

Influência da resolução espacial de imagens orbitais no mapeamento de fragmentos florestais

Paulo Afonso da Rosa ¹
Fábio Marcelo Breunig ²

¹ Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Av. Roraima nº 1000, 97105-900 - Santa Maria, RS, Brasil
efl_paulo@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Linha 7 de Setembro, s/n, BR 396 Km 40, 98410-000 – Frederico Westphalen, RS, Brasil
fabio-breunig@gmail.com

Abstract. The objective of present study was to evaluate the influence of the spatial resolution of satellite images on the detection and mapping of forest fragments using supervised classification techniques in a case study in north of Rio Grande do Sul (RS) – Brazil. A WorldView-2 image covering the municipality of Taquaruçu do Sul/RS obtained in November 17, 2011 was used for the study. The 0.5 m image was resampled to simulate nominal spatial resolutions of 1, 2, 5, 15, 20, 30, 50, 120 and 250 m. The maximum likelihood algorithm of classification was performed using 32 samples (polygons) belonging to areas with forest cover. The same sample plots were used to classify all images (resolutions) used in the study. Through the supervised classification was possible to identify a gradual decrease in the number of forest fragments as the spatial resolution of images decreased. We found 122,056 forest fragments on the image with a spatial resolution of 1 meter and 51 fragments in the image with 250 meters of spatial resolution. In relation to the area of the fragments, it presented a similar behavior from high up to moderate spatial resolution (1-50 meters), with a small decrease at low resolutions (120 and 250 meters). Thus, we concluded that the number of forest fragments decreases as the images are degraded, as expected.

Keywords: remote sensing, supervised classification, WorldView-2, tree cover.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, classificação supervisionada, WorldView-2, cobertura arbórea.

1. Introdução

Segundo Ponzoni et al. (2001), a resolução espacial de imagens orbitais é um dos principais fatores na definição das feições a serem mapeadas, pois interfere tanto na determinação da área mínima a ser mapeada de uma determinada classe, quanto na sua identificação. De forma simplista, define-se resolução espacial de uma imagem orbital, como sendo o tamanho do menor objeto passível de detecção pelo sensor. Assim, quanto maior a resolução espacial de um sensor (muitas vezes entendido como pixels de menor tamanho), maior será sua capacidade de registrar os detalhes das feições dos alvos. Dessa maneira, a escolha da resolução espacial de uma imagem orbital dependerá dos objetivos do estudo e das características da área a ser mapeada.

O uso do sensoriamento remoto orbital nos estudos da vegetação e para o mapeamento do uso do solo iniciou-se na década de 70, com o lançamento do satélite ERTS 1, mais tarde denominado Landsat 1. A partir de então, iniciou-se um dos períodos de maior avanço na ciência e tecnologia do sensoriamento remoto, assim como nas áreas relacionadas que utilizam esse instrumento. De acordo com Carleer e Wolff (2004), desde então, a resolução espacial dos satélites multiespectrais tem aumentado continuamente, destacando-se o sensor Thematic Mapper, cujo sistema tem produzido imagens com resolução espacial de 30 metros em sua primeira fase (TM5) e posteriormente de 15 metros na segunda fase (TM7). A partir de 1986, o SPOT XS, com resolução de 20 metros, e o Ikonos-2 com 4 metros de resolução.

Ainda segundo Carleer e Wolff (2004), até 1999, a resolução espacial das imagens de satélite disponíveis era incompatível com a precisão geométrica e o nível de detalhamento

requerido para o mapeamento da vegetação em uma escala local. O estudo de áreas com escalas variando de 1:5000 a 1:500 só era realizado a partir de fotografias aéreas de alta resolução. Ainda segundo os autores, atualmente a fotografia aérea continua como uma ferramenta amplamente utilizada nos estudos de vegetação. Entretanto, com o avanço da tecnologia espacial, são disponibilizadas imagens de alta resolução espacial, chegando a marca de centímetros, ampliando as possibilidades de estudo das florestas em escala local. Essas imagens orbitais em alguns casos, são compatíveis ao de uma fotografia aérea, com a vantagem do menor custo por área de abrangência e as vezes, adquiridas em caráter sistemático.

O WorldView-2 é um exemplo de satélite de alta resolução espacial. Lançado em outubro de 2009, o sensor orbital WorldView-2 apresenta resolução espacial de 0,5 metros na banda pancromática e 2 metros nas bandas multiespectrais, além de uma resolução radiométrica de 11 bits. Além das 4 bandas tradicionais (vermelho, verde, azul e infravermelho), próximo ao sensor apresenta 4 bandas adicionais (azul costeiro, amarelo, vermelho limítrofe e infravermelho 2). A disponibilidade dessas quatro novas bandas no WorldView-2, principalmente o infravermelho 2, aumentam a capacidade dos estudos de vegetação, sendo que a mesma é voltada à análises e classificações vegetacionais e estudos de biomassa, segundo GlobalGeo (2014).

Nesse contexto, Erthal et al. (2012) explica que apesar de conhecer as vantagens do uso de imagens de alta resolução espacial para os mapeamentos florestais, sua utilização fica limitada por diversos fatores. O custo de aquisição por km² limita o uso de imagens em grandes áreas e com recobrimento temporal adequado. Campo de vista pequeno, tamanho do arquivo e tempo de processamento devem ser lembrados ainda. Assim, muitas vezes se recorre a imagens de média ou baixa resolução espacial. Entretanto, os erros associados a essa estratégia não são conhecidos.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que Fitz (2008) define como sistemas constituídos por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido, são fundamentais para realização dos monitoramentos e mapeamentos em diversas escalas. Ainda, no contexto do SIG, Silva (2011) destaca o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, que auxilia na identificação e extração de informações contidas nas imagens.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é avaliar a influência das diversas resoluções espaciais no mapeamento de fragmentos florestais, com base na classificação supervisionada pelo algoritmo máxima verossimilhança.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Taquaruçu do Sul, localizado no norte do Rio Grande do Sul. De acordo com dados da prefeitura municipal de Taquaruçu do Sul (2014), o município localiza-se na microrregião do Médio Alto Uruguai, centrado na latitude 27°25' Sul e longitude 23°27' Oeste, com uma altitude média de 475 m, relevo suave ondulado até montanhoso com solos do tipo latossolo vermelho aluminoférrico típico (Erexim). O clima da região é do tipo subtropical úmido, com temperatura média de 19°C, caracterizado por verões quentes e invernos rigorosos, além de uma precipitação média anual de 2300 mm.

Segundo a Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul (2014), o município de Taquaruçu do Sul possui uma área de 76,8 Km² e população total de 2.965 habitantes no ano de 2013. Nesse contexto, os dados da prefeitura municipal (2014), complementam que o

município possui perfil populacional rural e econômico baseado na agropecuária (suinocultura, fomicultura e soja), com uma taxa de urbanização de apenas 30%.

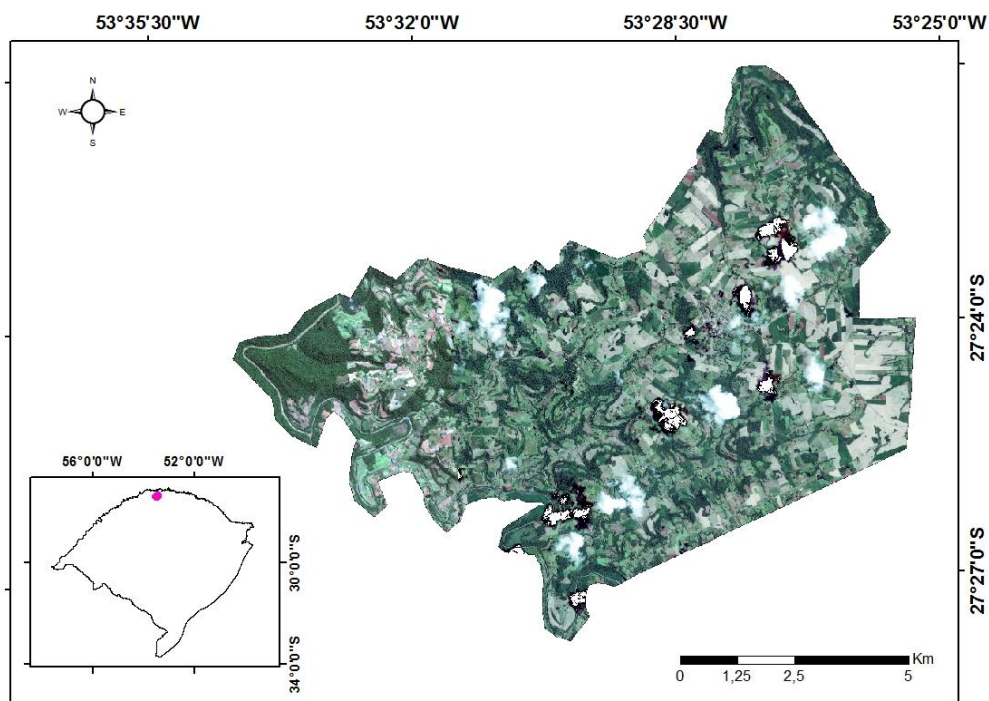


Figura 1: Localização do município de Taquaruçu do Sul no norte do estado do Rio Grande do Sul.

2.2 Processamento das imagens

Nesse estudo foi utilizada uma imagem orbital WorldView-2, obtida em 17 novembro de 2011, em composição colorida cor verdadeira e com resolução espacial de 0,5 metros (produto ortoretificado). De posse da imagem, a mesma passou por uma reamostragem de pixels, resultando em imagens com 1, 2, 5, 15, 20, 30, 50, 120 e 250 metros de resolução espacial nominal, simulando imagens de alguns sensores imageadores atualmente em operação. Essa etapa de processamento foi realizada no aplicativo ENVI 4.8. Cabe destacar que não foram utilizadas as funções *full width at half maximum* (FWHM).

A etapa seguinte referiu-se a classificação das imagens com as diferentes resoluções espaciais pelo algoritmo máxima verossimilhança. Como o processo trata da utilização de um algoritmo supervisionado, foi necessária a coleta de amostras das diferentes classes para a posterior classificação. Para a coleta de amostras, foi utilizada a imagem WorldView-2 com resolução espacial de 0,5 metros. Ao todo, foram coletadas 32 amostras (polígonos) para a classe pertencente à vegetação. Para evitar possíveis confusões na classificação, foram coletadas 32 amostras para a classe pertencente a outros usos (urbanização, agricultura, pastagem, etc), porém as mesmas não constam nos resultados, devido ao estudo ter enfoque na vegetação. A partir dessas amostras, foram classificadas todas as imagens utilizadas no estudo. Após executadas as classificações, foram obtidas as estatísticas e apresentadas em forma de gráficos e figuras. Essa etapa de processamento foi realizada no aplicativo ArcGIS 10.2.1.

A validação dos dados foi determinada a partir de visitas a campo, através do reconhecimento das classes utilizadas no estudo, realizando um comparativo das classes no campo e nas imagens utilizadas na análise.

3. Resultados

Através da classificação supervisionada pelo algoritmo máxima verossimilhança foi possível identificar uma gradual diminuição do número de fragmentos florestais a medida em que a resolução espacial das imagens foi degradada. De acordo com Erthal et al. (2012), a degradação da resolução original das imagens reduz sua capacidade de individualização dos alvos, o que pode restringir sua aplicação a estudos que necessitam de precisão na recuperação de formas complexas e de alta frequência espacial.

A Figura 2 apresenta os resultados da classificação supervisionada para as diferentes resoluções espaciais. Observa-se a abrupta queda do número de fragmentos florestais nas classificações obtidas nas resoluções de 1 e 2 metros. Na imagem com resolução espacial de 1 metro foram encontrados 122056 fragmentos florestais, enquanto que na imagem com resolução espacial de 2 metros foram encontrados 37434 fragmentos, ou seja, em uma pequena diferença de resolução espacial, reduziu cerca de 69% no número de fragmentos florestais.

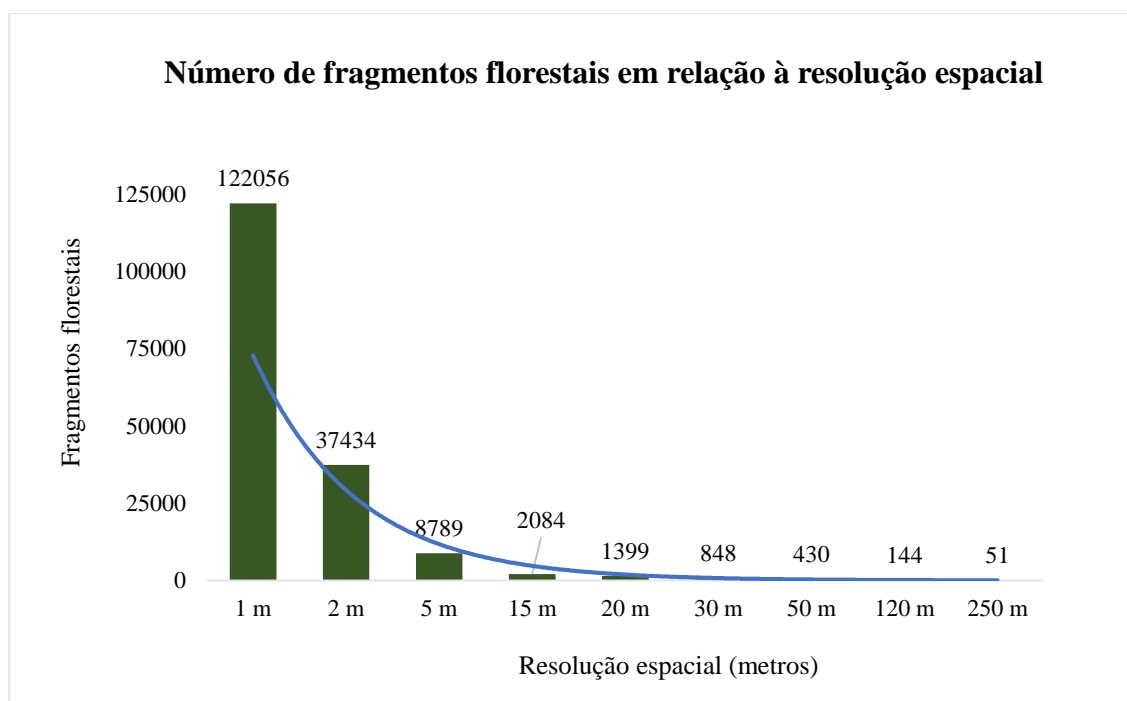


Figura 2. Número de fragmentos florestais mapeados com base em diferentes simulações de resolução espacial para o município de Taquaruçu do Sul, RS, Brasil.

Analisando a mesma figura, juntamente com as figuras 3, 4 e 5, constatamos que existe uma diferença significativa no número de fragmentos florestais nas imagens com resoluções espaciais altas (1, 2, 5 e 15 metros). Em outras palavras, o decréscimo no número de fragmentos nessa faixa de imagens é maior em relação às imagens com resoluções espaciais moderadas e altas (20 m – 250 m). Isso ocorre, possivelmente, porque imagens com alta resolução espacial apresentam um elevado nível de detalhamento, detectando em muitos casos um grande número de árvores isoladas. Ao executar a classificação das imagens, o algoritmo detecta essas árvores isoladas e contabiliza como um fragmento florestal. Quando ocorre a redução da resolução espacial da imagem, esse grande número de árvores isoladas passam a não ser mais detectadas, conseqüentemente o número de fragmentos florestais também decresce.

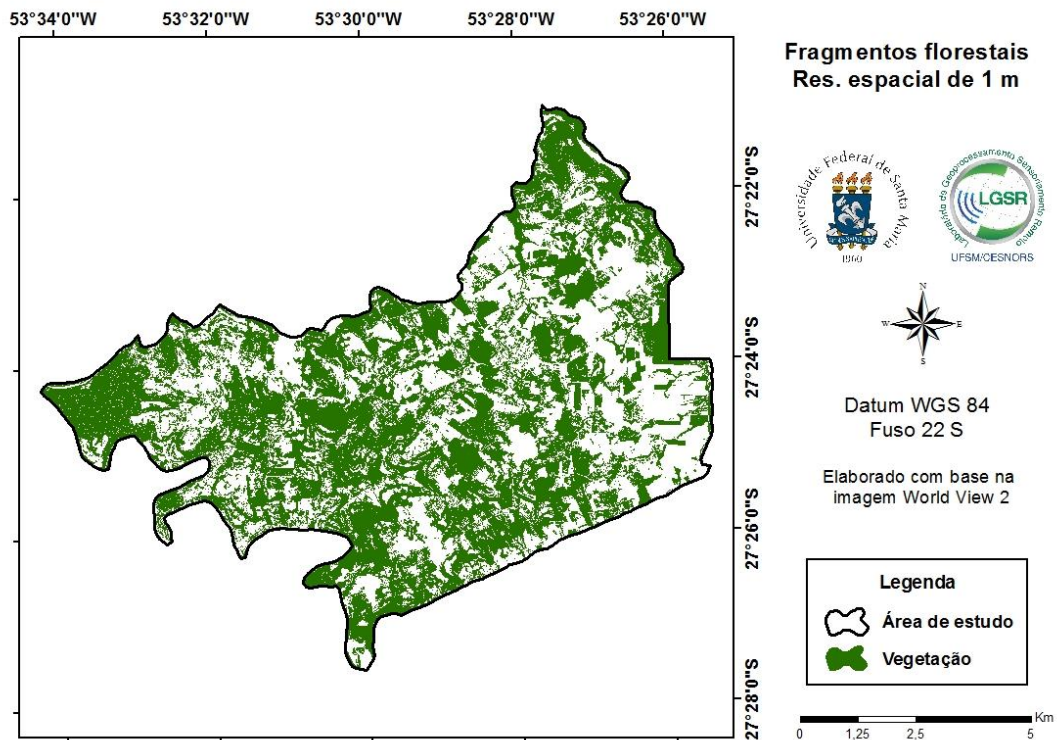


Figura 3: distribuição dos fragmentos florestais baseados na imagem com resolução espacial de 1 metro, para o município de Taquaruçu do Sul, RS, Brasil.

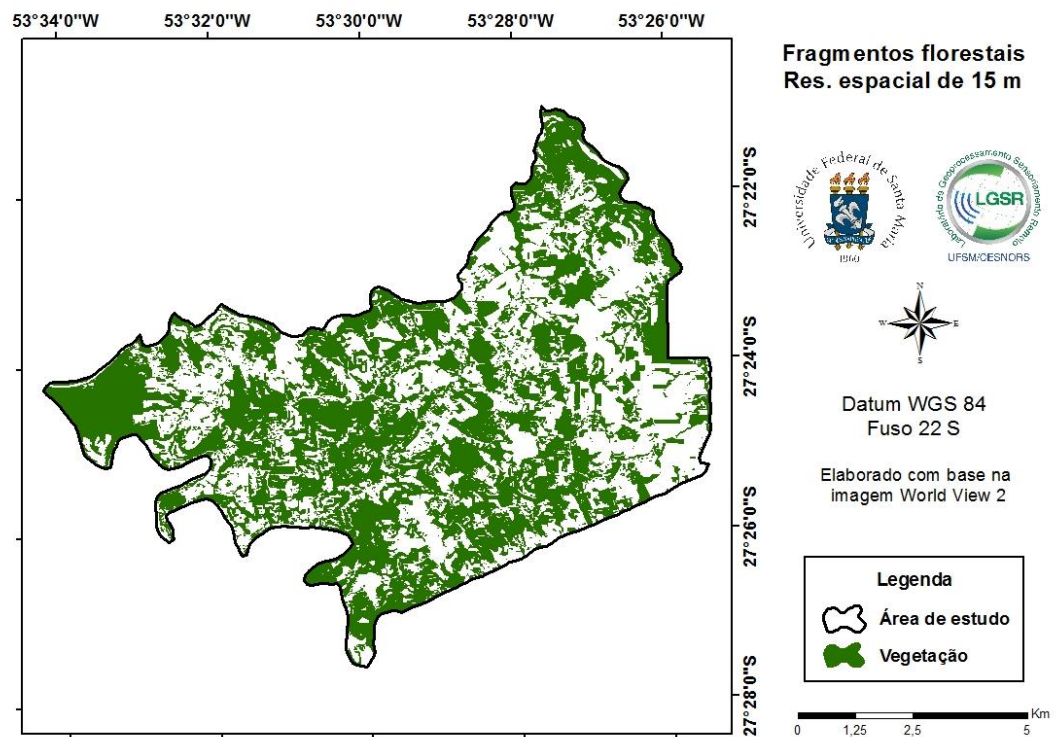


Figura 4: distribuição dos fragmentos florestais baseados na imagem com resolução espacial de 15 metros, para o município de Taquaruçu do Sul, RS, Brasil.

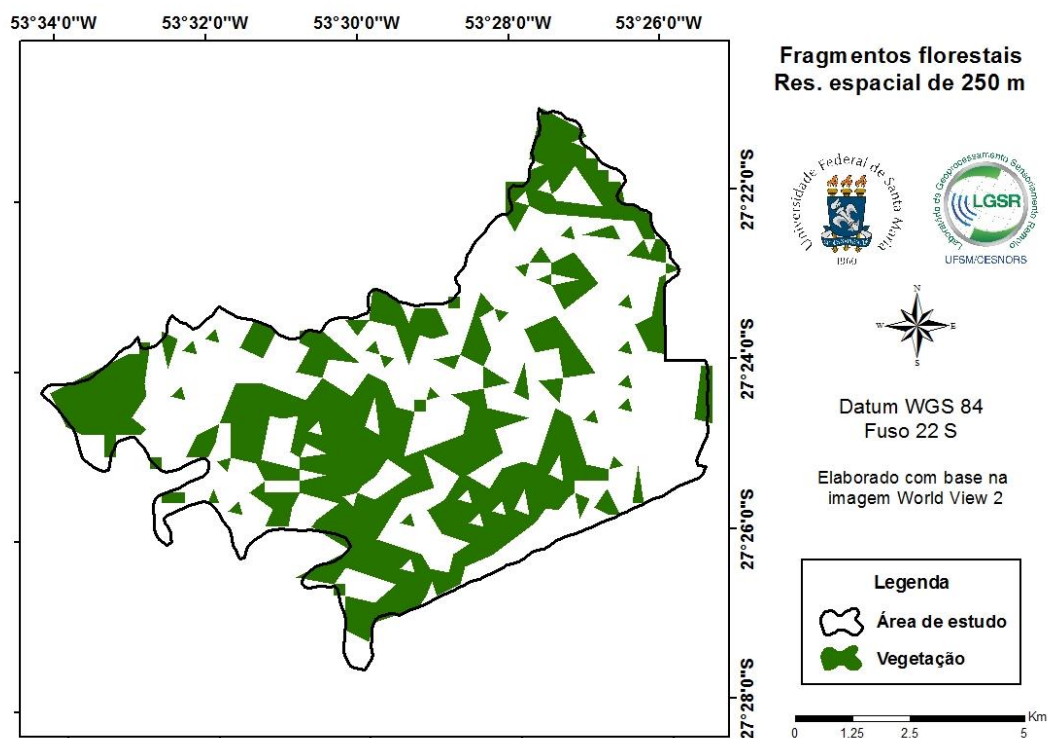


Figura 5: distribuição dos fragmentos florestais baseados na imagem com resolução espacial de 250 metros, para o município de Taquaruçu do Sul, RS, Brasil.

Deve-se considerar ainda a grande influência das resoluções espaciais baixas na análise de fragmentos florestais. No caso da Figura 5, há uma reamostragem de pixels para 250 metros, apresentando a mesma resolução espacial do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). O sensor MODIS, por ter uma resolução espacial mais grosseira e um amplo campo de visada, é utilizado geralmente no monitoramento de grandes áreas florestais, principalmente em relação ao desmatamento que demanda dados com alta resolução temporal. Assim, ao utilizar-se esses produtos em áreas menores, reproduz-se grandes erros, uma vez que a utilização desses produtos não representará a realidade da área em estudo. Comparando a Figura 3 com a Figura 5, observa-se que grande parte dos fragmentos não são detectados pela resolução de 250 metros, que, de acordo com sua própria resolução espacial, conseguirá detectar somente fragmentos maiores que 6,25 ha, tamanho esse que não ocorre em muitos casos. Assim, reafirma-se a escolha da melhor resolução espacial de uma imagem considerando o objetivo do estudo e o tamanho da área a ser estudada.

A Figura 6 apresenta a área total dos fragmentos florestais para cada resolução espacial realizada no estudo. Analisando a figura, observamos que a área total dos fragmentos não difere significativamente nas resoluções espaciais altas e moderadas, alcançando a diferença de somente 290 ha entre as resoluções de 1 m e 50 m. Isso significa que, embora o número de fragmentos diminua com o decréscimo da resolução espacial, o nível de detalhe das feições permite que o classificador diferencie a classe pertencente à vegetação com outras classes.

Entretanto, a área dos fragmentos aponta um decréscimo significativo somente nas resoluções de 120 m e 250 m, apresentando uma área de 3714,1 ha e 3358,1 ha, respectivamente. Isso ocorre devido à alta degradação do pixel, ocasionando a perda de detalhes das feições, fazendo com que o classificador não possua capacidade suficiente de distinguir corretamente as diferentes classes presentes na imagem.

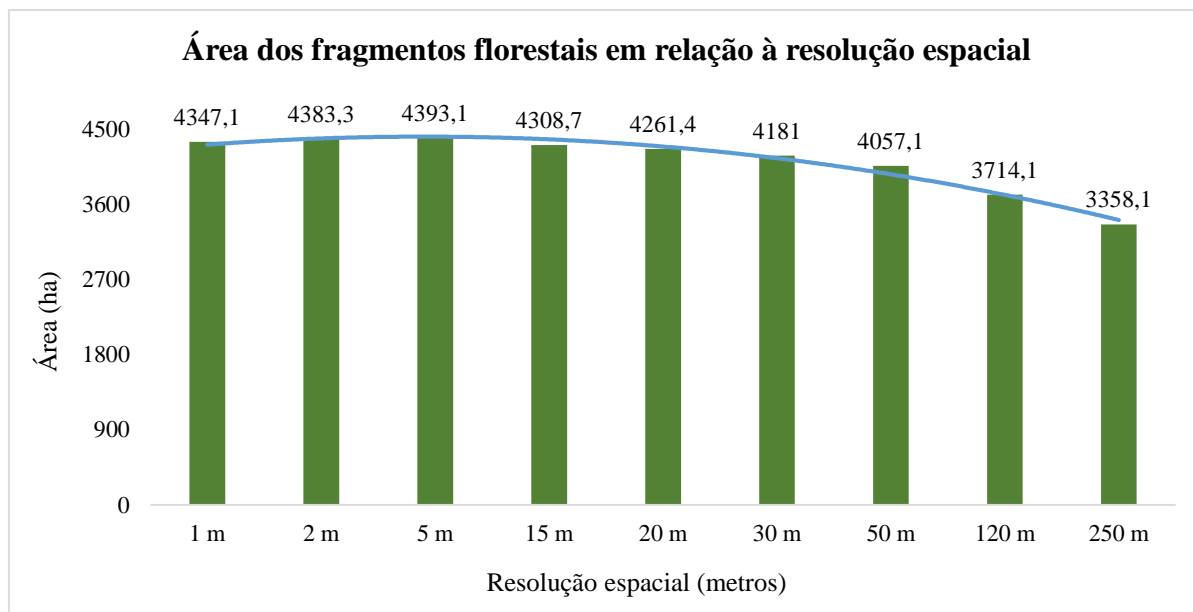


Figura 6. Área total dos fragmentos florestais com base na resolução espacial da imagem para o município de Taquaruçu do Sul, RS, Brasil.

Outro fator importante que influencia a área total dos fragmentos é o tamanho da amostra extraída para a classificação. Como as amostras foram as mesmas para as classificações de todas as imagens, ao classificarmos uma imagem com alta ou moderada resolução espacial, a amostra extraída irá abranger vários pixels com diferentes assinaturas espectrais que caracterizam o comportamento da vegetação. Essa alta variedade de assinaturas espectrais permite que o classificador busque com mais eficiência as áreas homogêneas àquela da amostra. No momento que classificamos uma imagem com baixa resolução (250 m, por exemplo), a amostra irá abranger poucos pixels ou até mesmo um único pixel. Assim, essa amostra conterá poucas assinaturas espectrais da vegetação, acarretando uma maior dificuldade do classificador em buscar áreas cobertas por vegetação. Devemos ainda considerar o tamanho do pixel no cálculo da área total. As imagens com maior número de pixels possuirão fragmentos com geometrias mais suavizadas, mais arredondadas, conseqüentemente, apresentarão maior área. Já as imagens com menor número de pixels apresentarão geometrias menos suaves, mais regulares, o que pode acarretar a uma menor área total de fragmentos florestais.

4. Conclusões

Com a presente análise, conclui-se que o número de fragmentos florestais diminui à medida em que as imagens são degradadas. Conforme a resolução espacial da imagem diminui, os fragmentos menores acabam não sendo detectados, tornando a classificação mais complexa e gerando erros maiores na identificação das classes.

O elevado número de fragmentos florestais encontrados nas resoluções espaciais altas deve-se ao tamanho do pixel, caracterizado por uma grande riqueza de detalhes, o que permite a identificação de árvores isoladas contabilizadas como fragmentos pelo classificador. Nas resoluções moderadas e baixas, essa tendência tende a desaparecer.

A área total dos fragmentos florestais manteve um comportamento semelhante nas resoluções espaciais altas a moderadas (1 – 50 m), apresentando variação significativa apenas nas resoluções espaciais baixas (120 e 250 metros).

Segundo Erthal et al. (2012), em geral, a medida que a resolução espacial é degradada, ocorre uma subestimativa da área de fragmentos florestais. Esse resultado é mais importante

para áreas de alta frequência espacial (p. ex. agricultura familiar) e podem ter um impacto menor quando são conduzidos sobre grandes áreas homogêneas (p. ex. floresta Amazônica).

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo n° 478085/2013-3) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pelo apoio logístico.

Referências

Carleer, A.; Wolff, E. Exploitation of very high resolution satellite data for tree species identification. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 70, n. 1, p. 135-140, 2004.

Erthal, D. A.; Breunig, F. M.; Cuchi, T. Avaliação da influência da resolução espacial no mapeamento de fragmentos florestais. In: Simpósio de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal (SENGEF), 10, 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IEP, 2012. p. 408-414. CD-ROM. ISSN: 2178-8634. Acesso em: 03 out. 2014.

Fitz, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. 160 p.

Fundação de Economia e Estatística do RS (FEE – RS). **Perfil socioeconômico do município de Taquaruçu do Sul**. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/municipios/detalhe/?municipio=Taquaru%27u+do+Sul>. Acesso em: 01 out. 2014.

GlobalGeo – WorldView-2. Disponível em: <http://www.globalgeo.com.br/satelite/worldview-2/>. Acesso em: 23 out. 2014.

Ponzoni, F. J.; Galvão, L. S.; Epiphanyo, J. C. N. Influência da resolução espacial sobre a quantificação de áreas não florestadas em ambiente amazônico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 10, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1713-1720. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00016-1. (INPE-8234-PRE/4023). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/lise/2001/09.24.10.30>. Acesso em: 01 out. 2014.

Prefeitura Municipal de Taquaruçu do Sul (PMTS). **Dados econômicos**. Disponível em: http://www.pmtaquarucudosul.com.br/novo_site/index.php?nivel=0&exibir=secoes&ID=51. Acesso em: 30 set. 2014.

Prefeitura Municipal de Taquaruçu do Sul (PMTS). **Dados históricos**. Disponível em: http://www.pmtaquarucudosul.com.br/novo_site/index.php?nivel=0&exibir=secoes&ID=52. Acesso em: 30 set. 2014.

Silva, C. A.; Sebok, F. G. O.; Lima, I. C.; Silva Filho, D. F.; Polizel, J. L. O uso do sensoriamento remoto por meio de imagens de satélite de alta resolução para extração de cobertura arbórea intra-urbana no interior do Estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 738-743. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A4A4CP>. Acesso em: 30 set. 2014.