

# ENSAIOS DE SEGMENTAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS CBERS UTILIZANDO O SISTEMA SPRING EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL ESTUDO DE CASO: PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS (PARNASO)

ZARGO QUARESMA DA CRUZ<sup>1</sup>  
GILBERTO PESSANHA RIBEIRO<sup>2</sup>

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
Faculdade de Engenharia  
Departamento de Engenharia Cartográfica  
{zargo.cruz, gilberto.pessanha}@gmail.com

**RESUMO** - Este trabalho consiste na apresentação de resultados dos testes empíricos realizados pelo autor para definição dos melhores parâmetros de segmentação e classificação (supervisionada e não supervisionada) utilizando imagens CBERS no sistema SPRING. A aplicação dos ensaios foi condicionada para execução da classificação do uso e cobertura da terra de uma Unidade de Conservação, tendo como objetivo servir de apoio à produção de um mapeamento digital para um nível regional de detalhamento. O Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), caracterizado visualmente pela paisagem da sua exuberante floresta de Mata Atlântica e também por seus vários gnaisses protuberantes, possui ainda problemas de invasão urbana no seu entorno, possibilitando assim um ambiente interessante para aplicação dos estudos propostos, tanto pela diversificação das classes temáticas envolvidas, como pela representatividade de cada uma delas.

**ABSTRACT** - These papers presents the results of author's empirical tests in way to choose the best parameters for produce segmentation and classification (supervised and unsupervised) using CBERS's image on SPRING system. The application of tests were fit to execution a classification of land's use and cover of one Conservation Unit, within objective will be a base for production a digital mapping with regional level of details. The "Parque Nacional da Serra dos Órgãos" (PARNASO), visual characterized for wonderful "Mata Atlântica" forest and a lot of protuberant gneisses, besides it has urban invasion around its limits, these environments become to be interest to applications of propose study, not only for the lot of kinds of thematic classes but for the representative of each one too.

## 1 INTRODUÇÃO

A caracterização das classes temáticas de uma Unidade de Conservação é uma ferramenta de vital importância para auxílio à gestão ambiental. Esse processo pode ser acelerado, e muito, pelo uso de técnicas automatizadas através do mapeamento digital. Para sua realização são utilizados métodos matemáticos de classificação computacional (supervisionada e não-supervisionada). Durante a realização de um projeto de baixo custo, com utilização de imagens sensoriais do sistema "China-Brazil Earth Resources Satellite" (CBERS) e do sistema computacional SPRING, envolvendo a classificação do uso e cobertura da terra de uma Unidade de Conservação (UC), o autor se deparou com o problema da escassez de informações disponíveis na literatura sobre a definição e influência dos valores atribuídos aos parâmetros de configuração dos processos de classificação e de segmentação, este último atuando

como pré-requisito para os métodos de classificação por região. Sendo assim, foi desenvolvida uma bateria de ensaios qualitativos, objetivando estudar a amplitude e o comportamento resultante da variação de cada parâmetro disponível no sistema SPRING. Também será abordada no contexto, de forma superficial, a influência de uma cena adquirida em data diferente sobre os resultados apresentados. Os testes foram realizados utilizando-se como estudo de caso o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), principalmente por esta UC apresentar uma variação interessante das classes temáticas e também por estar envolvida com problemáticas urbanas que demandam por estudo de mapeamento temático, inclusive com necessidades de atualização e identificação de detalhes, sendo esses conceitos não abordados no presente trabalho.

### 1.1 Localização Geográfica

O PARNASO está inserido no Maciço da Serra dos Órgãos e faz parte da Serra do Mar na região serrana fluminense. Localizado a cerca de 90Km da cidade do Rio de Janeiro e com aproximadamente 106.191 km<sup>2</sup> de área, o parque engloba parte dos municípios de Magé, Guapimirim, Petrópolis e Teresópolis.

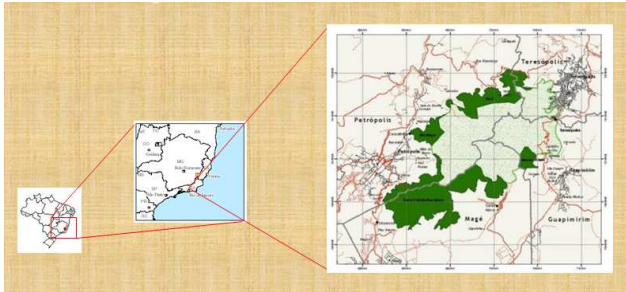


Figura 1- Mapa de localização do PARNASO

## 1.2 Características da unidade de conservação

O PARNASO é caracterizado pelo relevo de perfil extremamente acidentado e elevado, formado principalmente por gnaisses granitóides do período Pré-Cambriano e pela cobertura vegetal dominada por exuberante floresta, ambos sob a influência de um clima tropical superúmido. Segundo descrito no site do IBAMA (2008), no interior do PARNASO “as formas florestais, apesar de apresentarem aparência primitiva são na verdade matas secundárias bem evoluídas com respeito à sucessão florestal. Entretanto alguns trechos do Parque apresentam cobertura original”.

## 1.3 O mapeamento

Os ensaios de segmentação e classificação foram realizados durante o mapeamento digital do uso e cobertura da Terra realizado com a escala regional de 1:100.000 e está parcialmente apoiado nas bases cartográficas digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala 1/50.000, assim como em imagens sensoriais adquiridas por satélites do programa “China-Brazil Earth Resources Satellite” (CBERS).

Para o processo de classificação digital do uso e cobertura da Terra, foi utilizado como referência o sistema de classes sugerido pelo IBGE, sendo o mesmo adaptado conforme exigido pelas características específicas da UC em questão.

## 2 PROCESSOS DA CLASSIFICAÇÃO DIGITAL E SEUS PARÂMETROS

### 2.1 Segmentação

Processo de separação automatizada da imagem em áreas que englobem “pixels” semelhantes nas direções X e Y do plano cartesiano. Essa etapa é essencial para a realização de uma classificação por região. Normalmente,

como no presente estudo, é utilizado o método de crescimento por regiões.

Uma das principais dificuldades encontradas para a realização da segmentação por crescimento de regiões é a falta de informações para definição dos parâmetros que envolvem este processo: **similaridade** e **área**. Segundo a definição do INPE (2007) encontrada na literatura do SPRING:

“A medida de similaridade está baseada na distância Euclidiana entre os valores médios dos níveis de cinza de cada região. Assim duas regiões são consideradas distintas se a distância entre suas médias for superior ao limite de Similaridade escolhido. [Da mesma forma, as] regiões com área menor que o mínimo escolhido são absorvidas pelas regiões adjacentes mais similares a estas.”

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 ( $2^8$ ) como é o caso das imagens CBERS, 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.

### 2.2 Classificação

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.

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. 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.

### 2.3 Treinamento

Para realizar um processo de classificação multiespectral, ou seja, que utiliza mais de uma faixa espectral, como é o caso em estudo, é preciso realizar o reconhecimento da assinatura espectral das classes de interesse, esse procedimento é chamado de treinamento, no contexto do SPRING. Pode ser supervisionado ou não-supervisionado, sendo o primeiro caso caracterizado quando o engenheiro responsável possui informações que possibilitem a identificação de uma ou mais classes de interesse através da definição de áreas representativas na imagem. Os desenvolvedores do SPRING recomendam o uso de 10 a 100 pixels representativos de cada classe para se obter uma classificação estatisticamente confiável.

Também é importante salientar que a utilização da ferramenta de análise estatística das amostras (disponível no SPRING) é um procedimento de grande valia para a qualidade final do processo de classificação supervisionada, permitindo eliminar as amostras discrepantes.

## 3 MÉTODOS CLASSIFICADORES

Os métodos classificadores dividem-se em dois grandes grupos de acordo com o item elementar envolvido na análise, o mais simples é o classificador “pixel a pixel”, ou por pixel, que considera apenas as informações de nível de cinza de cada pixel para agrupá-los em padrões homogêneos, baseando-se em conceitos de probabilidade (método estatístico) ou não (método determinístico). O classificador por região define o outro grupo de métodos que além do nível de cinza considera também a situação espacial de um conjunto de pixels semelhantes (região) em relação aos pixels que cercam esse conjunto.

A classificação por região depende obrigatoriamente de um processo prévio de segmentação da imagem para realizar o processamento. Já a classificação por pixel, não faz uso do processo de segmentação, pois utiliza a evolução dos pixels para produzir os resultados. Os modelos matemáticos utilizados pelo autor para a classificação no sistema

SPRING serão descritos a seguir (com destaque), existem outros modelos disponíveis no sistema, porém não serão tratados nesse estudo.

Tabela 1 - Classificadores disponíveis no SPRING 5

Classificador (SPRING)	Elemento	Treinamento
Maxver	Pixel	Supervisionado
MaxVer-JCM	Pixel	Supervisionado
Dist. Euclidiana	Pixel	Supervisionado
K-medias	Pixel	Não-supervisionado
Isoseg	Região	Não-supervisionado
Bhattacharya	Região	Supervisionado
Clatex	Região	Supervisionado
Arg. SRN (rede neural)	Região	Não-supervisionado
Histograma	Região	Não-supervisionado

### 3.1 Maxver (Máxima Verossimilhança)

Esse classificador baseia-se no modelo estatístico de “Máxima Verossimilhança” e, atualmente, é um dos mais utilizados em trabalhos de mapeamento temático, seja utilizando o SPRING ou outro sistema equivalente. Após obter a média dos níveis digitais de cada classe e estabelecer sua distribuição de probabilidade normal, o algoritmo passa a considerar a distância ponderada entre as médias das classes para classificar o pixel de acordo com sua posição em relação à distribuição normal. Em determinados casos, que ocorrem com frequência significativa, um mesmo pixel pode ser atribuído a duas classes distintas (efeito da sobreposição das distribuições normais das classes), sendo assim, é necessário estabelecer um limiar de aceitação para refinar a classificação conforme seu propósito.

Para reduzir o efeito da sobreposição no processo de classificação é necessário um conjunto de treinamento supervisionado com uma quantidade significativa de pixels de alvos distintos, permitindo um trabalho estatístico mais eficiente e um resultado mais próximo da realidade.

### 3.2 Distância Euclidiana

É um processo de baixo custo computacional e que depende de um treinamento supervisionado onde a média de cada classe é gerada através das amostras, em seguida cada pixel é atribuído àquela classe cuja distância euclidiana entre o valor do pixel e a média da classe for menor, ou seja, a classe da qual a média o pixel está mais próximo.

### 3.3 Isoseg

Trabalhando com o conceito de clustering (agrupamento) esse algoritmo caracteriza-se por requerer uma máscara de micro-regiões pré-definida (segmentação) e por não depender das amostras de cada classe. Tais regiões são agrupadas (“aumentadas”) em áreas homogêneas de acordo com a distância de Mahalanobis entre a classe e a região a ser classificada.

O processamento ocorre desprezando-se as informações probabilísticas da imagem, e, em seu lugar,

utilizando as informações estatísticas da média e da variância das regiões para estimar o valor central que será atribuído como referencial de cada classe.

### 3.4 Bhattacharya

Método 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.

## 4 CONTEXTO AMBIENTAL

O Brasil possui uma imensa biodiversidade, cujas amostras estão espalhadas de forma desigual e por vezes isoladas ao longo de toda a vasta extensão territorial de nosso país.

### 4.1 Unidade de Conservação

Uma das melhores alternativas conhecidas para a preservação desta biodiversidade são os sistemas de Unidades de Conservação que, embora por si só não representem uma solução definitiva, constituem-se peças fundamentais na luta pela preservação do patrimônio ambiental do país. (Agenda 21 Brasileira, 2002).

Definição pela Lei n.º 9985/2000

*“O espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (art. 2º, inciso I).”*

Além de preservar a natureza e as espécies em extinção, as UC são capazes de garantir às populações tradicionais o uso sustentável dos recursos naturais e ainda permitem que as comunidades do entorno desenvolvam atividade econômicas sustentáveis. Estas áreas estão sujeitas à normas e regras especiais.

Constam hoje no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação 379 unidade(s) de conservação validadas pelos órgãos gestores, sendo 290 sob gestão federal, 83 unidade(s) estadual(is) e 6 unidades municipal(is). Existem outras unidades de conservação em processo de validação, cujo os dados serão disponibilizados em breve (fonte: <http://sistemas.mma.gov.br/portalcnu/index.php> Acessado em 21-07-08).

### 4.2 Tipos de UC

As unidades de conservação dividem-se em dois grandes grupos com características específicas: as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável, sendo a primeira direcionada totalmente para a proteção à natureza, permitindo apenas o uso indireto e

restrito de seus recursos naturais, salvo algumas exceções ainda mais restritivas, já o segundo grupo engloba as unidades que zelam pelo uso sustentável de parte de seus recursos naturais sem abrir mão da conservação da natureza como um todo.

Tabela 2 - Categorias de Unidade de Conservação

UNIDADES DE PROTEÇÃO INTEGRAL	UNIDADES DE USO SUSTENTÁVEL
Estação Ecológica	Área de Proteção Ambiental
Reserva Biológica	Área de Relevante Interesse Ecológico
Parque Nacional	Floresta Nacional
Monumento Natural	Reserva Extrativista
Refúgio da Vida Silvestre	Reserva de Fauna
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
	Reserva Particular do Patrimônio Natural

Fonte: Lei 9985/2000, art. 8º e 14º

## 5 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

O procedimento de caracterização da cobertura e uso da Terra pode ser acelerado pelo processo de análise computacional das reflectâncias espectrais das bandas-chave através da correlação entre as assinaturas espectrais e as características físico-químicas de um determinado tipo de alvo (adaptado de LIU, p. 123).

### 5.1 Lista de Materiais

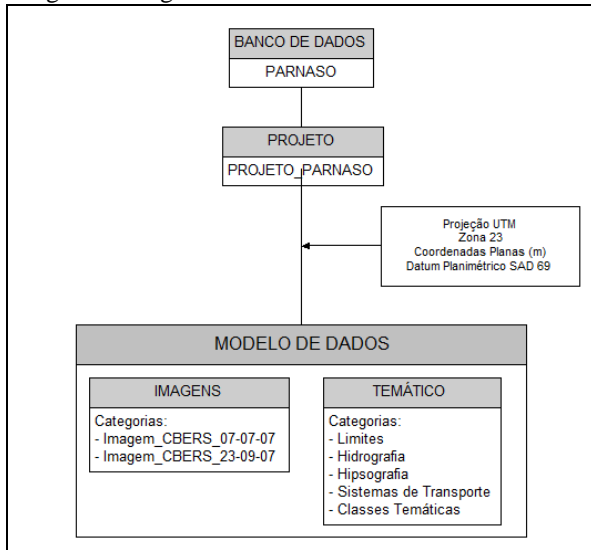
- Notebook AMD AthlonX2 DualCore 1.7Ghz, 1.5Gb RAM e HD 120Gb
- Bases cartográficas vetoriais digitais do IBGE na escala 1:50.000:
  - Itaboraí (MI) 2746-1
  - Teresópolis (MI) 2716-3
  - Petrópolis (MI) 2745-2
  - Itaipava (MI) 2715-4
- Arquivos no formato shapefile do limite atual e do limite da ampliação do PARNASO integrantes do SIG existente no parque
- Imagens sensoriais do sistema CBERS
- Cena 151/125 adquirida para as datas de 07-07-2007 e 23-09-2007.
- Sistema computacional SPRING (4.3.3 e 5beta)

### 4.2 Banco de Dados Geográficos

Foi criado no sistema SPRING um banco de dados geográficos, nomeado como PARNASO, com a finalidade de armazenar os dados para a execução do trabalho. Em seguida criou-se o projeto denominado Projeto\_PARNASO com os seguintes parâmetros:

- Sistema de projeção cartográfica: UTM
- Meridiano central: 45°WGr
- Zona: 23
- Datum: SAD 69 (South American Datum de 1969)
- Coordenadas: Planas
- Hemisfério: Sul
- Coordenadas do Retângulo envolvente:
  - E 678.000m, N 7.428.000m (Canto Inferior Esquerdo)
  - E 733.000m, N 7.538.000m (Canto Superior Direito)

Em seguida foram criadas as categorias integrantes do modelo de dados, conforme mostrado no fluxograma a seguir:



Após essa etapa o sistema SPRING passou a estar pronto para receber os dados através da criação dos Planos de Informação (PI), o que permite que os dados sejam manipulados em busca da produção do mapeamento proposto.

### 4.3 Aquisição de imagens sensoriais atualizadas

Foi realizado um acesso ao catálogo on-line das imagens do sistema CBERS disponível na internet através do site <http://www.cbbers.inpe.br/>, foi identificado o ponto 125 da órbita 151 como o local das cenas que atenderiam ao projeto. Após filtragem e análise visual da qualidade de nitidez das imagens e também da ausência de cobertura de nuvens sobre a área desejada dentro da cena em questão, foram então selecionadas as cenas adquiridas para as datas de 07-07-2007 e 23-09-2007.

Segundo as especificações do catálogo de imagens, ambas são fornecidas com correções de Nível 2 (ou Precisão), que indica calibração radiométrica e geométrica.

A cena mais recente (23-09-07) apresenta uma cobertura por neblina densa ou efeito de poluição atmosférica acumulada (figura 2), porém, tal característica não atinge o recorte da área do projeto e, em contrapartida, apresenta uma quantidade de sombreamento muito menor do que a cena do mês de julho, conforme destacado pelas figuras 3 e 4.

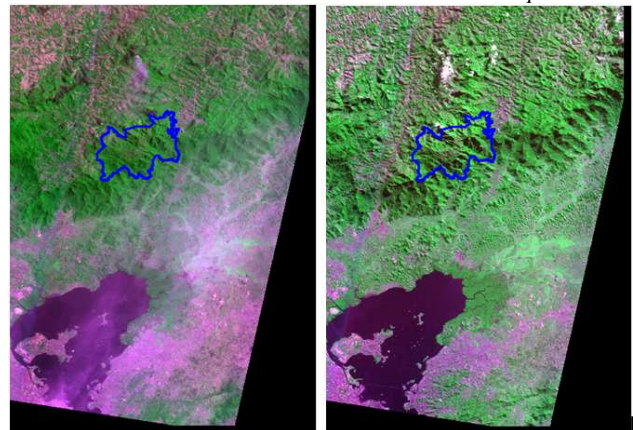
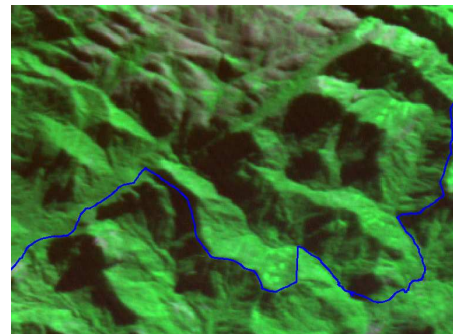
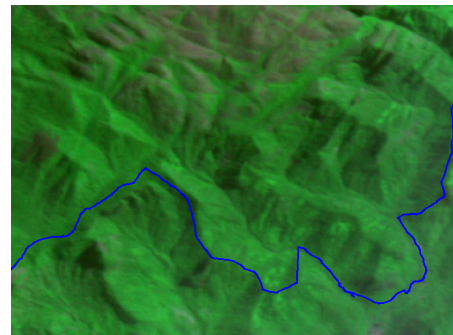


Figura2: Composição RGB342 da cena de 23-09-07 (esq.) e de 07-07-07 (dir.)



Figuras 3 e 4 - Efeito de sombra menor na cena de 23-09-07 (no alto) em relação à cena de 07-07-07 (acima)

### 5.2 Georreferenciamento

Para realizar o georreferenciamento das imagens (bandas), foram ativados no SPRING os planos de informação das bases vetoriais do IBGE e então realizado diversos testes com a criação de 10 pontos de controle, utilizando a ferramenta *registro* do menu arquivo, associando pontos notáveis na imagem com seus correspondentes nas bases vetoriais. Refinamentos foram executados até que se obtivesse um erro residual menor que 1 pixel. A banda base de georreferenciamento foi a banda 4, sendo também utilizadas as bandas 2 e 3. Ficando o estudo restrito às bandas 2, 3 e 4 na composição RGB342.

### 5.4 Ensaios de Segmentação

Como mais de 90% da área do PARNASO envolve vegetação de Mata Atlântica, foi escolhida a banda 4 (NIR), que possui maior captação da refletância característica desse alvo, como base para todo o processamento de segmentação e classificação.

A seguir serão mostrados destaques ampliados de áreas específicas de algumas combinações de parâmetros de segmentação executadas pelo método empírico, seguidas de comentário do autor.

**Similaridade 60 x Área 1200 pixels**

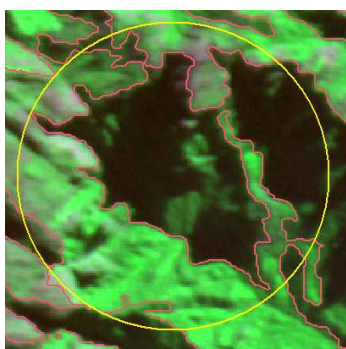


Figura 5: Confusão grave de tema dentro de uma região

**Similaridade 10 x Área 200 pixels**

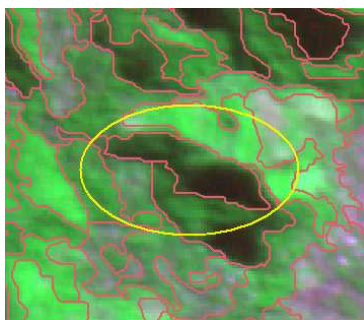


Figura 6: Regiões bem definidas, mas com algumas falhas de generalização

**Similaridade 5 x Área 1200 pixels**

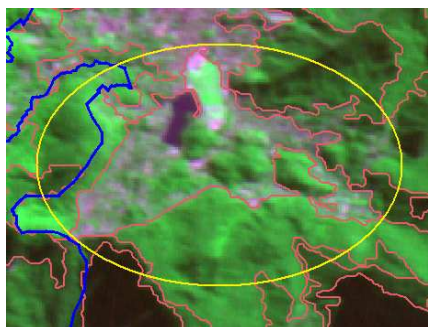


Figura 7: Confusão de vários temas dentro da mesma região

**Similaridade 35 x Área 1200 pixels**

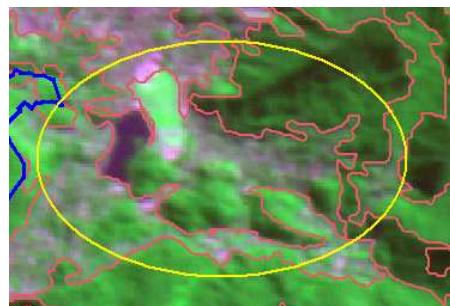


Figura 8: Permanência da confusão de agrupamento

**Similaridade 5 x Área 200 pixels**

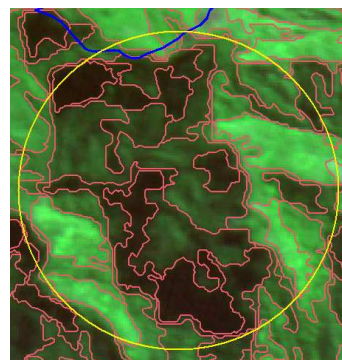


Figura 9: Regiões bem definidas tematicamente e agrupadas adequadamente

**Similaridade 3 x Área 200 pixels**

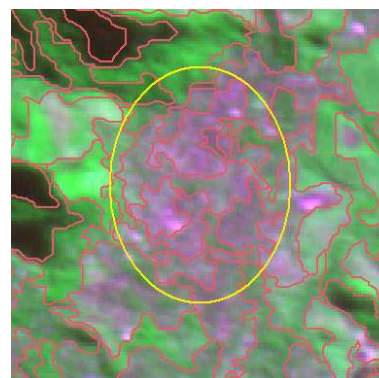


Figura 10: Regiões bem definidas tematicamente mas com excessivo número de regiões similares não agrupadas

### 5.5 Definição das classes

A definição das classes de interesse foi realizada de forma a se manter compatível com o nível de detalhamento permitido pela resolução espacial das cenas CBERS.

Classe	Resumo	Cor da Legenda
Afloramento Rochoso	Rochas parciais ou totalmente expostas, sem cobertura vegetal.	Grey
Campo de Altitude	Planaltos rochosos localizados a grandes altitudes e que apresentam cobertura vegetal típica e de pequeno porte.	Yellow
Área Urbana (Urbanizada)	Caracterizada pelos resultados de atividade...antrópica através de obras civis	Red
Floresta Ombrofila Aberta	Presença de palmeiras, cipó, bambu ou sororoca em Terras baixas até Montada	Light Green
Floresta Ombrofila Mista e Densa	Possui dossel uniforme ou emergente em relevo de Terras baixas até Alto-montana	Dark Green
6...Corpo de Água	Espelhos d'água, lagos, rios, etc.	Blue
7 - Sombra	Área com resposta espectral próxima de zero devido a não incidência da luz solar	Black
8...Nuvem* (Somente para a cena de 07-07-07)	Acúmulo de vapor d'água	Cyan

Figura 11: Resumo da definição de classes

Para caracterizar a cor de cada classe foram utilizados como base os padrões de cores do Manual Técnico do IBGE, sendo que algumas classes tiveram suas cores adaptadas ou atribuídas de forma a melhorar a clareza das informações. Os elementos sem classificação (não-classificados) foram representados pela cor branca.

A título de esclarecimento vale destacar que na cena de 27-09-07 apesar da camada nebulosa concentrada próxima à Baía de Guanabara e da fumaça de um incêndio ao norte do parque, o recorte da área do projeto praticamente não sofre influência desses eventos. Diferentemente, a cena do dia 07-07-07, possui algumas poucas nuvens na parte norte do PARNASO, porém a cena como um todo possui uma ótima qualidade geral, sendo então criada a classe Nuvens somente para atender a cena adquirida nesta data.

### 5.6 Treinamento supervisionado

A realização de amostras com um nível de confiabilidade aceitável, mostrou-se um processo extremamente exaustivo, tanto em termos de tempo como em termos da checagem visual dos resultados. Uma das preocupações iniciais foi o de garantir uma quantidade significativa de amostras para cada tema, ou seja, pelo menos 10 regiões, de forma a ter cerca de 100 pixels representativos conforme recomendado na literatura do SPRING. O método Bhattacharya foi utilizado de forma inicial para efeito de teste da amostragem, sendo a amostragem refinada por diversas vezes para que fosse possível eliminar erros grosseiros identificados visualmente.

Para reduzir os efeitos limitantes da confusão de temas ocasionados pela resolução espacial limitada do sistema CBERS, foram adotadas as seguintes medidas metodológicas:

- a) Eliminação da classe Corpo de Água no processo automático, pois houve o impedimento da obtenção da variedade amostral necessária
- b) Utilização do recurso *agrupar* da janela de *Treinamento* do SPRING para realizar o agrupamento da classe floresta média com floresta avançada devido a

grande quantidade de segmentos intermediários de difícil identificação (separação) na cena, e da classe afloramento rochoso com campos de altitude, sendo este último um procedimento temporário. Posteriormente a classe campos de altitude foi definida manualmente, porém, em virtude da ausência de visitas ao campo, este processo teve como base informações de outros mapeamentos existentes no parque e das curvas hipsométricas.

- c) Desativação da visualização do PI da segmentação para um melhor resultado no processo de seleção das amostras, evitando assim a tendenciosidade do operador durante a atribuição da amostra.

### 5.7 Resultados do classificador Bhattacharya

Na classificação pelo método Bhattacharya, percebeu-se que com a redução da incerteza do pixel através da definição do limiar de aceitação a quantidade de informações não classificadas atingiu níveis críticos como mostrado na figura 12 (cor de fundo branca) para o limiar máximo em termos de certeza (75%), ou seja, ao optar-se por somente considerar as regiões que tivessem alta garantia de coincidência com o tema, perdia-se a possibilidade de classificar áreas importantes.

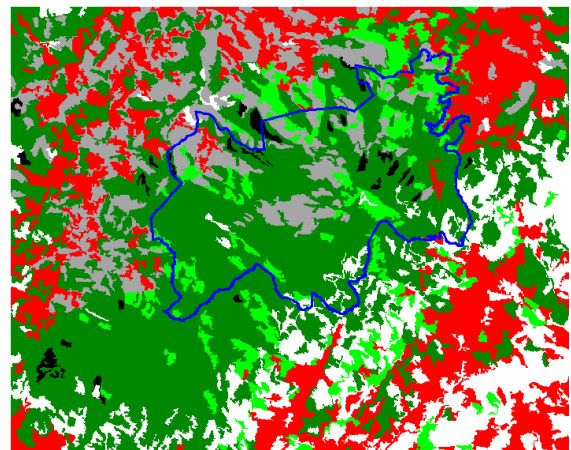


Figura 12 - Classificação Bhattacharya 75% (23-09-07)

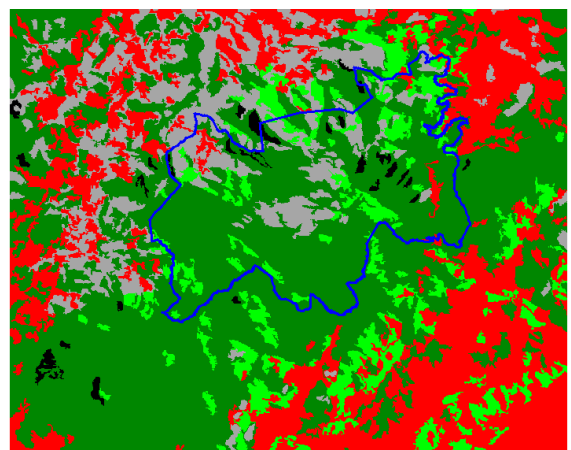
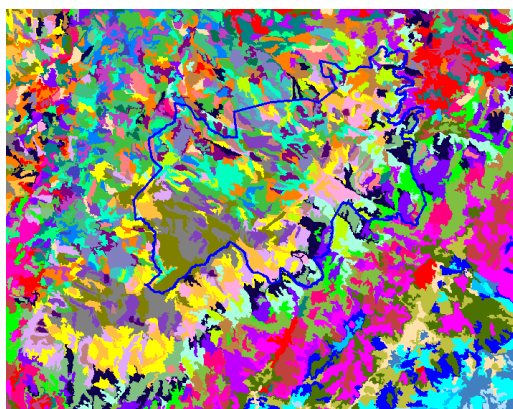
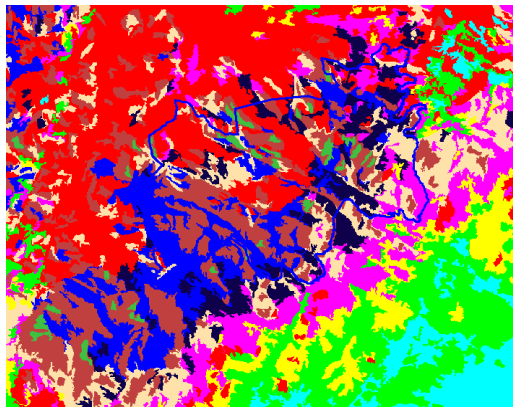


Figura 13 - Classificação Bhattacharya 99.9% (23-09-07)

### 5.8 Resultados do classificador ISOSEG

Como se trata de um método não-supervisionado, os resultados da opção de similaridade para o método ISOSEG resumem-se à quantidade de classes geradas, porém, nesse método nenhuma região deixou de ser classificada. O limiar de 75% gerou um número muito maior de classes distintas do que no limiar de aceitação máxima (99.9%) conforme ilustrado nas figuras 14 e 15 para a data de 23-09-07.



Figuras 14 e 15 – Clas. ISOSEG 99.9% (alto) e 75% (acima) (23-09-07)

### 5.6 Resultados do classificador MaxVer

Foram realizados testes utilizando classificadores por pixel com treinamento supervisionado, mas teve-se o cuidado de garantir a mesma amostragem utilizada nos métodos anteriores.

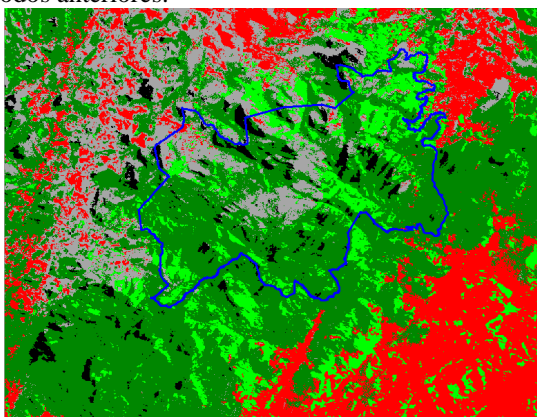


Figura 16 – Classificação MaxVer 100% (cena 23-09-07)

### 5.7 Resultados do Classificador Dist.Euclidiana

O método Distância Euclidiana mostrou-se como sendo o mais simples entre os métodos supervisionados, porém, o mesmo não possui nenhuma opção de ajuste, produzindo sempre um único resultado, o que em alguns casos pode até servir para evitar erros acidentais.

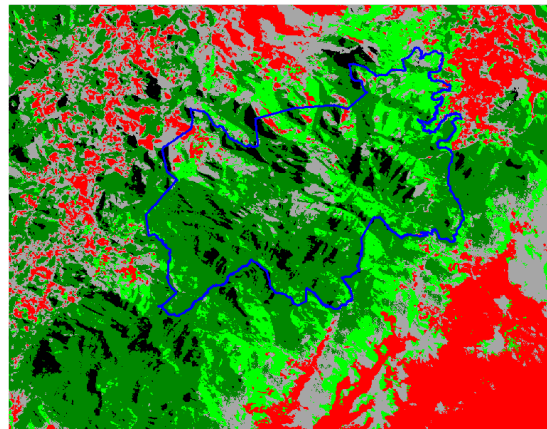


Figura 17 – Classificação Dist.Euclidiana (23-09-07)

## 6 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

No intuito de suprir, mesmo que de forma superficial, a ausência de visitas ao campo para realização de identificação, reambulação e validação dos resultados encontrados no processo de classificação, o autor realizou procedimentos de comparação visual com os seguintes produtos:

- Mapas do plano de ampliação do PARNASO (2006)
- Base vetorial de transporte e hipsometria do IBGE
- Mapa de cobertura da Terra Fundação CIDE (1994)
- Mapa de vegetação da APA Petrópolis (2005)

Tal procedimento não visa, de forma alguma, a classificação qualitativa ou quantitativa dos resultados. Mas apenas teve o objetivo de funcionar como alternativa para identificar possíveis erros grosseiros cometidos pelo processo computacional. É dito possível neste momento porque as próprias fontes de comparação podem conter informações imprecisas ou – principalmente e também inevitavelmente – desatualizadas. As comparações realizadas foram utilizadas somente para confirmação das áreas cujos resultados foram idênticos, ou seja, para efeito de validação positiva.

## 7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Os procedimentos metodológicos de classificação utilizados até aqui para as cenas do dia 23-09-07 (DIA-23) foram replicadas para realização de ensaios comparativos para as cenas adquiridas na data de 07-07-07 (DIA-07). Ao final dos ensaios foi possível destacar as seguintes conclusões relevantes:



a) Tendo por base a zona de sombra da cena do DIA-07, ficou claro que a definição de similaridade com valores “altos” (30 a 60) como sugerido em alguns trabalhos baseado em imagens IKONOS não atende os propósitos do mapeamento desejado com o sistema CBERS, da mesma forma o valor da área acima de 500 pixels também não atende os propósitos. A seleção da melhor composição para o projeto em questão foi a segmentação com similaridade 5 e área 200 pixels, que permitiu uma ótima coerência dos contornos gerados.

b) A mancha urbana detectada pelos métodos Dist.Euclidiana e MaxVer para o DIA-23 foi muito maior do que a esperada para o local, principalmente ao norte e sudeste do recorte, o método Bhattacharya apresentou o mesmo problema mas de forma mais sutil. Na aplicação ao DIA-07 os métodos apresentaram resultados adequados com as informações de referência, porém todos classificaram excessivamente as bordas das manchas urbanas como afloramento rochoso, o que não é por si só totalmente estranho, porém não condiz totalmente com as curvas de nível e com o aspecto visual do local analisado.

c) A qualidade da cena no que tange aos fatores físico-químicos e, principalmente, climáticos do momento do imageamento, é essencial para a interpretação dos resultados e também para a produção de um resultado cartograficamente confiável. O fator temporal ou a simples configuração de cobertura percentual de nuvens, não podem ser considerados suficientes para a seleção de uma cena capaz de produzir resultados satisfatórios. A utilização de uma segunda cena, mesmo que de data mais antiga, foi fator primordial para a crítica dos resultados e eliminação de dúvidas importantes tanto na interpretação de classes como na avaliação do desempenho dos classificadores.

d) Também foi possível perceber a influência da forte incidência solar na cena do DIA-07 através das grandes áreas classificadas como sombra ou ainda pela textura uniforme entre algumas áreas elevadas que intercalavam as duas classes de Floresta Ombrófila utilizadas no processo, podendo ser a intensidade e inclinação do sol, um fator de complexibilidade para a correta identificação das assinaturas espectrais

e) Comparando os resultados de 75% com os outros até 99.9% do método Bhattacharya, foi possível identificar que houve um aumento significativo e progressivo na quantidade de áreas classificadas sem que houvesse um erro qualitativo significativo a nível visual. Na opção máxima de aceitação (99.9%) é possível perceber que nenhuma área deixou de ser classificada.

f) Uma conclusão secundária do presente estudo, porém não por isso menos importante, foi o testemunho do amadurecimento da versão 5 do sistema SPRING. Além da renovação da interface, que passou a incluir conceitos que já eram utilizados na maioria dos softwares comerciais da mesma categoria, mostrou-se muito mais estável e com funções mais intuitivas. Porém, é possível destacar que algumas funções ainda estão necessitando claramente de aprimoramento, incluindo o módulo SCARTA que continua com os mesmos recursos

limitadíssimos das versões anteriores. Um recurso ausente e que fez muita falta é a conversão ou importação das bases vetoriais do IBGE no formato padrão utilizado por este órgão, ou seja, DGN. Essa limitação obrigou o uso de um software comercial (ArcGIS 9.2) somente para realização desse processo. De maneira geral, é possível concluir que os três módulos do sistema SPRING (IMPIMA, SPRING e SCARTA) permitem ao usuário com certa facilidade de operação de softwares e razoável conhecimento cartográfico e de PDI, a elaboração de todas as etapas da produção de um mapa.

g) Em nível de análise estatística e também de custo computacional, é sugerida a realização de testes mais exaustivos de classificação, tanto para avaliação dos demais classificadores existentes, tal qual K-medias, Clatex e Histograma (todos disponíveis no SPRING), como para a comparação refinada com os resultados dos métodos clássicos, inclusive com análise do índice Kappa, sendo que este último depende obrigatoriamente de investidas em campo. Esses testes são considerados pelo autor como primordiais para a definição do melhor classificador a ser utilizado num possível (e recomendado) monitoramento sistemático da UC.

## REFERÊNCIAS

**CRUZ**, Zargo Quaresma da. Mapeamento Digital Regional do Uso e Cobertura da Terra em Unidade de Conservação a partir de imagens CBERS para apoio à Gestão Ambiental. Estudo de Caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). *Monografia*. Rio de Janeiro: UERJ, jul. 2008.

**DLUGOSZ**, Fernando Luis; et al. Avaliação Quantitativa da Segmentação por Crescimento de Regiões...em imagens Ikonos. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis. *Anais*. abr. 2007.

**IBGE**. *Manual Técnico de Uso da Terra*. Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 2001

**LIU**, William Tse Horng. *Aplicações de Sensoriamento Remoto*. Ed. Uniderp, 2006.

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE**. Agenda 21 Brasileira: Resultado da Consulta Nacional. Brasília: MMA/PNUD, 2002.

**NETTO**, José da Silva Madeira; **MENESES**, Paulo Roberto. *Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais*. Brasília: Ed. UnB, Empraba Cerrados, 2001.

**NOVO**, Evelyn M.L. de Moraes. *Sensoriamento Remoto: Princípio e Aplicações*. Ed. Edgard Blucher Ltda, 1992.

**SPRING**. Apresenta as informações sobre o sistema SPRING. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/SPRING> Acesso em: 15 jul. 2008.