

Estudo multiescalar da fragmentação florestal utilizando análise baseada em objetos

Eduardo Ribeiro Lacerda¹
Maria Luisa da Fonseca Pimenta²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/DGEO
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Rio de Janeiro – RJ, Brasil
eduardolacerdageo@gmail.com

²Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências/Coordenação de Recursos Naturais
Av. República do Chile, 500 - 20031-170 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
pimenta.marialuisa@ibge.gov.br

Abstract. This work has the objective of presenting a methodological discussion of the scale effect in studies related to forest connectivity. The research is based on the assumption that the research landscape at different levels of analysis can highlight different problems, bringing new questions and solutions that can be applied to the environmental planning. In addition, this study demonstrates how the application of new approaches such as the Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA) became essential for projects like this one, where such scale variation exists in the delimitation of objects of analysis itself. This methodology was applied to satellite images from Worldview-2 and Landsat-8 to generate maps of remnant vegetation - dense rain forest – using a scale of 1:10,000 and 1:100,000 respectively, on an experimental sub-basin in the mountain region of the state of Rio de Janeiro (BR). The paper also uses a new way of generating maps of forest fragmentation using the software GuidosToolbox. The use of this software well as the use of other methodologies as described previously enabled that we could observe new problems when we change the scale of mapping. The fragmentation pattern shown in 1: 100,000 scale failed to demonstrate problems in land use generated by human intervention when analyzed at 1: 10,000 scale, as well as other problems presented on this paper. Thus, the use of such methods has been proposed as a breakthrough in the landscape analysis using geotechnologies.

Palavras-chave: Object based image analysis, forest fragmentation, classificação baseada em objetos, escala, GEOBIA, GuidosToolbox

1. Introdução

O avanço da ciência da geoinformação tomou rumos importantes nos últimos vinte anos, principalmente ao considerarmos seu ganho em maturidade metodológica. Apesar disso, estudos sobre fenômenos de alta variabilidade de estado, como é o caso do uso da terra, ainda possuem uma forte dependência da capacidade computacional de derivar equações matemáticas formais para processar e descrever variações no espaço-tempo (CÂMARA *et al.*, 2004). Conhecendo tais limitações, ela atualmente se concentra em encontrar alternativas metodológicas para lidar com informações desse tipo.

Um exemplo desse esforço é o constante desenvolvimento de algoritmos de classificação de imagens, já que é uma aplicação importante dentro das geotecnologias por ser uma ferramenta primordial na geração de mapas temáticos digitais. Com o passar dos anos, a implementação da análise baseada em objetos - derivada da informática - assim como o desenvolvimento de algoritmos e *softwares* que a possibilitem, transformou o desenvolvimento de produtos cartográficos em um processo bem mais complexo e robusto do que uma simples análise espectral baseada em *pixels* ou em segmentos.

A partir disto, outros elementos puderam ser implementados durante o processo de análise dos dados; no entanto, nem todos aqueles necessários para uma adequada análise espacial podem ser implementados diretamente no algoritmo de classificação ou analisados

diretamente pelo *software* em uso. Variáveis como as derivadas da questão da escala muitas vezes são determinantes para a problematização e interpretação de problemas geográficos, que podem não ser evidenciados ao se analisar um recorte do espaço em somente um nível de generalização.

A aplicação das geotecnologias na análise ambiental, principalmente voltada a estudos de fragmentação florestal, conhece bem este tipo de problema escalar. Não somente no entendimento do que pode ser representado como um fragmento e de seu tipo, mas também na escala adequada para a sua visualização e representação (SANTOS, 2013). Estudos como este propõem a discussão e a aplicação de metodologias que colaborem no entendimento dos processos e da estrutura da paisagem, beneficiando as aplicações em planejamento ambiental, tal como a definição de áreas prioritárias para recuperação ou preservação, dentre outros.

Para tal, a presente pesquisa escolheu como área-piloto de estudo a sub-bacia do rio Bananeiras, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio São João (BHRSJ), que se localiza na região das Baixadas Litorâneas do estado do Rio de Janeiro, interior à Área de Proteção Ambiental da bacia do rio São João/Mico-Leão-Dourado, que serve de área de amortecimento à Reserva Biológica Poço das Antas. A BHRSJ está situada dentro do contexto da Mata Atlântica, entre a Serra do Mar e o litoral atlântico, e posiciona-se à oeste da Bacia Hidrográfica da Baía da Guanabara (Figura 1).

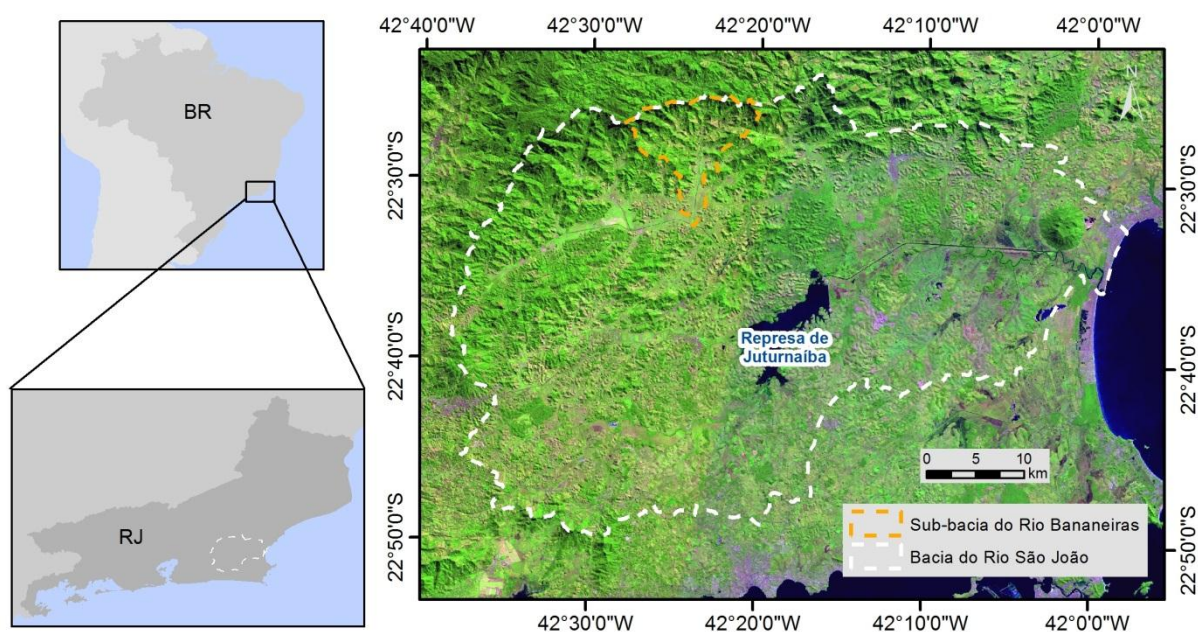


Figura 1. Localização da área de estudo. Imagem *Landsat* 8 OLI com composição R(6)G(5)B(4) do dia 27/06/2014.

Suas paisagens, ao longo dos últimos 500 anos, foram intensamente modificadas pelo desmatamento com fins de implantação de atividades agropastoris e, a partir dos anos de 1960, de forma pontual com obras hidráulicas nas planícies aluviais realizadas pelo extinto DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento). Conforme demonstrado por Seabra & Cruz (2013), a BHRSJ apresentou mudanças mais significativas justamente a partir da década de 1970, quando houve crescimento urbano e a drenagem artificial para ganho de áreas de pastagem. Os autores apresentam também a hipótese da favorabilidade à recuperação de áreas degradadas de acordo com a proximidade de remanescentes vegetacionais.

Frente a esta problemática ambiental, dada sub-bacia foi eleita como representativa para uma área experimental em testes de mapeamentos de remanescentes vegetacionais em escalas distintas, sendo a mais generalizada de 1:100.000 e a de maior detalhe de 1:10.000, realizados por análise baseada em objetos. Além disso, os dados de saída gerados em tais classificações

automatizadas foram submetidos a análise de conectividade da paisagem no *software* GUIDOS, qual possui pesquisa emergente no Brasil.

2. Metodologia

Lacoste (1982), um dos precursores na discussão do conceito de escala geográfica, afirma que “no plano do conhecimento, não há nível de análise privilegiado, nenhum deles é por si só suficiente”. Em verdade, os estudos sobre escala estiveram presentes em muitos momentos da história da Geografia e dos pesquisas com dados espaciais, sendo assim, pode-se dizer que eles não são novos; entretanto, a necessidade de melhor entender a atuação antrópica no espaço, assim como seus processos naturais, paralelamente ao desenvolvimento de novas tecnologias de análise, trouxeram de volta muitas questões sobre o uso da escala.

A grande disseminação da utilização de SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) e SIGWebs gerou uma falsa sensação de independência escalar no usuário, que por sua vez consegue analisar o mesmo objeto de acordo com várias supostas etapas de generalização do mesmo (MENEZES & COELHO NETTO, 1997). Autores como Goodchild & Quattrochi (1997) discutem ainda que em alguns estudos geográficos a generalização desses objetos acaba por adicionar informação ao invés de diminuir, já que determinadas informações geográficas só se tornam aparentes quando vistas a distância.

Frases como a de Lacoste se tornam assim cada vez mais atuais, já que a quantidade de informação georreferenciada que conseguimos processar atualmente não é só maior, como grande o suficiente para que possamos quebrar paradigmas computacionais de análise espacial que antes eram grandes problemas (OPENSHAW, 2014). A possibilidade de processamentos utilizando técnicas de mineração de dados, modelos *fuzzy*, análise baseada em objeto, assim como a utilização de imagens orbitais de altíssimas resoluções, mostram que os dados podem ser analisados de forma muito mais complexa; o que modifica não só a sua legenda final, como a sua problemática, e ainda fazendo com que a perda de informação útil de acordo com as generalizações existentes seja diminuída.

A análise baseada em objetos foi escolhida para este mapeamento multi-escalar por ser a técnica de classificação de imagens que consegue lidar com a maior quantidade de tipos de informação espacial ao mesmo tempo. Além disso, os classificadores que utilizam a abordagem GEOBIA (*Geographic Object-Based Image Analysis*) são diferentes dos métodos baseados em *pixel*, já que buscam reproduzir o raciocínio humano, sendo uma ramificação aplicada da Inteligência Artificial (CARVALHO, 2011 *apud* SANTOS, 2013). Esta abordagem necessita que a imagem seja segmentada em objetos de acordo com características dos dados de entrada, com base na experiência do especialista.

De acordo com o objetivo deste estudo, a área em questão foi mapeada e analisada em escalas distintas, 1: 100.000 e 1:10.000, visando entender as diferenças entre o padrão de conectividade dos fragmentos remanescentes realizando dois mapeamentos de uso da terra por meio de classificação baseada em objetos. Foram utilizadas para o mapeamento duas imagens de produtos digitais orbitais distintos para atender a escala pretendida: a OLI-Landsat 8, capturada no dia 9 de fevereiro de 2013 na órbita-ponto 216-076, com resolução espacial de 30 m, e uma mosaico de imagens do *Worldview-2* do dia 20 de setembro de 2010, com resolução espacial de 0,5 m; entre outras características distintas.

A realização deste trabalho ocorreu em diversas etapas e utilizou-se *softwares* distintos de acordo com as suas funções de destaque (Figura 2). O primeiro algoritmo a ser utilizado para o processamento das imagens foi o de segmentação multiresolução do *software eCognition 8.7*. Para a segmentação da imagem do *Landsat 8*, foi estabelecido como parâmetro de escala o valor 100, com critérios de homogeneidade de 0,2 para *shape* e de 0,8 para o *compactness*,

além de peso diferenciado para as bandas (peso 1 para as bandas 2, 4 e 8 e peso 2 para as bandas 3, 5, 6 e 7). Já na segmentação da imagem *Worldview 2*, utilizou-se como parâmetro de escala o valor 150, valor de *shape* 0.1 e de *compactness* 0.5. Na *Worldview 2*, deu-se peso maior apenas a banda 4 (infravermelho próximo), enquanto as outras três no espectro do visível tiveram peso 1.

Em se tratando de uma classificação supervisionada, após a etapa de segmentação das imagens, iniciou-se o processo de estruturação das classes e de coleta de amostras (*samples*) para cada uma delas. É importante lembrar que esta etapa de criação de classes para a classificação automática do *eCognition* visa a elaboração de uma primeira classificação, para ao final poderem-se fundir algumas das classes e gerar uma mapa binário (Floresta e Não-Floresta), já que esta é a única forma de entrada dos dados para o *software GUIDOS* poder elaborar seu mapa de fragmentação florestal.

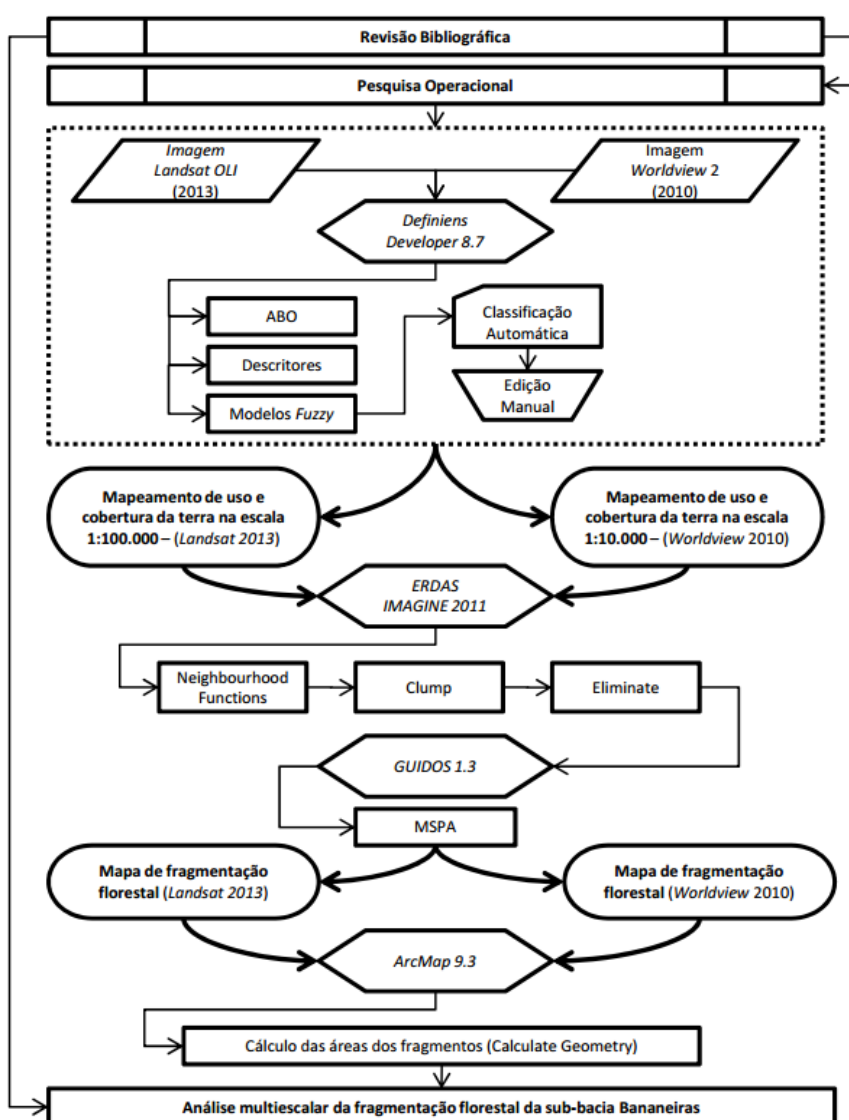


Figura 2. Fluxograma metodológico.

Nesta etapa então estabeleceu-se que a classificação da imagem *Landsat 8* teria as seguintes classes: floresta, nuvem, sombra e outros; já para a imagem *Worldview-2* foram eleitas: floresta, floresta sombreada, sombra, água e outros. A escolha das classes foi baseada na escala de análise e na resposta que se obteve na identificação dos objetos após o processo

de segmentação. A escolha pela criação da classe "floresta sombreada", por exemplo, aconteceu porque houveram respostas espectrais que não se encaixavam nem na classe "floresta" e nem na classe "sombra".

Iniciou-se então o processo de modelagem dos descritores das amostras (Tabela 2). As classe "floresta" da imagem do *Landsat 8* pode ser caracterizada utilizando a média (*mean*) da banda 3 e da banda 8, já para a classe "nuvem", foram utilizadas a média da banda 5 e o brilho (*brightness*) e, finalmente, o brilho e o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) para a classe "sombra". Já para a modelagem das quatro classes criadas na classificação da imagem do *Worldview-2*, foram escolhidos os descritores: NDVI para a classe "água"; média da banda 1 e da banda 3 para a classe "floresta sombreada"; a máxima diferença (*max. diff.*), a média da banda 3 e o NDVI para a classe "floresta" e, finalmente, o brilho, o desvio padrão (*standard deviation*) da banda 2 e a média da banda 2 para a classe "sombra".

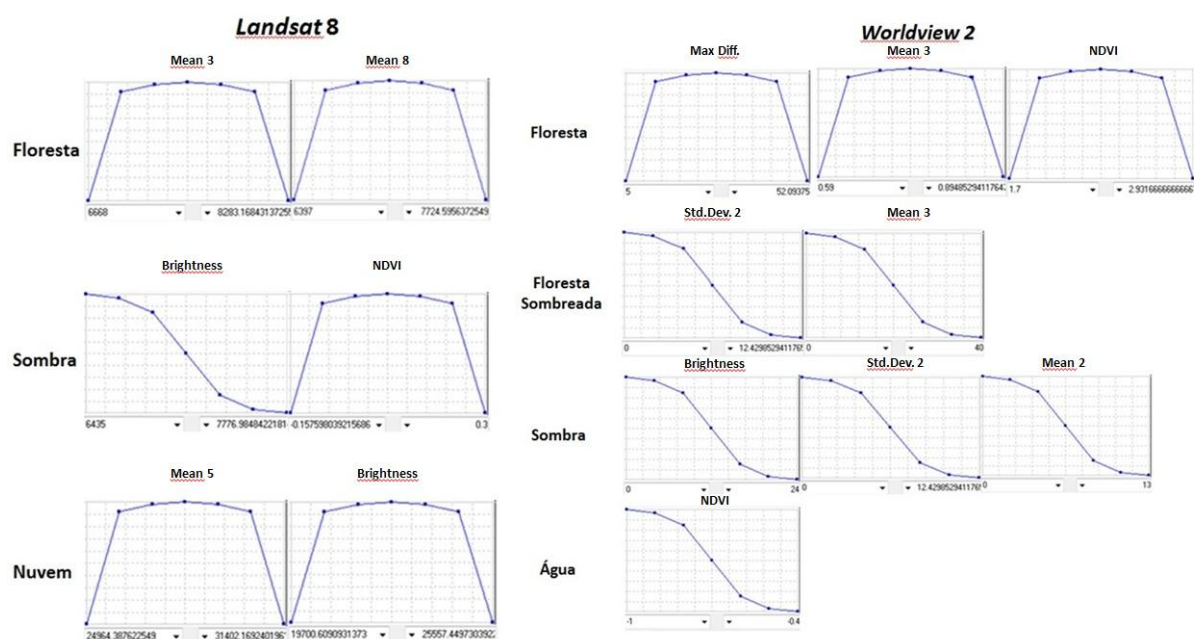


Tabela 2. Síntese dos descritores utilizados para mapeamento das florestas.

Após a etapa de delimitação dos descritores que seriam utilizados, inicia-se a etapa de classificação automática das imagens através do algoritmo *Classification*, responsável por generalizar os modelos de classes por todos os objetos de acordo com seu maior grau de pertinência à cada uma delas. O resultado foi analisado cuidadosamente e editado manualmente no mesmo *software* até que não houvessem erros perceptíveis para as escalas de mapeamento. Os mapeamentos foram então exportados em formato vetorial e na plataforma *ArcGIS 9.3* transformados em mapas binários (floresta e não-floresta, em .IMG) fundindo algumas das classes anteriormente criadas..

Os erros decorrentes da classificação automática que não foram editados manualmente, ou possíveis objetos delimitados não relevantes à escala de mapeamento puderam ser retirados através de três filtros de generalização, conforme Seabra (2009). Eles foram aplicados utilizando o *software ERDAS IMAGINE 2011*: o primeiro foi o *Neighbourhood Functions*, utilizando a função *Majority* e o parâmetro de tamanho de janela (*size*) de 5 x 5 para a escala 1:100.000 e de 3 x 3 para a 1:10.000. Depois, utilizou-se o agrupamento de classes (*Clump*) para conectar em uma mesma estrutura as células vizinhas que pertencessem à mesma classe.

Por último, o *Eliminate* foi aplicado para eliminar áreas que não seriam percebidas na escala de análise, sendo de 5ha para a escala 1:100.000 e de 1ha para 1:10.000, de acordo com IBGE (2013), o que promoveu não só a adequação à escala mas também a diminuição da

quantidade de elementos para serem processados posteriormente e conseqüentemente diminuiu o tamanho total do arquivo e seu tempo de processamento, o que foi importante para finalização da próxima etapa. Ressalta-se que tanto o parâmetro adotado para o *Neighbourhood Functions* como para o *Eliminate* foram escolhidos de acordo com a escala com a qual se está trabalhando.

Após este tratamento, os mapeamentos passaram a ser trabalhadas no *software GUIDOS* 1.3. O *GUIDOS* é um *software* livre desenvolvido pela EC - JRC (*European Commission - Joint Research Centre*) voltado para a análise espacial de fragmentos florestais (VOGT, 2012). Trabalhos como os desenvolvidos por Seabra (2013) já mostraram a potencialidade do programa como uma ferramenta diferenciada para a análise de padrões de conectividade, destacando-se em aplicações de *landscape planning*.

Através do módulo MSPA (*Morphological Spatial Pattern Analysis*), é estabelecido pelo usuário o número de *pixels* referentes à largura da borda dos fragmentos. Esta é uma definição importante, baseada nos preceitos da Biogeografia, pois toda a análise de conectividade realizada pelo *software* parte deste parâmetro. Para a escala 1:100.000 utilizou-se o valor 4 (*Edge Width*), que corresponde à largura de 120 m, definido de acordo com resultados anteriores obtidos por Seabra (2013); enquanto que na análise 1:10.000 foram realizados alguns testes, já que não foi encontrada bibliografia que retratasse a utilização de produtos provenientes de imagens de altíssima resolução espacial neste *software*. Assim, delimitou-se o valor de 25 *pixels*, o que corresponde a 12,5 m.

3. Resultados e Discussões

Os mapeamentos de fragmentação florestal no *software GUIDOS* realizados com as duas imagens de resoluções distintas obteve como resultado, como esperado, dois mapas de fragmentação florestal com níveis de detalhamento bem distintos, com o resultado provenientes de processamento da imagem do *Landsat 8* com níveis de generalização muito maiores do que aquele obtido através da imagem do *Worldview-2* (Figura 3).

A análise métrica de cada um dos mapeamentos foi realizada no *software ArcGIS 9.3* (Tabela 4). É interessante notar que o valor comparativo entre cada uma das classes não ultrapassou a diferença de 6,5 Km². Contudo, apesar de não existirem valores de diferenças absolutas radicais em nenhuma delas, classes que não foram classificadas no mapeamento 1:100.000, como "Falso Corredor em Clareira" e "Stepping Stones", puderam ser encontradas no outro de maior detalhe.

Ainda, analisando os resultados, foi possível perceber que a resposta espectral na porção mais ao norte da sub-bacia, onde predominam as maiores altitudes e provavelmente existe predominância de florestas mais desenvolvidas, mostrou maior diferença. Enquanto na escala mais generalizada percebeu-se a presença de poucas e grandes clareiras, em nível de análise 1:10.000 tem-se muitas clareiras com pequena dimensão espacial e conectadas por corredores. Correlacionando com a rede de canais fluviais, percebe-se que estas pequenas clareiras estão localizadas justamente nas cabeceiras de drenagem, evidenciando uma intervenção antrópica nessas áreas. É importante ressaltar que este tipo de entendimento só foi possível porque a escala diferenciada permitiu que percebêssemos tal problema.

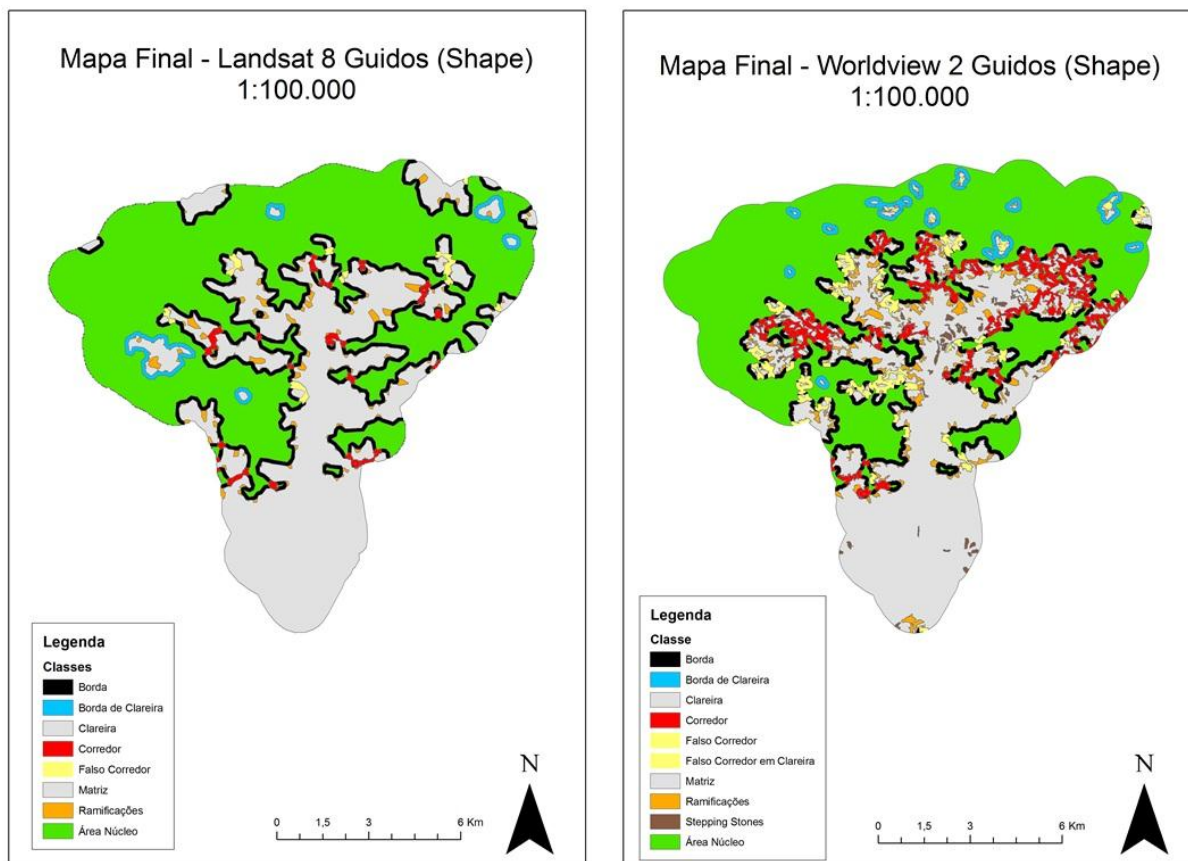


Figura 3. Mapeamento de fragmentação florestal na escala 1:100.000.

	Landsat 8 (Km2)	Worldview 2 (Km2)	Diferença (Km2)
Matriz	45,5	42,5	3
Ramificações	2	5	3
Borda	13,5	9	4,5
Área Núcleo	64	58	6
Corredor	1,5	8	6,5
Falso Corredor	4	0,5	3,5
Clareira	1,5	0,1	1,4
Borda de Clareira	0,2	2,7	2,5
Falso Corredor em Clareira	0	0,2	0,2
Stepping Stones	0	1	1

Tabela 4. Comparação da fragmentação florestal por escala.

4. Considerações finais

O nível de qualidade de uma classificação é essencial para estudos da métrica da paisagem; sendo assim, primeiramente conclui-se que a utilização de análise baseada em objeto foi essencial para que se pudesse gerar produtos com um nível de detalhamento distinto e consistente, e assim realizar as posteriores etapas no *software GUIDOS*.

Com este trabalho, também pode se observar que ao analisar a mesma área de estudo sob uma perspectiva multiescalar conseguiu-se entender de forma prática a problemática da mudança do nível de análise. Ao analisar a imagem de média resolução espacial, percebemos a existência de grandes clareiras, o que nos faz pensar automaticamente que possa existir uma intervenção antrópica de grande porte na área, enquanto grande parte da parte florestada

continua preservada de forma quase que intocada. Já quando passamos para uma imagem de alta resolução em uma escala cartográfica maior, percebemos que as supostas clareiras na verdade não passam de pequenas áreas de pasto com áreas ainda florestadas sendo conectadas por corredores. Além disso, percebe-se que áreas que supostamente eram "intocadas", na verdade possuem sim intervenção antrópica principalmente nas áreas dos canais fluviais.

As imagens de alta resolução espacial ainda são caras e difíceis de se manipular em ambiente computacional. Apesar disso, a possibilidade de trabalhar com produtos de resolução espacial maior nos dá a chance de analisarmos a mesma paisagem através de uma nova problemática. Além disso, é importante lembrar que o fato de muitos problemas só serem percebidos em determinadas escalas, nos leva a pensar em que as imagens de alta resolução são importantes não só para analisar antigos problemas de forma mais detalhada como também de solucionar problemas únicos que atendem somente a esta escala.

Desta forma, o embasamento técnico-científico deste trabalho pode contribuir para que possamos entender não só a estrutura da conectividade da sub-bacia bananeiras na bacia hidrográfica do rio São João, como para suportar futuros trabalhos que visem trabalhar com a perspectiva multiescalar. Esta perspectiva multiescalar é para autores como Câmara *et al.*(2004), a característica principal de análises dos futuros SIG's e da ciência da geoinformação no geral.

5. Referências Bibliográficas

- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Orgs.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. 345p.
- CARVALHO, M. V. A. **Classificação da cobertura e uso do solo com imagens WorldView-2 utilizando mineração de dados e análise baseada em objetos**. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, Brasil, 2011.
- GOODCHILD, M. F.; QUATTROCHI, D. A., **Scale, multiscaling, remote sensing and GIS, Scale in Remote Sensing and GIS**, Lewis Pub, CRC Press, Boca Raton, 1997
- IBGE. **Manual técnico do uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 3ª Edição 2013. 171p.
- LACOSTE, Y. **A Geografia - Isso serve, em primeiro lugar, para fazer a Guerra**. 1982
- MENEZES, P. M. L. & NETTO, A. L. C. **Escala: Estudo de Conceitos e Aplicações**. Portal Janus. Disponível em www.cartografia.ime.br/artigos. IME. Rio de Janeiro. Acessado em: 05/2008. 1997.
- OPENSHAW, S. **GeoComputation in: GeoComputation**. CRC Press. 2014
- SANTOS, R. H. L. **Mapeamento da Vegetação Natural e Análise da Fragmentação Florestal Utilizando Imagens de Alta Resolução Espacial e de Classificadores Baseados em Objeto**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Programa de Pós Graduação em Geografia - PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2013.
- SEABRA, V. S. **Análise espacial e multitemporal do padrão de fragmentação florestal na bacia hidrográfica do rio São João**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu - PR, Anais do XVI SBSR, 2013.
- SEABRA, V. S.; CRUZ, C.B.M. **Mapeamento da Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio São João, RJ**. in: Soc. & Nat., Uberlândia, 25 (2): p411- 426. 2013
- VOGT, P. **User Guide of Guidos**. European Commission, Joint Research Centre (JRC). Italy. 2012.