³ Na função J, os pontos a e d indicam a posição onde a função é 0,5 (uma vez que está acima de zero em a, ou cai abaixo de 1 em d). Isto ocorre porque a função J é assintótica a zero, mas nunca alcança esse valor.

⁴ Esta função é muito usada em dispositivos eletrônicos, em parte devido a sua simplicidade, mas também devido a necessidade de monitorar a saída de sensores essencialmente lineares.

⁵As imagens booleanas (também chamadas binárias ou lógicas) contém somente valores de 0 (zero) e 1 (um). Em uma imagem booleana, o valor 0 indica um pixel que não reúne a condição desejada, enquanto o valor 1 indica um pixel que possui a condição. Usando os valores 0 e 1, podem ser executadas operações lógicas entre múltiplas imagens.

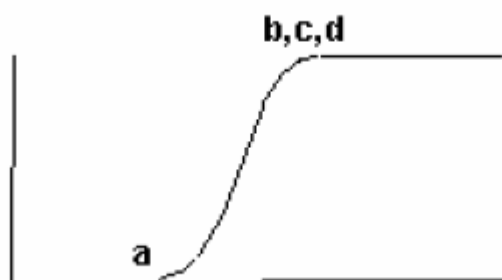
fuzzy com MCE⁶ (multi-criteria evaluation ou análise multi-critério), os fatores padronizados em nível de byte, variando de 0 a 255. A variação de zero a 255 fornece a máxima diferenciação possível com dados tipo byte.

As funções Sigmoidal, J e Linear são controladas por quatro pontos ordenados, do mais baixo ao mais alto na escala da medida. O primeiro ponto marca a posição onde a função começa a subir acima de zero. O segundo indica onde alcança 1. O terceiro indica a localização onde a função começa a cair novamente abaixo de 1. O quarto ponto indica a localização onde retorna a zero. Os pontos podem ser duplicados para criar funções monotônicas ou simétricas. A função definida pelo usuário requer pontos de controle de input e seus conjuntos fuzzy correspondentes. A saída pode ser escalada de zero a um ou de zero a 255 (BAPTISTA, 2009).

O primeiro passo, na utilização do módulo fuzzy, é a especificação do tipo de função a ser utilizada: Sigmoidal, J, Linear ou definida pelo usuário. Devem ser atribuídos os nomes das imagens de entrada e de saída.

Escolher, da lista, os dados de saída: Real (de zero a 1,0) ou byte (de zero a 255). O formato byte é necessário quando se utilizam os módulos MCE e RANK⁷.

Para as funções Sigmoidal, J, Linear, deve-se indicar o tipo de curva: monotônica crescente (FIGURA 18), monotônica decrescente (FIGURA 19), ou simétrica (FIGURA 20).



⁶ A avaliação por critérios múltiplos (MULTI CRITERIA EVALUATION – MCE) é usada para avaliar e agregar muitos critérios.

⁷ RANK é aplicado na tomada de decisões. Esse módulo determina um número específico das melhores e piores células, ordenando-as e reclassificando-as. O módulo RANK ordena as células em uma imagem byte binária em ordem crescente ou decrescente.

Figura 18 : Função Fuzzy – Monotônica Crescente

Fonte: BAPTISTA, 2010

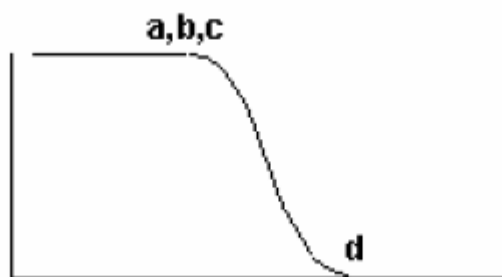


FIGURA 19: Função Fuzzy - MONOTONICA DECRESCENTE

Fonte: BAPTISTA, 2010

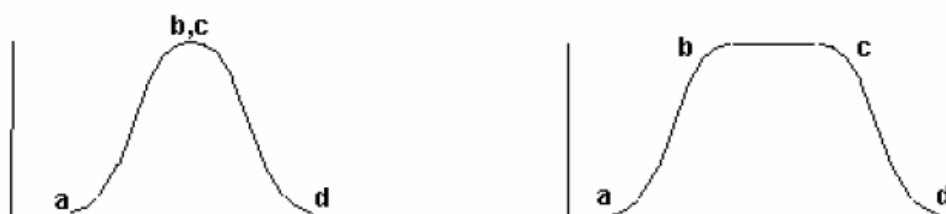


FIGURA 20: Função Fuzzy – SIMÉTRICA

Fonte: BAPTISTA, 2010

Para as funções Sigmoidal, e J, são necessários somente dois pontos de controle para determinar a forma da curva fuzzy. Se a função Simétrica é a selecionada, entrar com os valores dos quatro pontos de controle (BAPTISTA, 2010).

Para uma função definida pelo usuário, deve ser indicada a função, o tipo de curva e os pontos de controle correspondentes.

Quando forem escolhidas as curvas monotônica crescente ou decrescente, são necessários dois pontos de controle para definir a função membro do conjunto fuzzy. No primeiro caso, são os pontos a e b, e no segundo caso, os pontos c e d.

Quando é utilizada a curva simétrica são necessários os quatro pontos de controle, introduzidos em ordem: a, b, c, e d. Quando se usa a linha de

comando FUZZY, deve-se necessariamente introduzir quatro pontos de controle para cada uma das curvas (RAMOS, 2010).

Para a função monotônica crescente, repetir o ponto de controle b de modo que os quatro pontos estejam ordenados "ponto a, ponto b, ponto b, ponto b" . Para a função monotônica decrescente, repetir o ponto de controle c de modo que os quatro pontos estejam ordenados "ponto c, ponto c, ponto c, ponto d".

Quando a curva simétrica está selecionada, e se os pontos b e c forem idênticos, a função cairá imediatamente depois de alcançar um valor de 1. Na função J , os pontos a e d indicam a posição onde a função é 0,5 (uma vez que está acima de zero em a, ou cai abaixo de 1 em d). Isto ocorre porque a função J é assintótica a zero, mas nunca alcança esse valor (RAMOS, 2010).

3 METODOLOGIA

As imagens de satélite ALOS, IKONOS e as ortofotos foram mosaicadas, agrupadas por áreas de interesse, com o objetivo de contemplarem todo o recorte espacial da presente pesquisa. Posterior a isso foi realizado um projeto para cada uma dessas imagens, nos sistemas ArcGis e SPRING.

Essas imagens foram transformadas em arquivos matriciais para que pudessem ser trabalhadas nesses sistemas.

Os arquivos digitais com o recorte da Estrada Abraão-Dois Rios e entorno do Parque Estadual da Ilha Grande foram ajustados para que pudessem compor as imagens ALOS, IKONOS e as ortofotografias. A partir desses limites fez-se as máscaras (polígonos) do eixo da estrada bem como as suas áreas de influência para que os mesmos pudessem ser posteriormente classificados automaticamente nos sistemas.

Após a criação desses projetos dentro de cada um dos sistemas, as imagens foram processadas. Inicialmente as imagens ALOS, IKONOS e as ortofotografias foram classificadas, de forma supervisionada, por pixel, através de dois tipos de classificadores, gerando dois produtos para cada uma das imagens, ou seja, gerando seis produtos, seis mapas de classificação por pixel.

Em seguidas as imagens foram classificadas, também de forma supervisionada, por regiões, para isso foi necessária a realização do processo de segmentação de cada uma das imagens. O processo de segmentação gerou três produtos, três mapas segmentados.

Após a segmentação foi processada a classificação utilizando o classificador Bhattacharya, esta classificação gerou também três produtos, três mapas de classificação por regiões, um para cada um das imagens.

Com os resultados obtidos através da classificação por regiões, os produtos foram transformados em arquivos vetoriais e trabalhados no sistema IDRISI Andes para que pudesse ser processada a lógica fuzzy.

A lógica fuzzy foi processada adotando-se como critério a função sigmoidal, função usada para análises de uso da Terra e decrescente, considerando que quanto mais alto maior a possibilidade de ocorrências de movimentos de massa.

Neste processo inicialmente foi rodado o classificador fuzzy para as imagens classificadas ALOS e IKONOS.

O resultado da classificação fuzzy então foi processado com a imagem classificada das ortofotografias, gerando um produto, denominado de cenário

futuro, uma vez que o mapa gerado classificou a imagem de acordo com a maior incidência de classificação nos mapas inseridos.

O mapa do cenário futuro contemplou as áreas de compatibilidade entre os três mapas gerados após as classificações, ou seja, demonstrou as ocorrências comuns nos três mapas e as intensificou de acordo com as áreas com incidência mais recorrente.

Além disso foram inseridos nos projetos criados, arquivos vetoriais, contemplando avaliações de uso da Terra no local. Foram inseridos ainda arquivos vetoriais da estrada (objeto de estudo da pesquisa) e dos pontos de movimentos de massa coletados em campo.

Gerando assim quatro outros produtos, um mapa de uso da Terra, gerado através dos arquivos vetoriais, um mapa da estrada Abraão-Dois Rios, um mapa da estrada com os pontos de movimentos de massa e um mapa da estrada com os pontos de movimentos de mapa e seus respectivos registros fotográficos.

O fluxograma a seguir demonstra as etapas realizadas durante o estudo, até a geração do produto final.

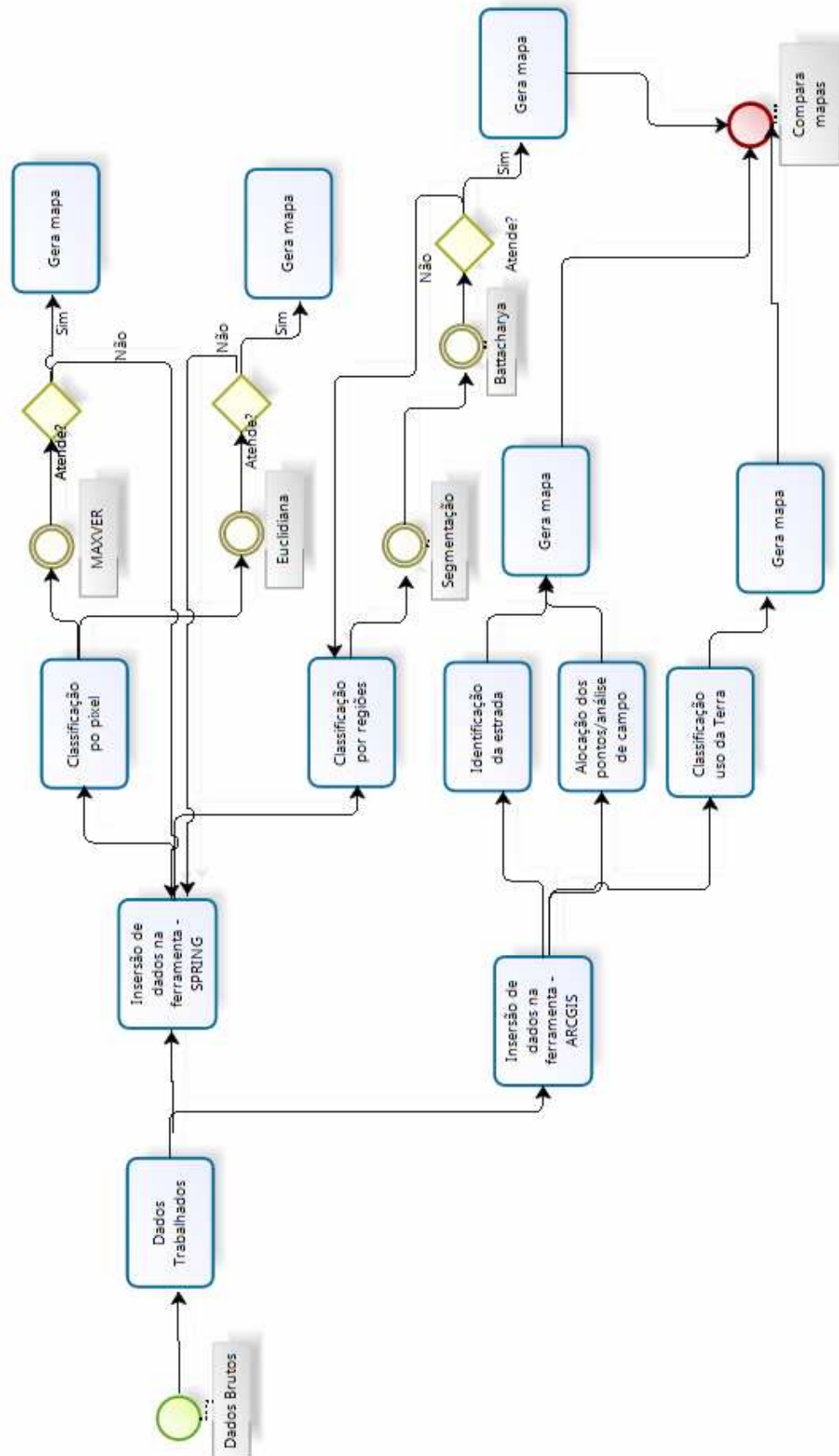


Figura 21: Fluxograma de Metodologia
 Fonte: MARQUES MONTEIRO, 2012

3.1 Material

São objetos de análise: as imagens do satélite japonês ALOS (Advanced Land Observing Satellite), ano 2000 (IBGE), resolução espacial de 10m e disponibilizadas pela UERJ; as ortofotografias digitais, ano 2006 (IBGE), resolução espacial de 4m e disponibilizadas pela UERJ e; o mosaico de imagens fusionadas de satélite IKONOS II, ano 2003, resolução espacial de 4m e disponibilizadas pela UERJ.

Foram utilizados: os arquivos vetoriais no formato *shapefile* do Uso da Terra da Ilha Grande, ano 2010 (INEA); um computador com Processador Core 2 Quad CPUQ 6600 2.40 GHz, 2.00 Gb RAM e; um Receptor GPS Garmin disponibilizado pela UERJ.

Os programas de processamento de imagens são: IDRISI/ Clark University, versão ANDES 15.00; SPRING versão 5.1.7 e; o Sistema ArcGIS 9.3.

3.2 Métodos

3.2.1 Imagens Processadas

A imagem ALOS é uma imagem multiespectral, colorida de 10 m de resolução, área recoberta de 70 por 70 Km, completa, 8 bits, formato Geotiff, composição 321 em RGB e bandas isoladas (Red, Green, Blue e Nir). O satélite ALOS possui as seguintes características (Quadro 2):

Altitude	691.65 km (acima do Equador)
Inclinação	98.16 graus
Velocidade	240 Mbps (por DRTS, Data Relay Test Satellite) 120 Mbps (Transmissão Direta a Estação)
Sentido da Órbita	Sincronizada com o Sol, sub recorrente
Duração da Órbita	2 dias
Tipo de Órbita	Sol-síncrona
Resolução Espacial	10 m
Bandas espectrais	4 (Azul, Verde, Vermelho, Infra Vermelho) 1: 0.42-0.50 microns 2: 0.52-0.60 microns 3: 0.61-0.69 microns 4: 0.76-0.89 microns
Imageamento	70 km
Características	Se destina principalmente a observação de terras continentais e áreas litorâneas. Para recobrimento de Municípios, Estados e Países. Tem 4 bandas espectrais (B-G-R-IR)
Utilização	Indicado para todas as aplicações temáticas que dizem respeito ao meio ambiente, vegetação, agricultura, recursos renováveis e não renováveis. Muito polivalente, podendo ser visualizado em cores verdadeiras(3-2-1 em R-G-B) ou falsas cores (4-3-2 em RGB) ou cores naturais simuladas (3-4-2 em R-G-B).

Quadro 2: Características satélite ALOS

Fonte: MARQUES MONTEIRO, 2012

As imagens do satélite IKONOS II possuem 1 m de resolução, imagens multiespectrais coloridas de 4 m de resolução, para a geração de imagens coloridas com 1m de resolução. Imagens com profundidade radiométrica de 11 bits (2048 níveis de cinza) aumentando o poder de contraste e de

discriminação das imagens, inclusive nas áreas de sombra. O satélite IKONOS possui as seguintes características (Quadro 3).

Altitude	680 km
Inclinação	98,1°
Velocidade	7km / s
Sentido da Órbita	Descendente
Duração da Órbita	98 minutos
Tipo de Órbita	Sol-síncrona
Resolução Espacial	Pancromática: 1m / Multiespectral: 4m
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 Infra vermelho próximo 0.76 - 0.90 μ
Imageamento	13km 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 a 1m de resolução <i>Esses valores valem para latitude de +/- 40°. A frequência de revisita para latitudes maiores</i>

Quadro 3: Características satélite IKONOS II

Fonte: MARQUES MONTEIRO, 2012

As Ortofotos são as fotografias obtida após correção das deformações presentes na fotografia aérea, em geral decorrentes da projeção cônica da fotografia. Essa projeção dá à foto um aspecto distorcido, como se a imagem tivesse sido arrastada do centro para as bordas da foto e das variações do relevo, que resultam em variação na escala dos objetos fotografados. Geometricamente, as ortofotos equivalem ao mapa de traço, todos os pontos se apresentam na mesma escala, podendo seus elementos serem medidos e vetorizados com precisão. É possível medir distâncias, posições, ângulos e áreas, como num mapa qualquer (MUNDOGEO, 2011).

As imagens possuem diferentes propriedades e usos. As ortofotos são luz visível, enquanto as imagens ALOS e IKONOS possuem infravermelho. Para efeito de comparações não é possível garantir a rigidez e o rigor nos resultados das segmentações e das classificações, uma vez que as imagens possuem propriedades e características distintas. O registro digital nos pixels

nas ortofotos não foi feito com o mesmo ganho como quando usado o infravermelho (imagens ALOS e IKONOS), principalmente em se tratando de vegetação.

Apesar de não haver ganho de interpretação nos resultados (infravermelho), as ortofotografias foram processadas, por apresentarem uma resolução similar as imagens ALOS e IKONOS, além disso após o processamento os resultados geraram mapas com as mesmas características o que levou a validação do processamento das ortofotografias.

3.2.2 Processamento Digital de Imagens

As classificações de imagens supervisionadas podem ser divididas em: classificação de imagem por pixel ou por regiões.

Na classificação de dados digitais por pixel, os alvos do mundo real recebem denominações de classes temáticas, procurando-se rotular cada pixel da imagem segundo o uso da Terra, semelhante ao que se faz durante a interpretação visual. Na classificação supervisionada por região, são consideradas as características dos pixels vizinhos para formação das áreas com similaridade, ou seja, não é considerado somente o pixel do local determinado durante o método de supervisão (seleção das amostras para treinamento do sistema), mas também os pixels vizinhos a ele, configurando uma região de pixels com a mesma similaridade.

A tentativa que se faz é de relativizar a subjetividade humana na análise da paisagem por métodos estatísticos e agilizando resultados. Com a classificação digital, a rotulação dos valores dos níveis de cinza é realizada utilizando algoritmos estatísticos (expressos em programas computacionais) de reconhecimento de padrões espectrais similares, onde o analista pode ter maior ou menor intervenção durante os procedimentos e sobre os resultados de classificação obtidos via computador.

Dentre os classificadores disponíveis, eles podem ser: não supervisionados, que são automáticos e sem interação entre o usuário e o sistema; supervisionados, quando o analista fornece informações de

treinamento ao computador, quando há conhecimento prévio da área. Os classificadores também são divididos em: '*pixel a pixel*', considerando-se apenas a informação do nível de cinza de cada *pixel*; ou por regiões, onde se considera o agrupamento de pixels com níveis similares.

Inicialmente as imagens ALOS, IKONOS e ORTOFOTOS foram trabalhadas com dois classificadores por *pixels* e supervisionados: Máxima Verossimilhança e Distância Euclidiana. O primeiro requer um espaço amostral mais elevado (centenas de *pixels*) e aplica um método mais sofisticado. O segundo é mais simples, considerando somente a distância do valor de *pixel* ao espaço amostral das classes.

Na classificação supervisionada por região são consideradas as características dos pixels vizinhos para formação das áreas com similaridade, ou seja, não é considerado somente o pixel do local determinado durante o método de supervisão (seleção das amostras para treinamento do sistema), mas também os pixels vizinhos a ele, configurando uma região de pixels com a mesma similaridade.

Nas três imagens foram trabalhadas categorias de uso da Terra e as classes criadas foram: cobertura vegetal, cobertura não vegetal (áreas construídas, estrada e praia) e água.

3.2.3 Trabalho de Campo

Os trabalhos de campo, seja para fins cartográficos ou para o levantamento e/ou monitoramento dos recursos terrestres, sempre foram uma das etapas mais dispendiosas no processo de mapeamento. As campanhas de campo foram realizadas na Estrada Abraão - Dois Rios, Ilha Grande e o CEADS, localizado em Dois Rios foi utilizado como base logística e operacional.

Ao longo de todo o percurso da estrada os dados coletados referem-se aos pontos de movimentos de massa. Estes foram numerados, registrados por GPS e fotografados. Cada ponto coletado corresponde a uma descrição na ficha de campo (Quadro 4).

PONTO	X (° ' ")			Y (° ' ")			X	Y	Z altitude (m)	Observações
1										
2										
3										

Quadro 4: Preparação de campo

Fonte: MARQUES MONTEIRO, 2012

O trabalho de campo ocorreu no período entre 29/07/2011 e 01/08/2011 e contou com equipe de 10 pessoas (08 alunos e 02 professores) (Quadro 5). A primeira etapa foi realizar um breve reconhecimento da área de estudo para em seguida, proceder o campo cumprindo o objetivo inicial de identificar os locais com incidência de movimentos de massa. A planilha contém os dados necessários para gerar informações (transformadas em dados vetoriais) e inserir no sistema. A entrada de dados no sistema deu-se ainda em campo, onde um pequeno banco de dados foi montado para se dar início à análise.

Dias de Campo	Recurso	Atividades
1 dia	1 indivíduo + GPS + máquina fotográfica	Reconhecimento das Vilas do Abraão e Dois Rios
2 dia	10 indivíduos + GPS + máquina fotográfica	Reconhecimento (a pé) da Estrada Abrão – Dois Rios
3 dia	10 indivíduos + GPS + máquina fotográfica	Marcação das coordenadas e registros fotográficos dos pontos de movimentos de massa
4 dia	4 indivíduos	Discussão em grupo sobre as ocorrências de movimentos de massa na estrada, nos locais das ocorrências (revisita aos pontos de coleta de dados)

QUADRO 5: Principais atividades desenvolvidas em trabalhos de campo (2011)

Fonte: MARQUES MONTEIRO, 2012

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Conforme descrito no capítulo anterior a classificação de imagem pode ser processada de duas maneiras: utilizando os classificadores de forma supervisionada, ou seja, com a interferência do indivíduo, para a seleção das amostras de treinamento; ou utilizando os classificadores de forma não supervisionada, sem a interferência do indivíduo apenas de forma automática (Quadro 6). A segunda se aplica, normalmente, quando não há conhecimento prévio do local a ser classificado.

No caso dessa pesquisa, como havia o conhecimento prévio do local foram utilizados classificadores supervisionados.

A classificação supervisionada pode ser pixel a pixel, quando na seleção das amostras de treinamento são considerados apenas os pixel vizinhos, ou classificação por regiões, quando na seleção das amostras são consideradas a região a qual o pixel pertence. A classificação supervisionada por regiões é precedida de uma etapa de segmentação da imagem, onde são selecionadas as regiões.



Quadro 6: Classificação supervisionada de imagens
Fonte: MOREIRA, 2005.

4.1 Classificação por Pixel

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os Classificadores "pixel a pixel" utilizam apenas a informação espectral isoladamente de cada pixel para achar regiões homogêneas.

O resultado final de um processo de classificação é uma imagem digital que constitui um mapa de "pixels" classificados, representados por símbolos gráficos ou cores.

As técnicas de classificação multiespectral "pixel a pixel" mais comuns são: máxima verossimilhança e distância euclidiana.

O processo de classificação de imagem por pixel pode utilizar dois tipos de classificadores supervisionados. A classificação por máxima verossimilhança, ou classificação MaxVer, onde são selecionados os pixels de acordo com a máxima verossimilhança do pixel vizinho e a classificação pela distância euclidiana, onde considera-se a distância entre dois pixels.

MAXVER considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Para que a classificação por máxima verossimilhança seja precisa o suficiente, é necessário um número razoavelmente elevado de "pixels", para cada conjunto de treinamento. Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe do treinamento.

A distância euclidiana, por sua vez considera a aplicação da fórmula do teorema de Pitágoras como distância, o espaço euclidiano torna-se um espaço métrico, onde os pixels são agrupados de acordo com a distância entre eles.

Considerando as duas técnicas de classificação multiespectral pixel a pixel mais comuns, na presente pesquisa as imagens ALOS, IKONOS e as ortofotografias foram processadas no sistema SPRING considerando cada uma das técnicas.

Para que o processamento das imagens pudesse ser realizado foi criado um modelo de dados com cada uma das imagens (FIGURA 22) e criadas ainda as opções temáticas para as classificações (nesse caso foram criadas as classes temáticas: cobertura_vegetal; cobertura_nao_vegetal e água).

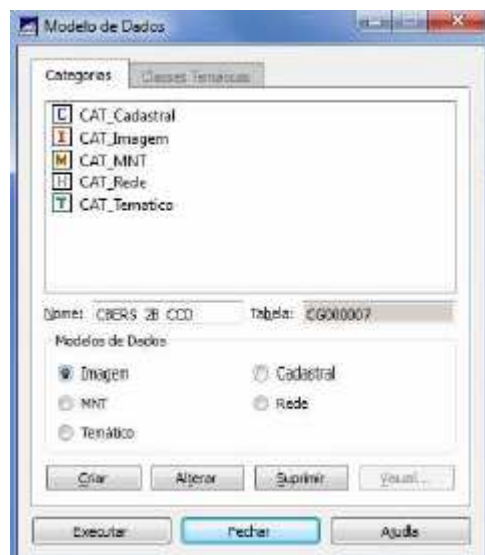


Figura 22: Gerência das categorias de dados

Posteriormente foi criada a classificação denominada de Classif_(nome da imagem)_MaxVer, para isso foram selecionadas as três bandas (RGB) e feita uma composição delas (FIGURA 23). Para criar o contexto de classificação foi selecionada a opção pixel.

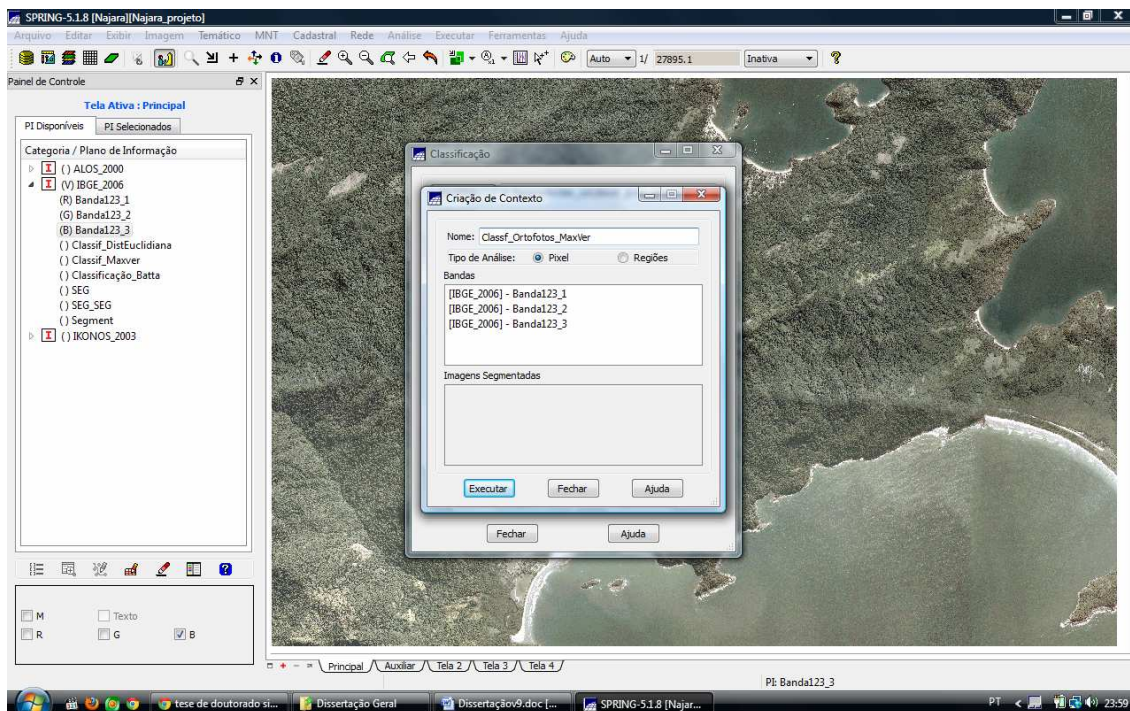


Figura 23: Criação de contexto

Em seguida foram criadas as amostras de treinamento, uma vez que trata-se de uma classificação supervisionada é necessário selecionar as amostras de treinamento (FIGURA 24). Para isso é necessário criar a classe, selecionar uma cor, selecionar o tipo aquisição e o contorno poligonal, assim foram coletadas na imagem amostras de cada uma das classes temáticas. Após a coleta das amostras do tipo aquisição é necessário coletar as amostras do tipo teste (FIGURA 25).

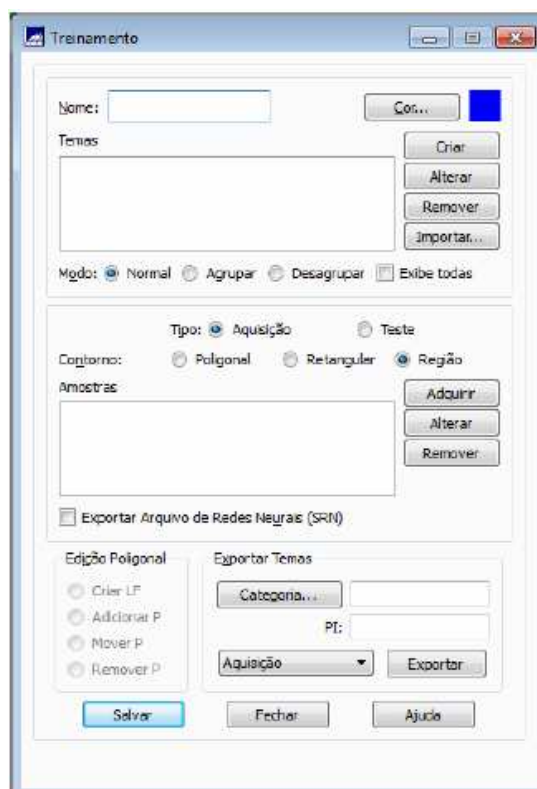


Figura 24: Treinamento para o classificador

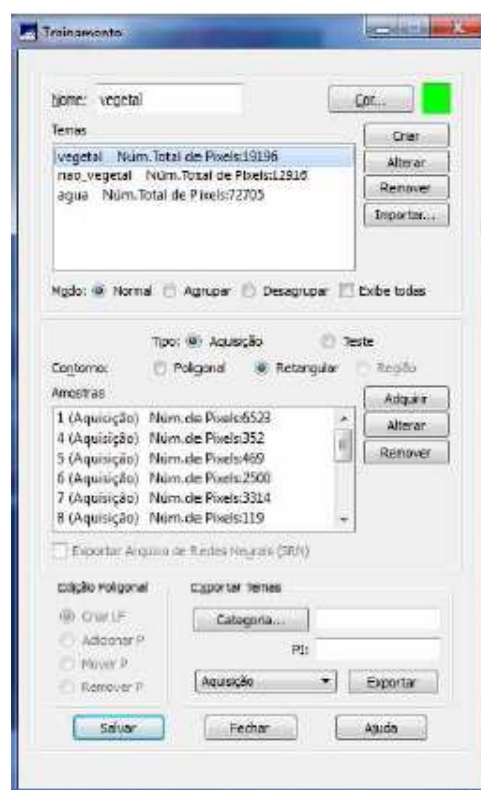


Figura 25: Temas e amostras adquiridas para a classificação

Na classificação da imagem é necessário selecionar o tipo do classificador (nesta pesquisa primeiramente foi selecionado o tipo MaxVer e posteriormente selecionado o tipo Distância Euclidiana), o limiar de aceitação selecionado foi 100% (FIGURA 26).



Figura 26: Janela de Classificação de Imagens

Após o processamento de análise das amostras pode-se verificar a matriz de confusão da amostra, que determina se a amostra selecionada foi classificada de maneira correta pelo classificador (FIGURA 27). Como as amostras haviam sido classificadas de maneira correta a classificação foi executada para cada uma das imagens (FIGURAS 28, 29, 30).

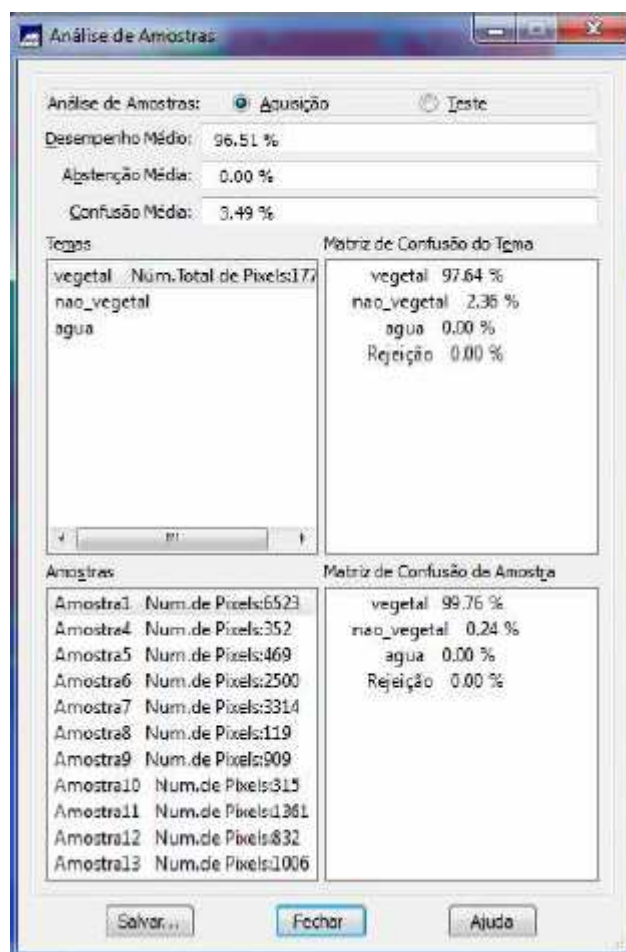


Figura 27: Janela de análise de desempenho de amostragem

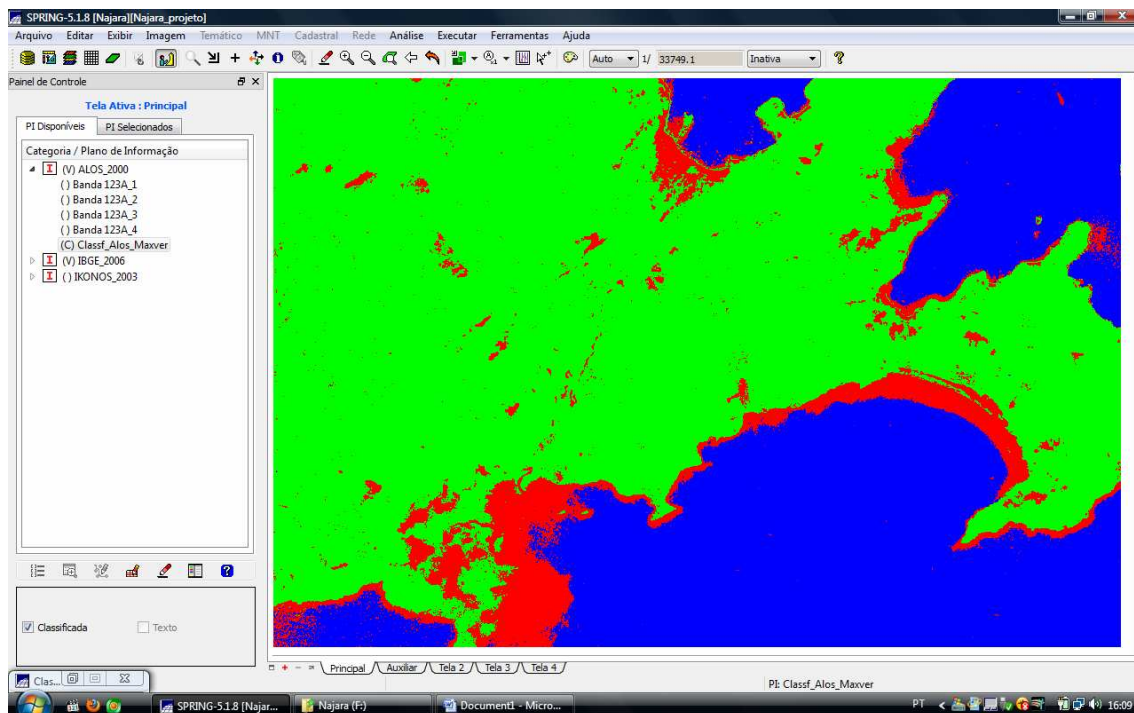


Figura 28: Classificação MaxVer – ALOS, 2000

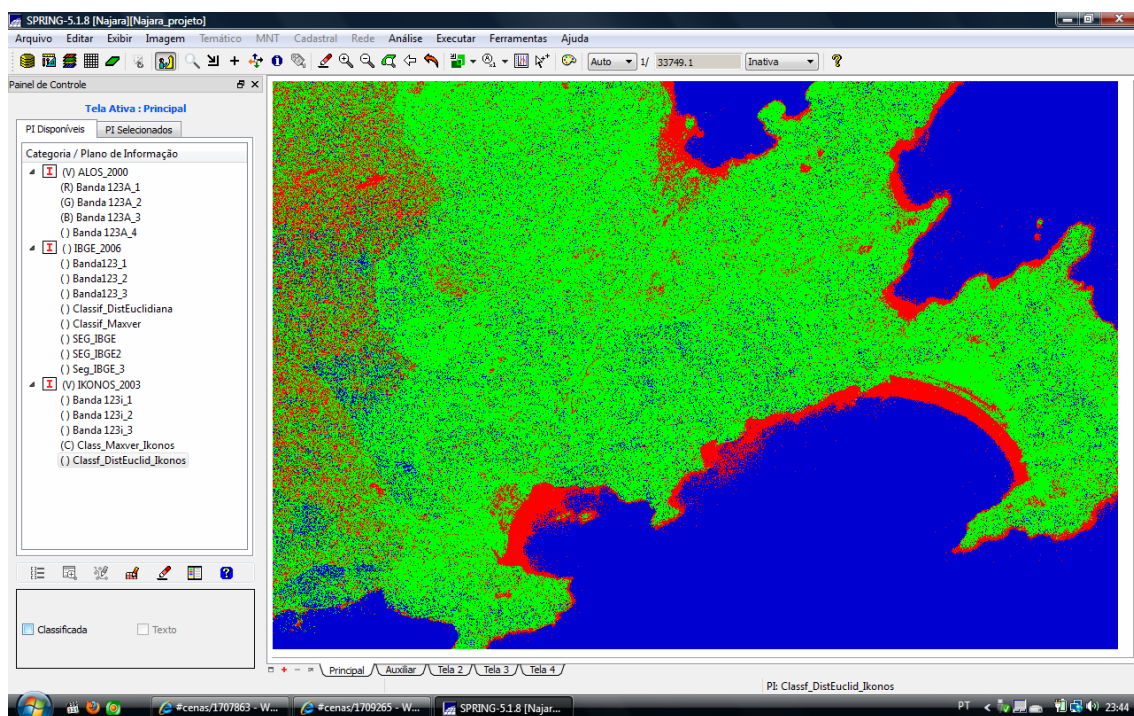


Figura 29: Classificação MaxVer – IKONOS, 2003

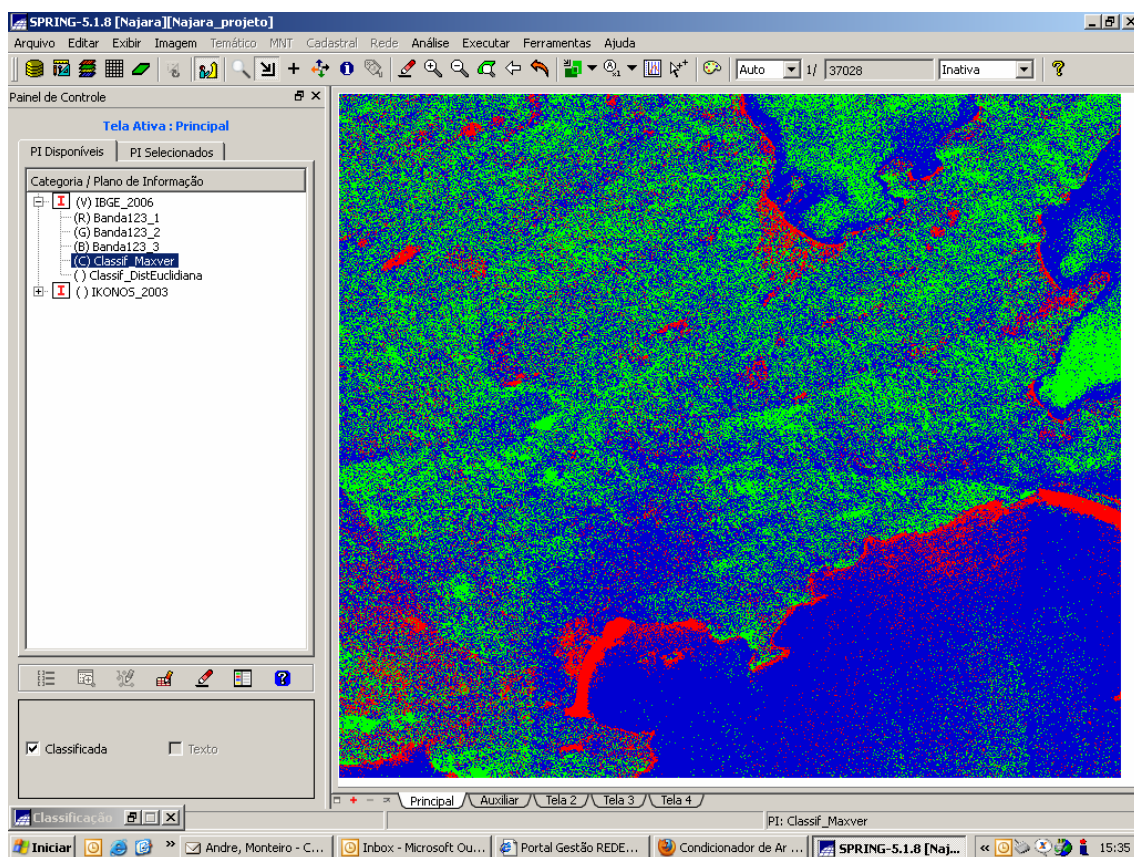


Figura 30: Classificação MaxVer – Ortofotografias, 2006

Posteriormente o classificador foi alterado para Distância Euclidiana e executada uma nova classificação para cada uma das imagens (FIGURAS 31,32,33).

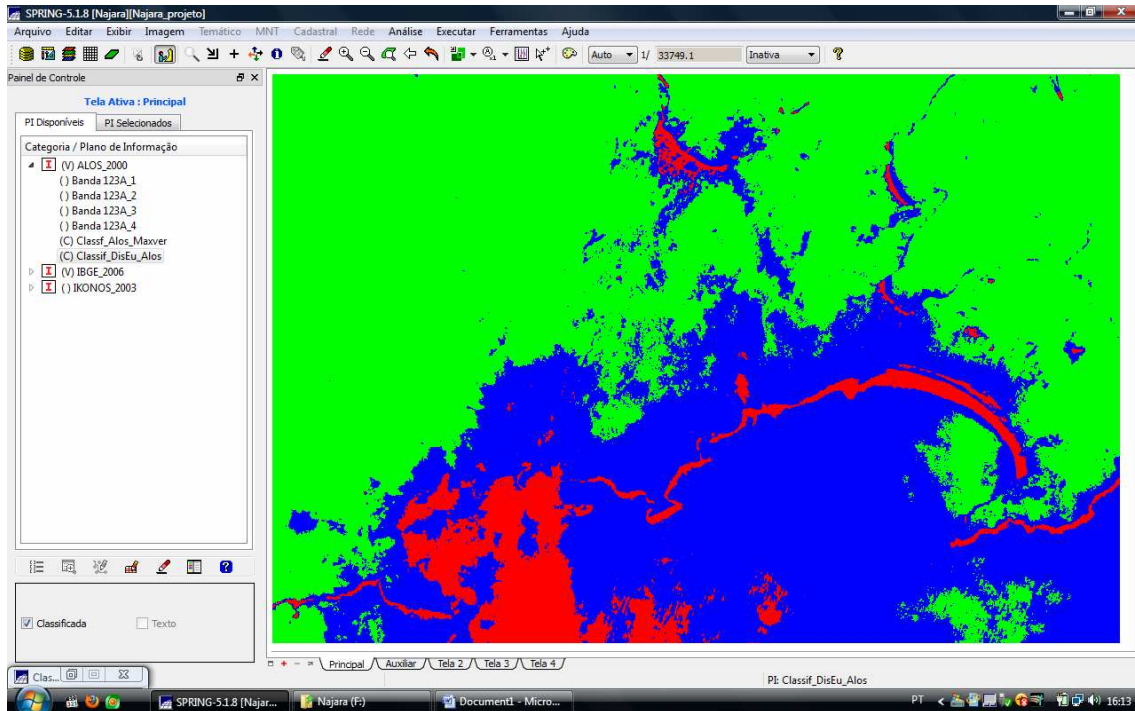


Figura 31: Classificação Distância Euclidiana – ALOS, 2000

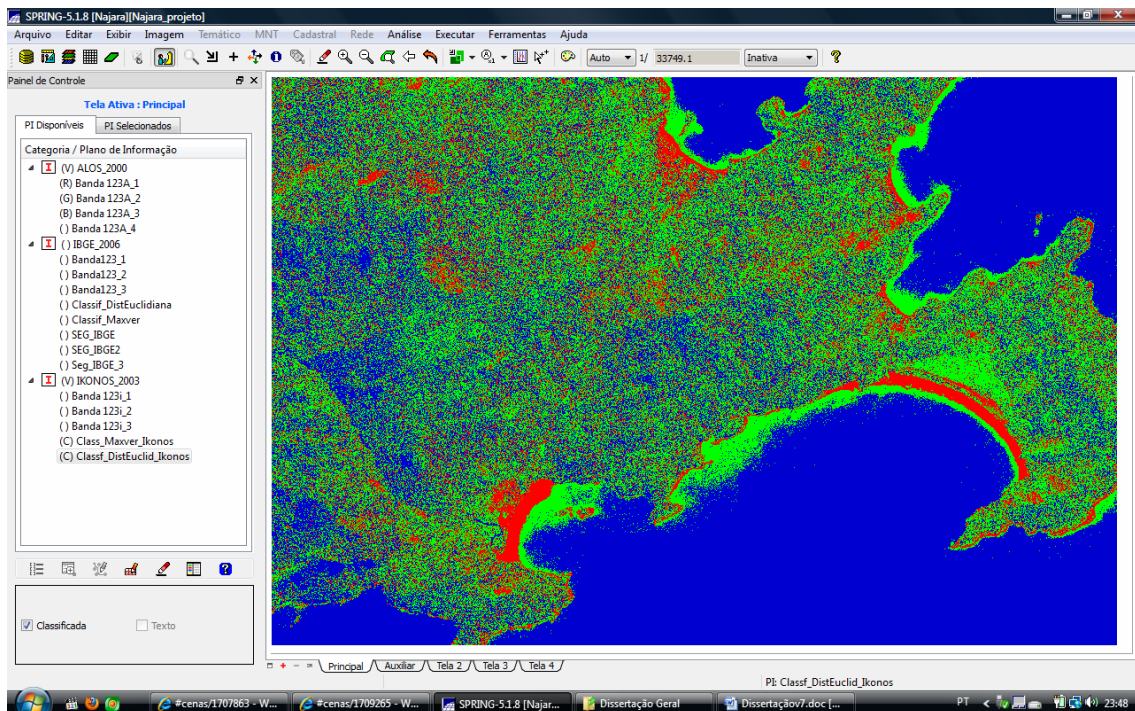


Figura 32: Classificação Distância Euclidiana – IKONOS, 2003

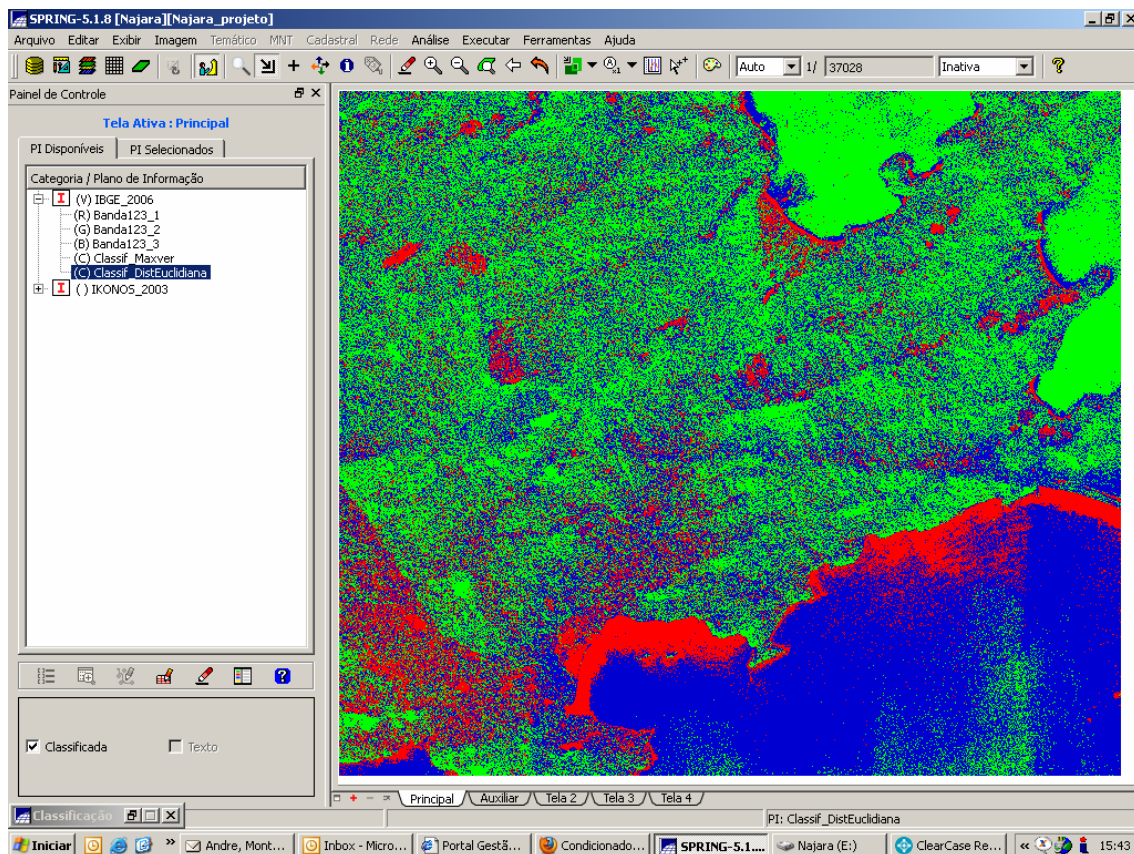


Figura 33: Classificação Distância Euclidiana – Ortofotografias, 2006

Após a realização das classificações pixel a pixel, que resultaram em um mapa de cores, pode-se verificar que as imagens obtidas após o processamento não representaram de maneira correta a localização dos pixels.

Ou seja, os pixels em azul deveriam representar apenas as áreas de água, enquanto os pixels em vermelho deveriam representar apenas as áreas não vegetais e os pixels em verde as áreas vegetais.

Após o processamento das imagens isto não ocorreu, o treinamento do classificador ocorreu de maneira que, durante a seleção das amostras de treinamento, cada área deveria ter englobado apenas os pixels com as cores correspondentes às classificações previamente selecionadas, entretanto o processamento diferiu do treinado.

Se comparadas as classificações MAXVER e euclidiana, o primeiro apresentou após o processamento uma quantidade de pixels condizentes com as áreas de treinamento maior do que o segundo.

Tendo em vista que as classificações pixel a pixel, após a seleção das amostras de treinamento apresentaram resultados distintos das áreas treinadas, foi realizada a classificação de imagens por regiões.

4.2 Classificação por Regiões

Na classificação supervisionada por regiões foram utilizados outros classificadores e adicionada uma etapa nova, denominada de segmentação. A segmentação consiste no processo de aglutinação de regiões com características similares. Essas "características" são determinadas pelo método de segmentação adotado e, nesta pesquisa a segmentação utilizou o método do crescimento por regiões.

Na classificação por *pixel* apenas são considerados os valores dos *pixels* das bandas utilizadas na classificação. Entretanto, na classificação por regiões, também são consideradas as características dos *pixels* vizinhos para formação de áreas com similaridade.

As imagens foram segmentadas utilizando o método do crescimento por regiões e classificadas utilizando o método supervisionado Bhattacharya.

O classificador de Bhattacharya é um algoritmo de classificação supervisionada, que requer a seleção de áreas de treinamento, podendo utilizar as regiões separadas durante o processo de segmentação ou polígonos representativos das regiões a serem classificadas. Ele utiliza as amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade das classes apontadas no treinamento. Em seguida, avalia, em cada região, a distância de Bhattacharya entre as classes.

Esses processos foram realizados para as imagens ALOS, IKONOS e ortofotografias.

Na segmentação a imagem digital é fragmentada em regiões com homogeneidade em relação ao padrão dos *pixels*. No sensoriamento remoto, onde temos uma imagem obtida da superfície da Terra, essas regiões corresponderiam a porções do espaço que podem ser distinguíveis.

São dois os principais métodos de segmentação: crescimento de Regiões e Detecção de Bordas. Neste estudo foi realizada a segmentação por crescimento de regiões utilizando 30 de similaridade e 300 pixels de área.

Para a segmentação das imagens de satélite o recorte espacial contemplou a estrada Abraão- Dois Rios que está nas sub-bacias hidrográficas de Dois Rios e de Abraão. Posterior à segmentação foi realizada a classificação por regiões Bhattacharya, em cada uma das imagens (Figuras 34, 35, 36).

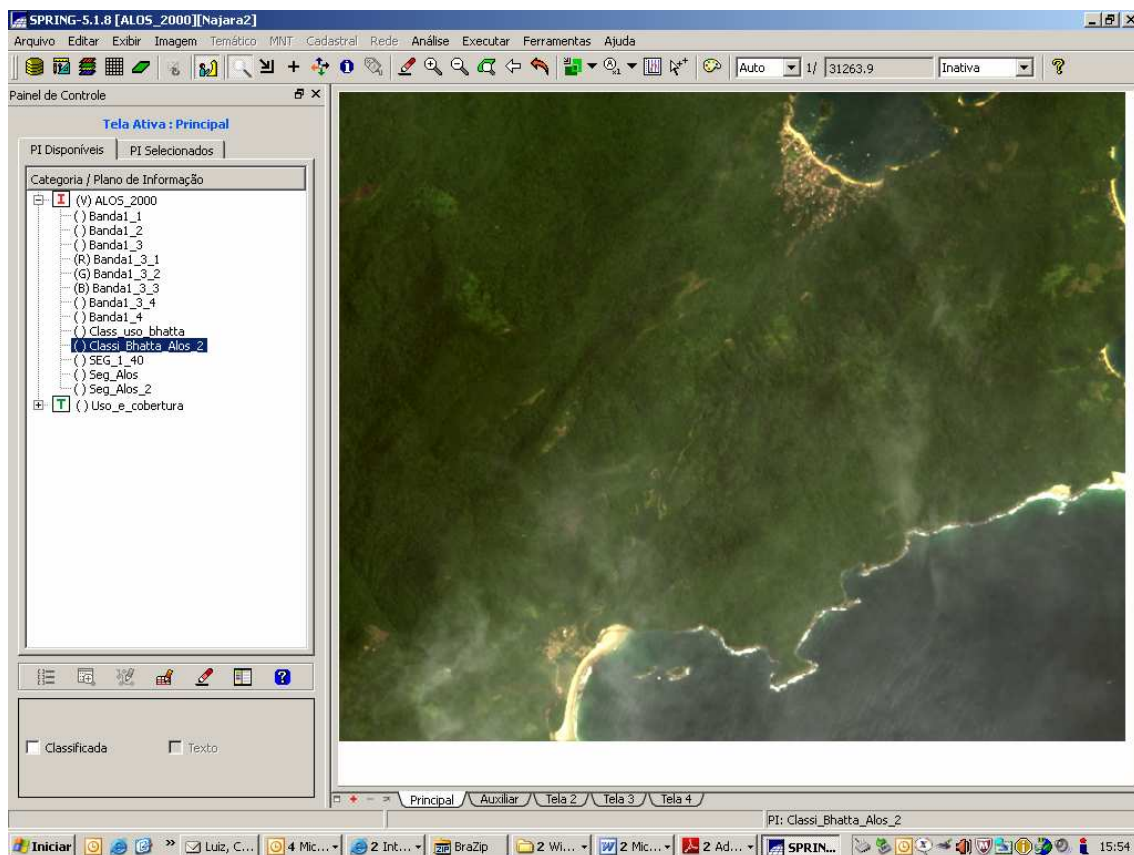


Figura 34: Imagem Alos, 2000 – Recorte Bacia Abraão e Dois Rios

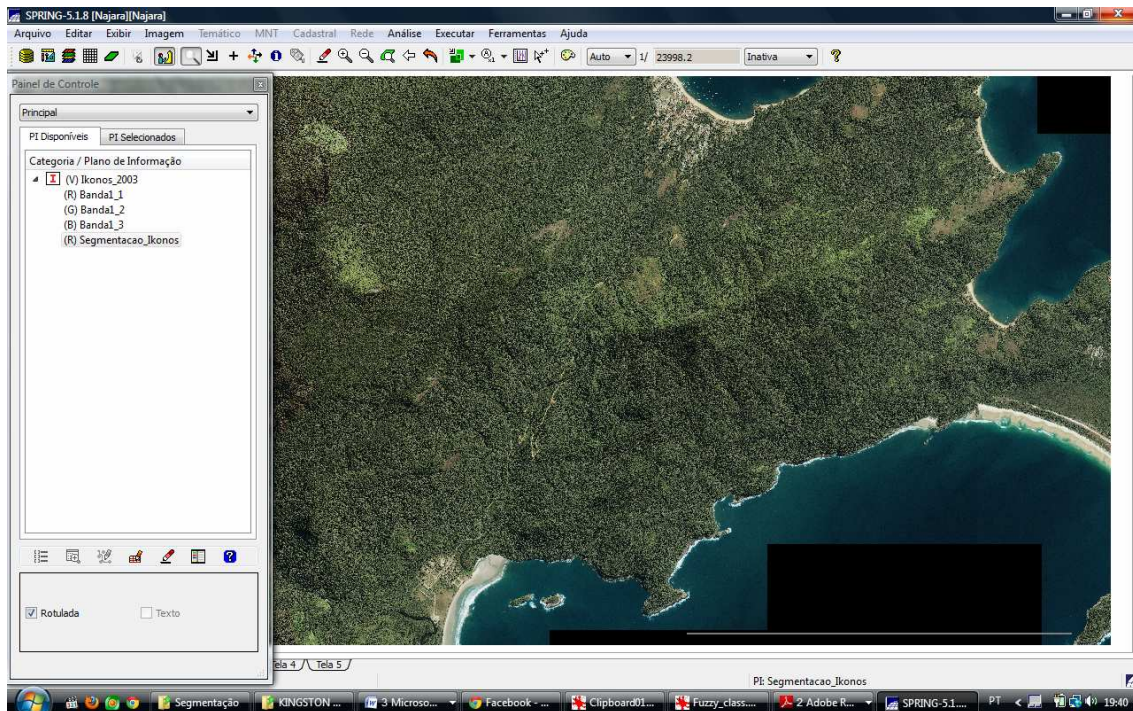


Figura 35: Imagem IKONOS, 2003

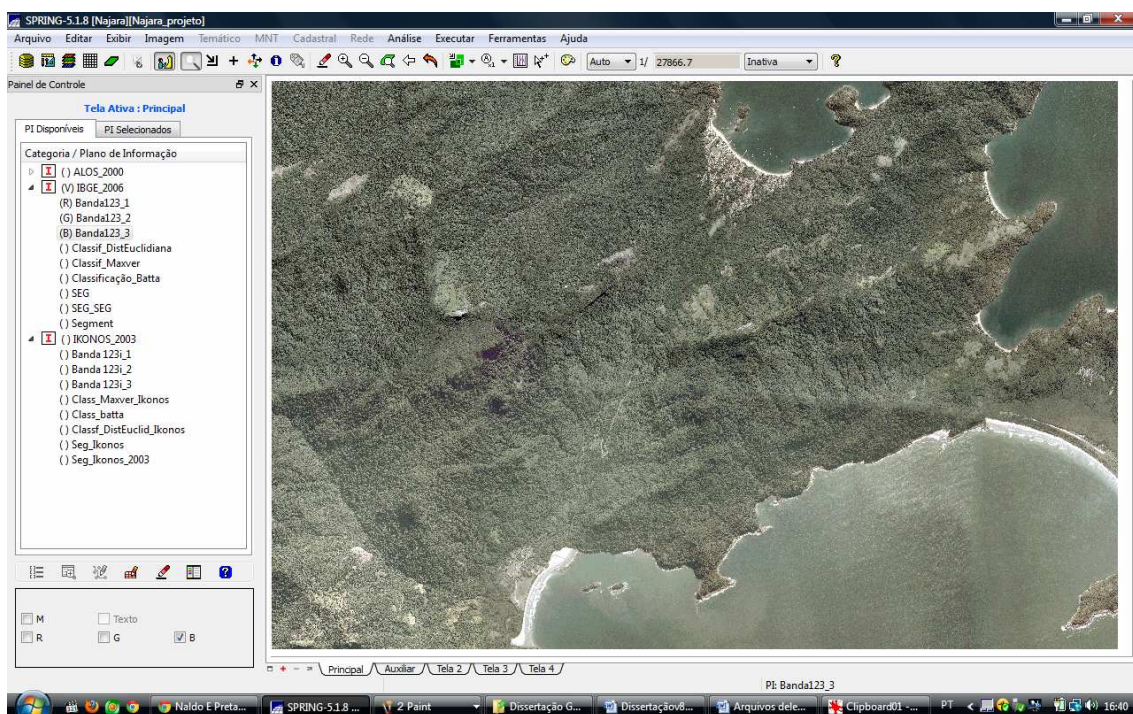


Figura 36: Ortofotografias, 2006

No processo de segmentação foram criadas as classes temáticas e selecionada a cor para cada uma das classes. Posteriormente foi selecionado o método crescimento por regiões, selecionadas as bandas utilizadas (RGB) e indicada a similaridade 30 e a área (pixels) 300 (FIGURA 37).

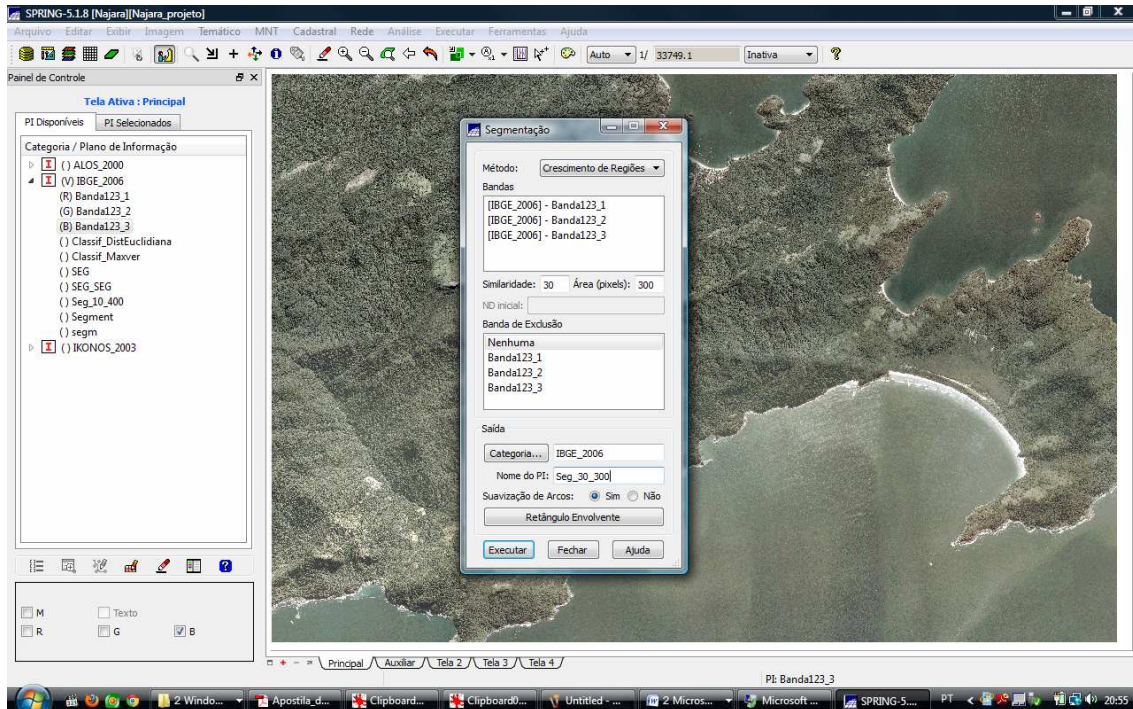


Figura 37: Tela de segmentação de Imagens, ortofotos, 2006.

A segmentação foi executada para cada uma das imagens: ALOS (FIGURAS 38), IKONOS (Figura 39), ortofotos (FIGURA 40).

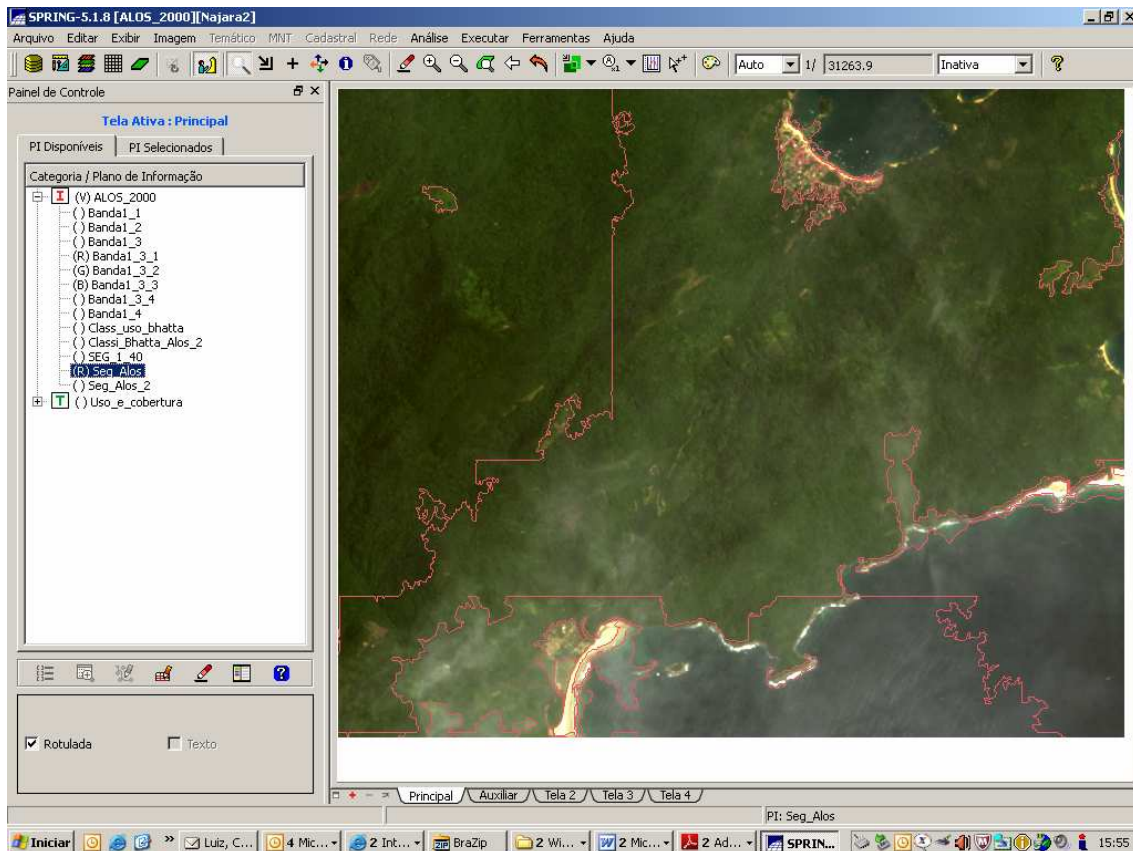


Figura 38: Imagem Alos, 2000 –Segmentada – Recorte – similaridade 30, 300 pixels de área

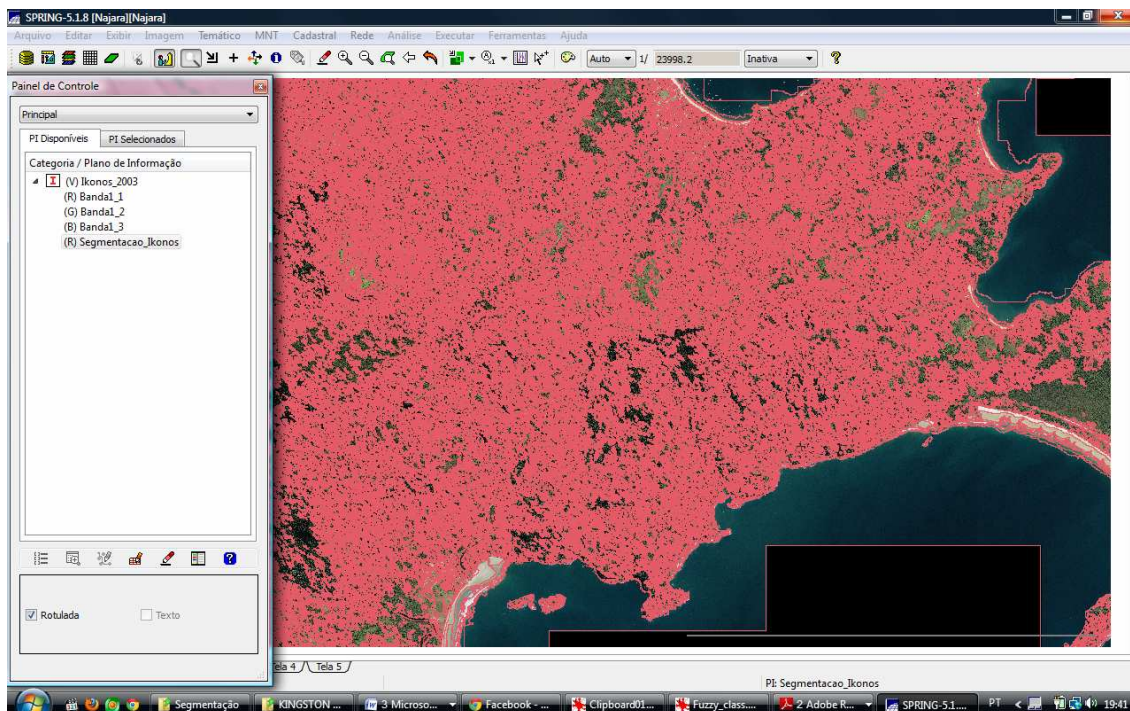


Figura 39: Segmentação IKONOS, 2003 – similaridade 30, 300 pixels de área

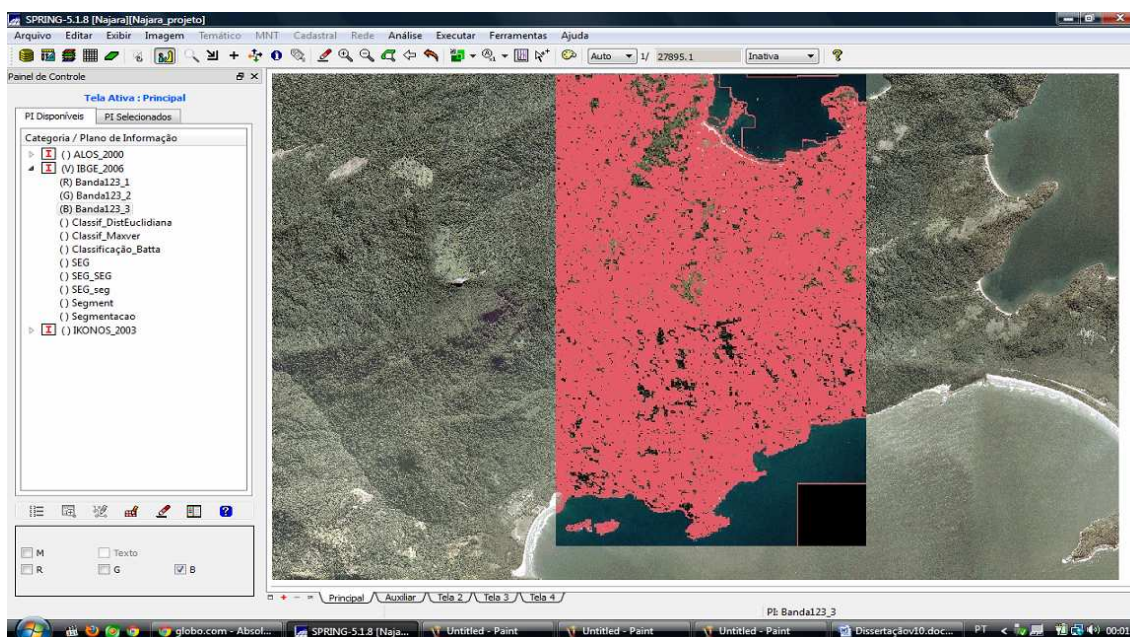


Figura 40: Segmentação – Ortofotografias, 2006 – similaridade 30, 300 pixels de área

Para a realização da classificação por regiões na criação do contexto foi selecionado o tipo de análise por regiões, selecionadas as bandas (RGB) e a imagem segmentada. (FIGURA 41, 42)

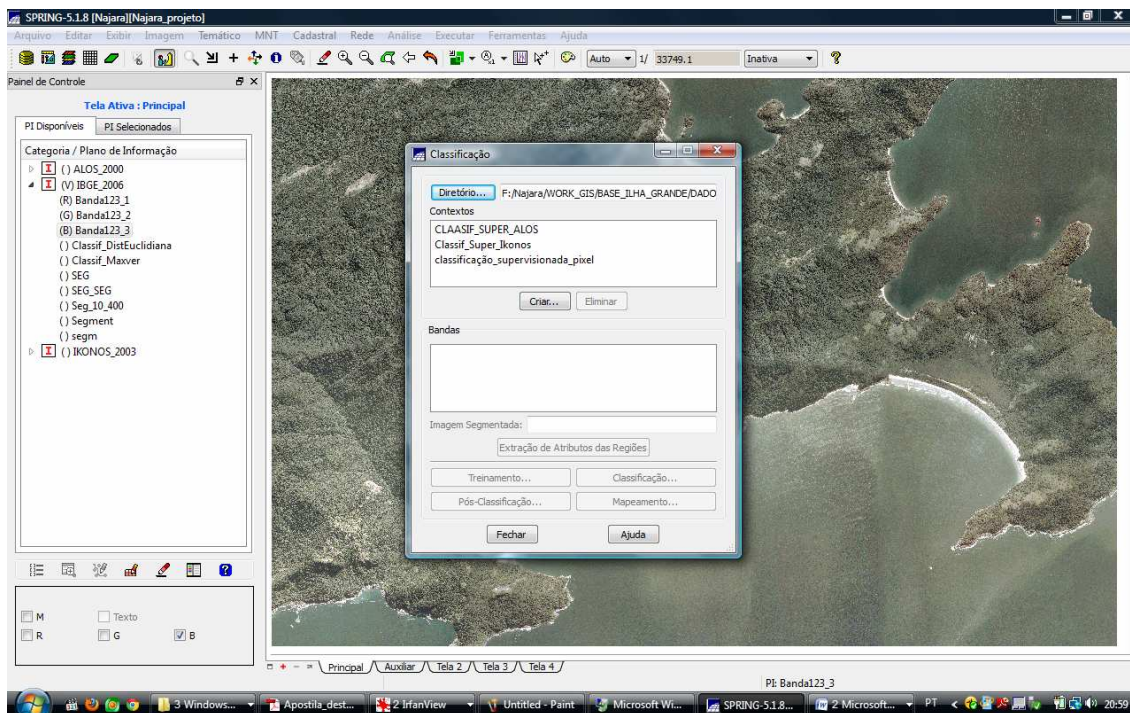


Figura 41: Janela de gerência de classificação, ortofotos, 2006.

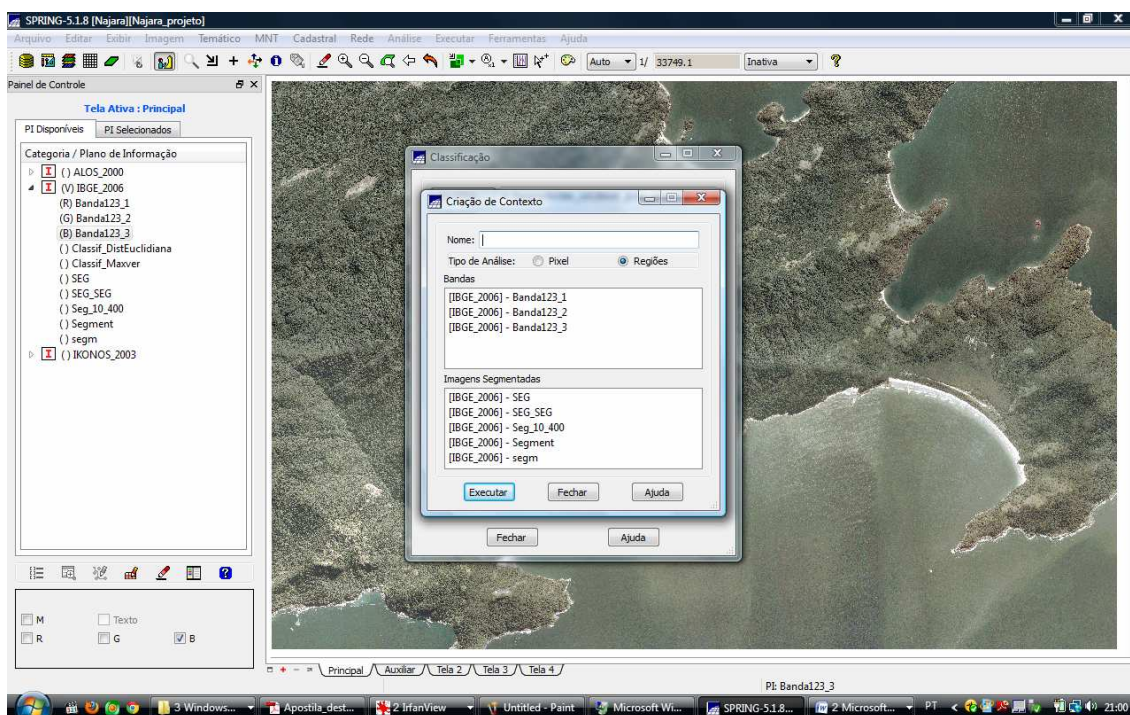


Figura 42: Janela de criação de contexto de classificação, ortofotos, 2006.

Foram adquiridas amostras para cada uma das classes, novamente amostras de aquisição e amostras de teste, entretanto nesta classificação as

amostras de aquisição tiveram como contorno a opção poligonal, enquanto as amostras de teste tiveram como contorno a opção região (FIGURA 43).

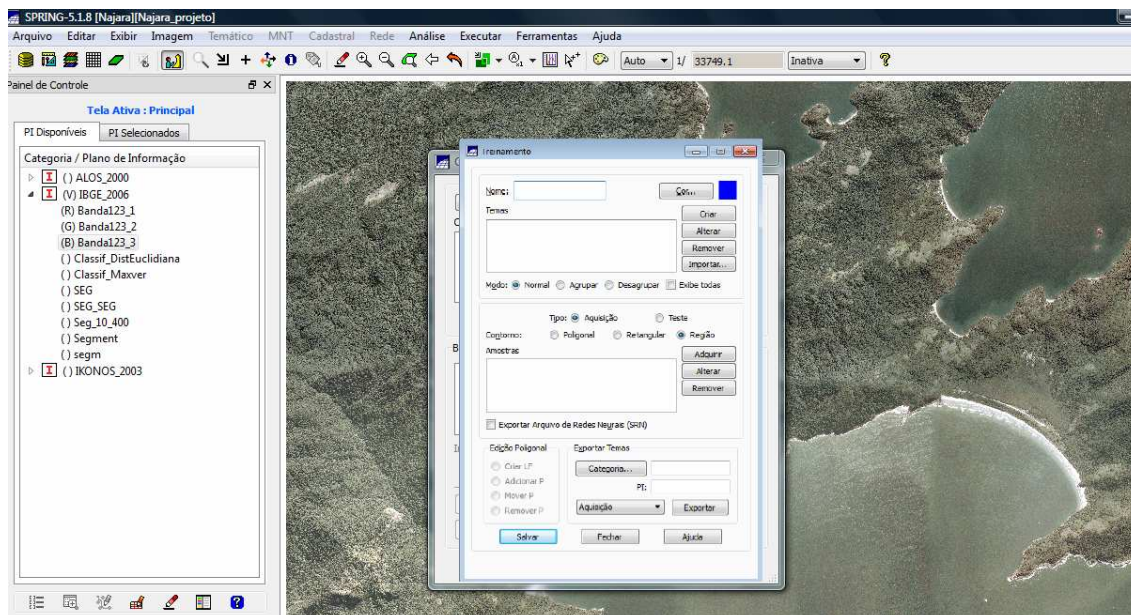


Figura 43: Janela de treinamento para classificador, ortofotos, 2006.

Após a aquisição das imagens foi realizada a classificação das imagens com o tipo de classificador Bhattacharya e o limiar de aceitação 99,9% (FIGURA 44).

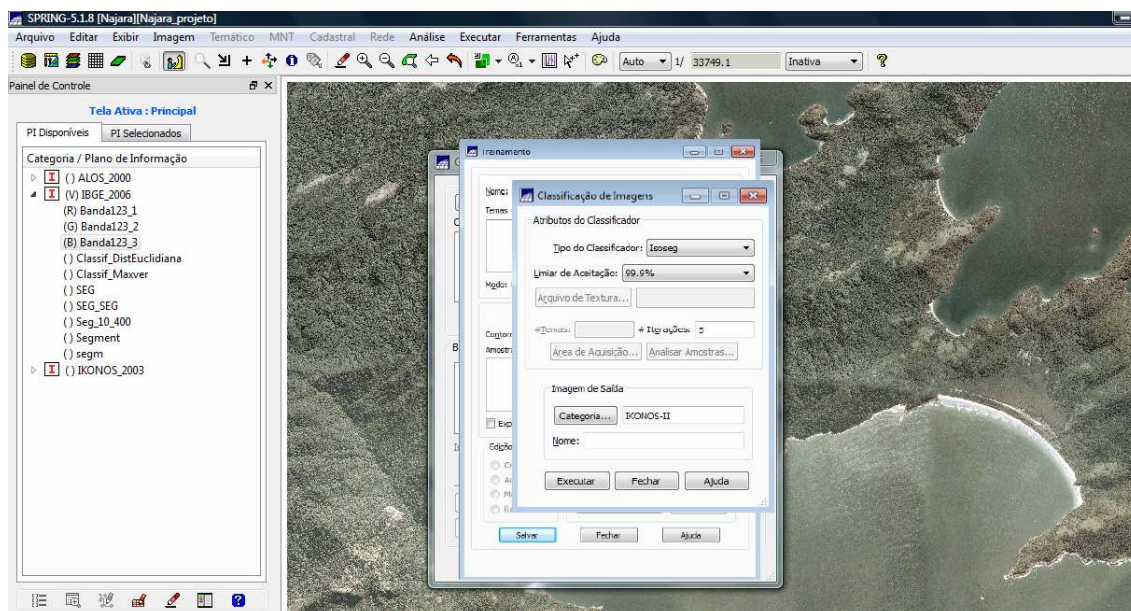


Figura 44: Janela de Classificação de imagens

Após a análise das amostras, que corresponderam às classes definidas através da matriz de confusão foi executada a classificação de cada uma das imagens (FIGURAS 45 a 60).

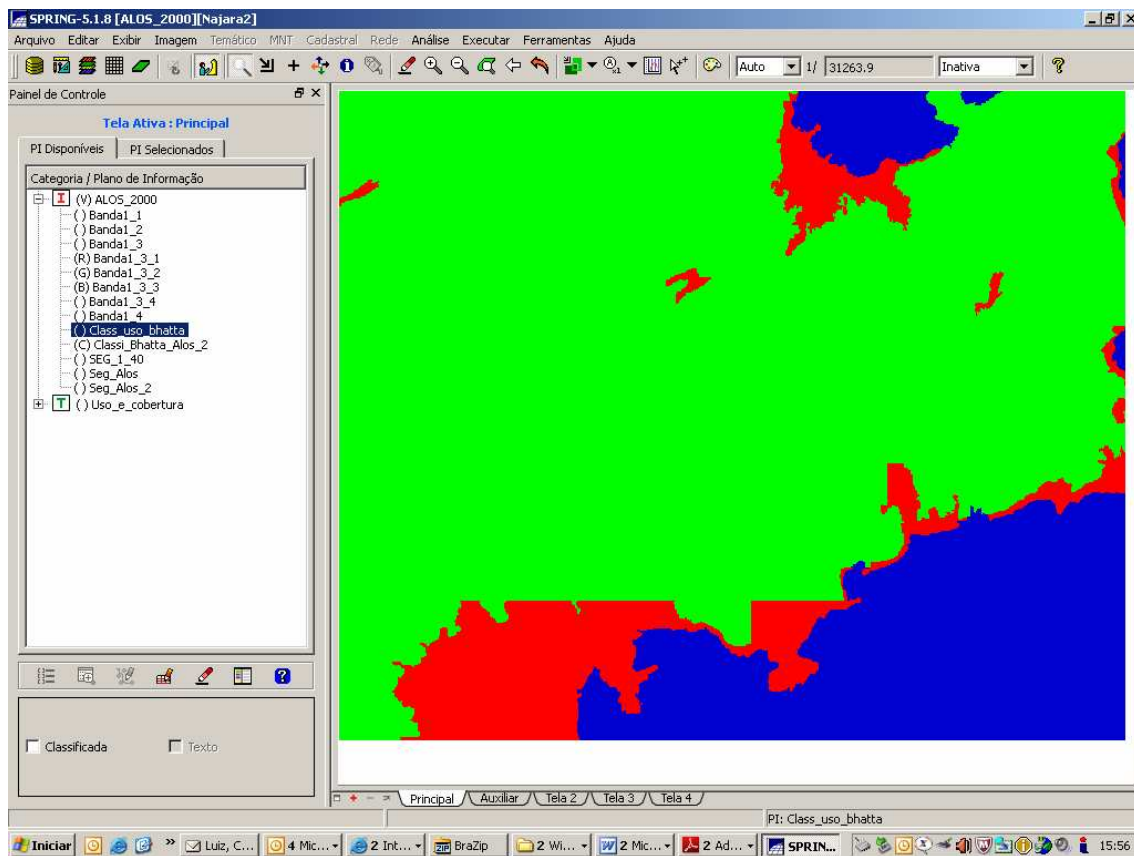


Figura 45: Imagem Alos, 2000 – Classificação Bhattacharya

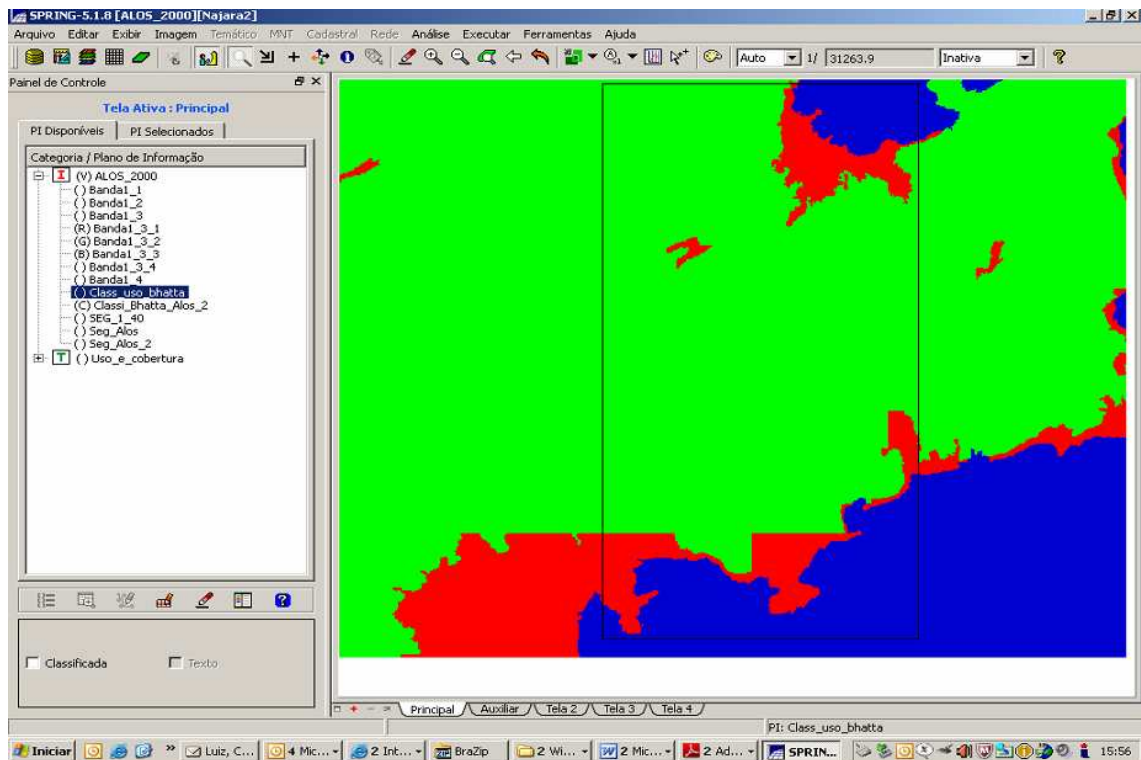


Figura 46: Imagem Alos, 2000 – Classificação Bhattacharya - recorte

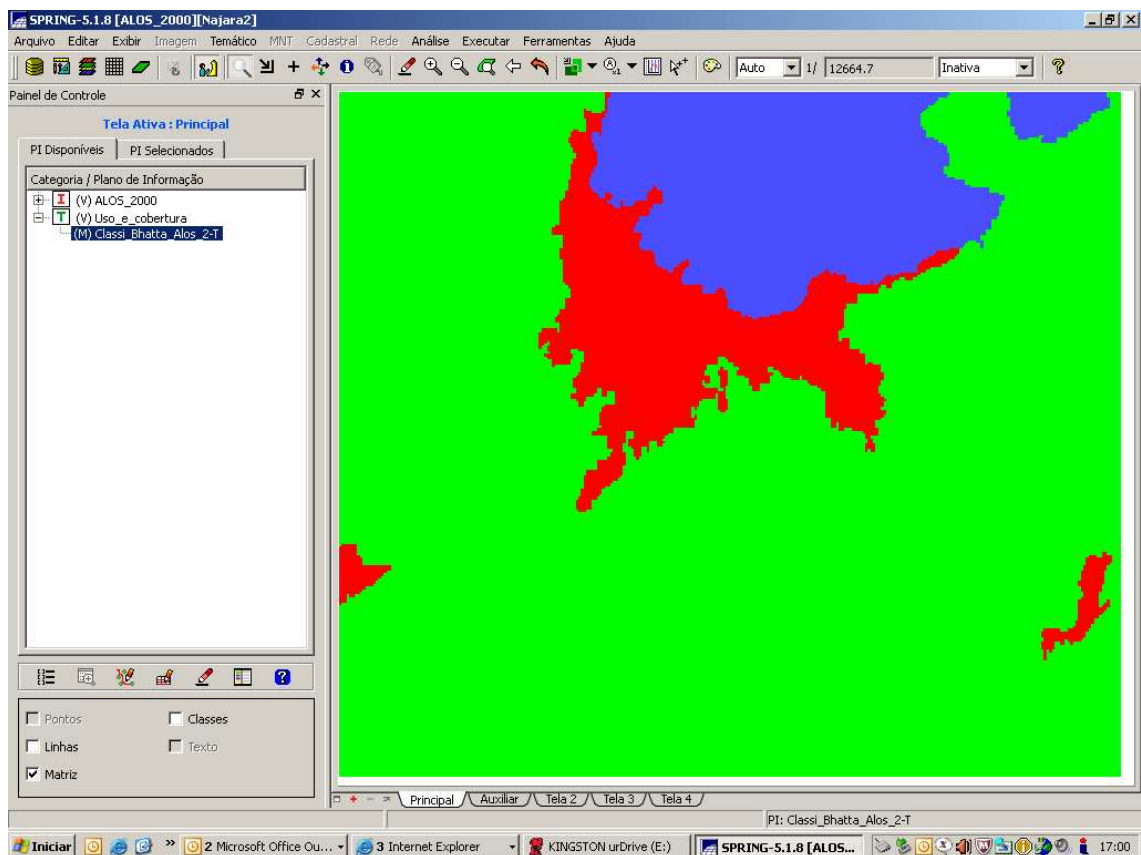


Figura 47: Imagem Alos, 2000 – Classificação Bhattacharya - Abraão

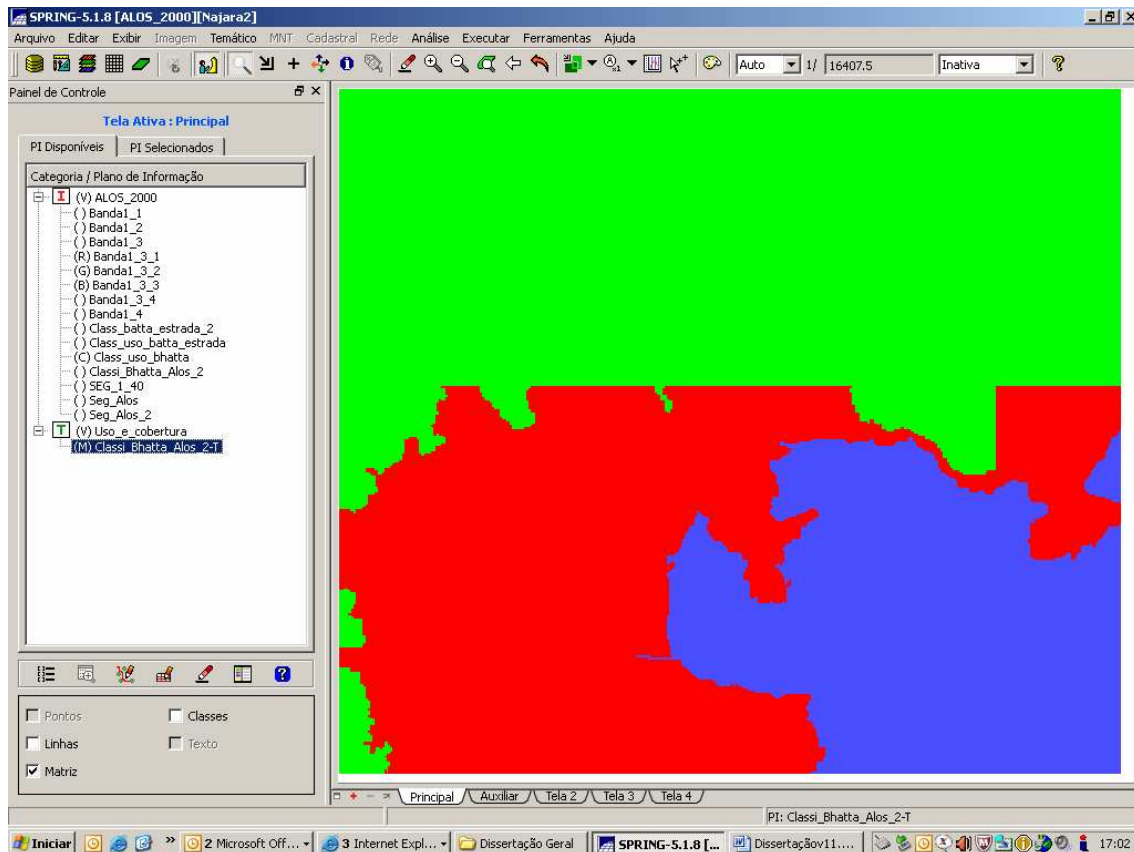


Figura 48: Imagem Alos, 2000 – Classificação Bhattacharya – Dois Rios

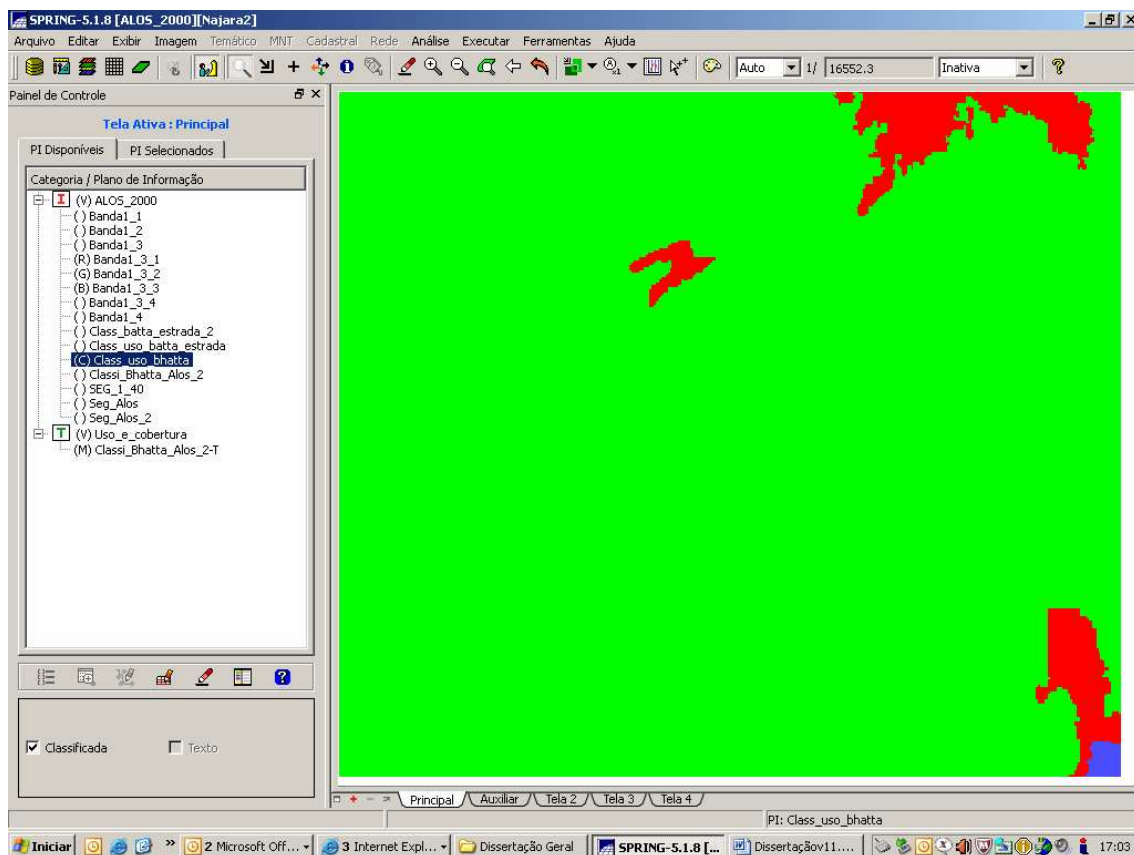


Figura 49: Imagem Alos, 2000 – Classificação Bhattacharya - estrada