

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA MONITORAR PROJETOS DE RESTAURAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA NO BRASIL

Cíntia Balieiro¹, Vanessa Girão², Thamires Silva³ e Tathiane Sarcinelli⁴

^{1,2,3}The Nature Conservancy Brasil (TNC) - Av. Nazaré, 280, CEP 66035-170, Belém (PA) - cbalieiro@tnc.org, vgirao@tnc.org, e thamyresmsilva12@gmail.com; ⁴Fibria Celulose S.A (FIBRIA) – Rodovia Aracruz, Barra do Riacho, s/no, km 25 CEP 29197-900, Aracruz, Espírito Santo (ES) - tsarcinelli@fibria.com.br

RESUMO

Um dos gargalos para o sucesso da restauração de vegetação nativa em larga escala é a dificuldade de obtenção de dados otimizados e confiáveis, principalmente no monitoramento. Por outro lado, imagens obtidas por drones e satélite podem ser usadas para monitorar áreas de restauração em tempo real. Este estudo tem como objetivo monitorar 4.203,00 ha de restauração no nordeste e sudeste do Brasil, utilizando imagens de satélite (SPOT 6&7 e Plêiades). A classificação semiautomática foi aplicada nas imagens de satélite para comparar a cobertura do dossel. O índice Kappa indicou 90% de eficiência do classificador. Usando imagens SPOT, foram detectados 1.729 ha de cobertura de dossel, 15% a mais do que a área detectada usando Plêiades (1.471 ha). Agora está sendo avaliada a cobertura do dossel por drones, para validar áreas prioritárias e estimar riqueza de espécies de árvores e arbustos, plantadas ou regeneradas, ao longo do tempo.

Palavras-chave — Restauração, sensoriamento remoto, classificação, drones, vegetação nativa.

ABSTRACT

One of the bottlenecks to the success of large-scale native vegetation restoration is the difficulty of obtaining optimized and reliable data, especially in monitoring. On the other hand, images obtained by drones and satellite can be used to monitor restoration areas in real time. This study aims to monitor 4,203.00 ha of restoration in the northeast and southeast of Brazil, using satellite imagery (SPOT 6 & 7 and Pleiades) and drones. The semi-automatic classification was applied to the satellite images to compare the canopy cover. The Kappa index indicated 90% efficiency of the classifier. Using SPOT images, 1,729 ha of canopy cover were detected, 15% more than the area detected using Pleiades (1,471 ha). Now is being evaluated the canopy cover detected by drones to validate priority areas and to estimate tree and shrub richness, planted or regenerated, over time.

Key words — Restoration, remote sensing, classification, drones, native vegetation.

1. INTRODUÇÃO

Estudos levantados por [1] reportaram que o desmatamento no Brasil é ocasionado por diversas situações, como a

conversão de floresta para agricultura, pecuária, expansão urbana, ocupação irregular de terras e avanço desordenado da infra-estrutura [2]. A Mata Atlântica já perdeu mais de 80% de sua cobertura original, restando somente áreas fragmentadas [3]. Em virtude da frequente pressão antrópica neste bioma, foi criado o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, motivado por uma mobilização geral da sociedade civil e organizada, com a missão de restaurá-la em larga escala [4].

Estudos com uso do sensoriamento remoto e imagens de satélite monitoram a cobertura vegetal e uso do solo [5], identificam áreas em supressão da vegetação e direcionam para ações de fiscalização e políticas públicas [6]. Imagens de maior resolução espacial podem vir a melhorar a classificação, devido à melhor identificação de objetos no solo [7]. Estudos indicam resultados satisfatórios para o treinamento das amostras, considerando as características espectrais de alvos selecionados [8].

A TNC – The Nature Conservancy se dedica a promover a efetiva implementação da legislação ambiental brasileira e atua no fortalecimento de todos os elos da cadeia produtiva da restauração. Este estudo vem ao encontro da missão da TNC, pois apresenta um método de monitoramento através de imagens de altíssima resolução, constelação dos satélites SPOT 6&7 e Plêiades, com o objetivo de detectar a cobertura vegetal e quantificar a cobertura de copa em áreas de restauração ambiental.

Estudos liderados por [9] [10] [11] serviram de base a definição metodológica das ações de monitoramento de campo em tempo real, contemplando áreas do Programa de Restauração Ambiental da Fibria Celulose S.A (FIBRIA), empresa brasileira de base florestal, e fornecendo os critérios e indicadores que podem ser utilizados no monitoramento dos projetos de restauração florestal cadastrados no Pacto pela Restauração da Mata Atlântica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este estudo abrange uma área 4.203 hectares, localizados nos Estados do Espírito Santo, Bahia e Minas Gerais, Brasil. Até dezembro de 2017, a FIBRIA definiu 6.325 polígonos para monitoramento de áreas para restauração, em parceria com a TNC. Deste total, 1.350 polígonos foram selecionados para o

monitoramento da cobertura de copa por espécies arbóreas ou arbustivas nativas, plantadas ou regeneradas ao longo do tempo (Figura 1). Originalmente, a área de estudo caracteriza-se por apresentar uma tipologia florestal composta por Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual [12].

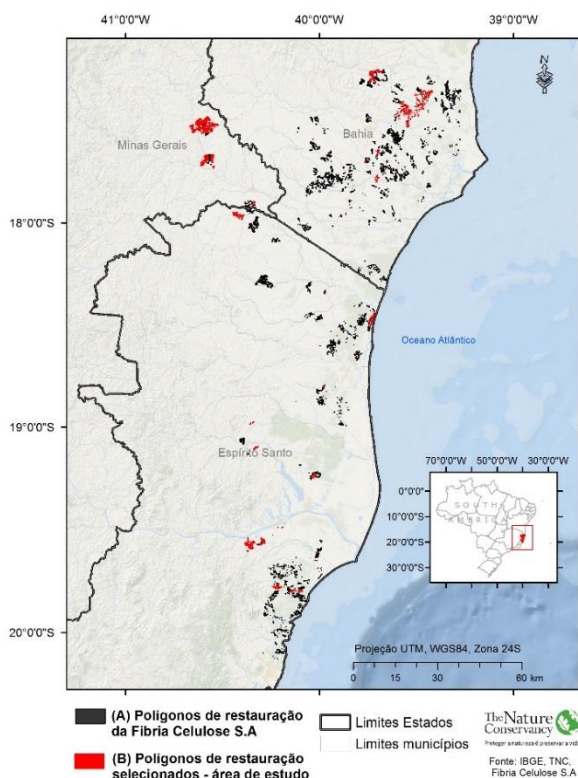


Figura 1. (A) Totalidade dos polígonos de restauração da FIBRIA; (B) Polígonos de restauração definidos pela FIBRIA para o monitoramento da TNC, objeto deste estudo.

2.2 Processamento digital de imagens

Para elaboração do mapa de cobertura de copa, foram utilizadas imagens da constelação dos satélites SPOT 6&7 e Pléiades, adquiridas com a qualidade de dados ortorretificados (Figura 2). Apesar disso, as imagens foram validadas quanto à sua qualidade geométrica, através da sobreposição dos polígonos de monitoramento de campo da FIBRIA. Algumas cenas Pléiades apresentaram deslocamento, por isso, passaram pelo procedimento de registro pixel a pixel para corrigir os deslocamentos superiores a dois pixels. O erro aceitável foi de um pixel. Em seguida, as imagens passaram pelo procedimento de realce e equalização. Para geração do mosaico contínuo, aplicamos o histograma de frequências em todas as bandas, a fim de aperfeiçoar o contraste de cores entre os principais alvos terrestres.

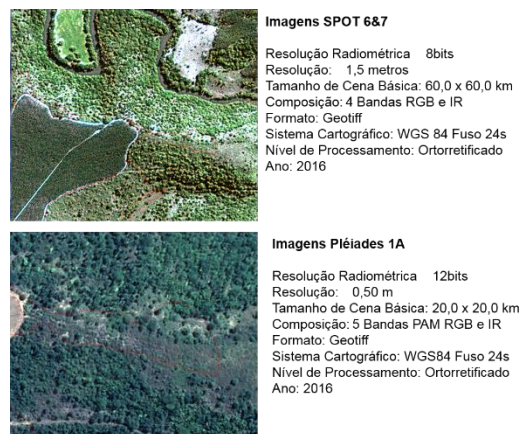


Figura 2. Caracterização das imagens de satélite.

2.3 Mapeamento

O mapa de cobertura vegetal foi gerado através do método de classificação supervisionada de máxima verossimilhança (MaxVer), um dos algoritmos mais usados pela comunidade de sensoriamento remoto [13], aplicados às imagens de satélite SPOT 6&7 e Pléiades, apresentadas na escala de 1: 5.000.

A primeira etapa do mapeamento consistiu na coleta de, aproximadamente, 3000 pixels/classe, considerando as classes: vegetação arbórea nativa, regeneração natural (vegetação arbórea e arbustiva de menor porte), solo com gramínea, gramíneas (predominantemente herbáceas de folha estreita), solo exposto, plantio de silvicultura (eucalipto), área limpa nos talhões de silvicultura, água e nuvens (NI). Na amostragem foi considerada a refletância dos alvos quanto a sua semelhança e heterogeneidade. Em seguida, aplicou-se algoritmo classificador MaxVer, que analisou cada conjunto de pixels homogêneos (ou objetos) na imagem, comparando o comportamento espectral dos mesmos e definindo a quais classes pertence cada conjunto.

O resultado da classificação foi refinado com aplicação de filtros espaciais e interpretação visual das áreas não corrigidas pelo procedimento anterior. As regiões com presença de nuvem, que inviabilizaram a interpretação, foram associadas à classe não identificada (NI). O índice Kappa indicou a eficiência do classificador para as classificações das imagens SPOT e Pléiades. As atividades de pré-processamento e classificação foram feitas usando o software ENVI 5.4.

A segunda etapa do mapeamento contemplou o agrupamento das classes de regeneração e floresta nativa, para estimar as regiões com cobertura de copa maiores que 70%. As demais classes mapeadas foram agrupadas e definidas como áreas sem cobertura de copa, exceto água e NI, conforme a Tabela 1. Em seguida, o resultado da classificação foi combinado com os polígonos de campo da FIBRIA, para que o monitoramento da TNC avalie a necessidade de ações corretivas à trajetória da restauração.

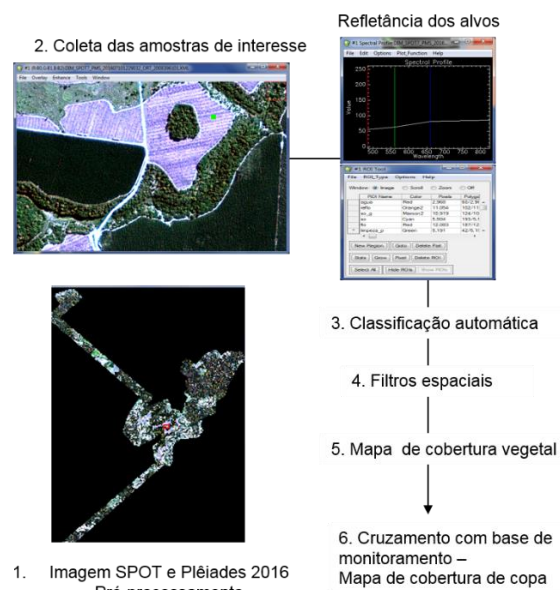


Figura 3. Resumo metodológico

3. RESULTADOS

A cobertura vegetal foi detectada em ambas imagens selecionadas neste estudo. Do total de 4,203 hectares de cobertura vegetal, 1,729 ha (41%) foram detectados com cobertura de copa a partir das imagens SPOT e 1.471 ha (35%) com as imagens pléiades. Ao comparar os resultados entre ambos sensores, 258 ha (6%) de cobertura de copa foram mapeadas a mais com as imagens SPOT em relação as imagens pléiades.

No entanto, para áreas sem cobertura de copa as imagens pléiades detectaram uma área 2% a mais em relação às imagens SPOT, com destaque ao solo com gramínea, árvores com padrão arbustivo e predominância de gramíneas que representaram uma área de 2.157 ha (51%)(Tabela 1).

O índice Kappa indicou 90% de eficiência do classificador para ambas imagens.

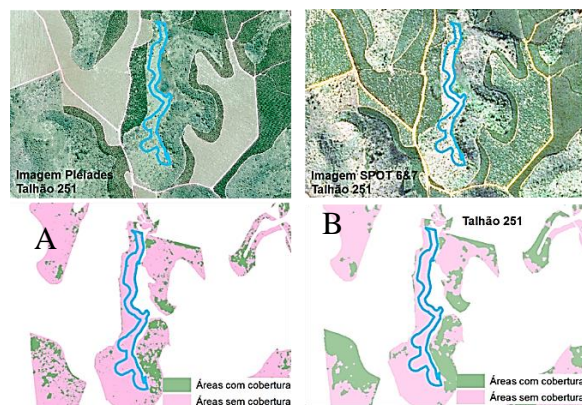


Figura 4. Cobertura de copa classificada com imagens Pléiades (A); Cobertura de copa classificada com imagens SPOT (B).

Tabela 1. Resultados de cobertura vegetal comparativos entre imagens de altíssima resolução espacial SPOT 6&7 e Pléiades.

Classes amostrais	Pléiades		SPOT 6&7	
	ha	%	ha	%
Floresta	436	10,4	566	13
Regeneração	1.035	24,6	1.163	28
Cobertura de copa	1.471	35,0	1.729	41
Talhão limpo	1,5	0,04	2	0,05
Reflorestamento	32	0,8	32	0,8
Solo exposto	135	3,2	285	6,8
Solo com gramínea	2.157	51,3	1.915	45,6
Sem cobertura de copa	2.326	55,3	2.234	53
Água	0,5	0,01	0,02	0,0
Nuvem/Sombra (NI)	405	9,6	240	5,7
Total	4.203	100	4.203	100

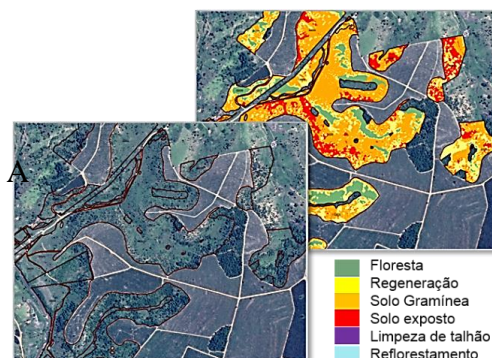


Figura 5. Polígono amostral de monitoramento, sobreposto à imagem SPOT 6&7 (A). Resultado da cobertura vegetal, exemplificado no projeto G009, após combinação dos dados tabulares de campo dos polígonos de monitoramento (B).

Como exemplo, o Projeto G009 (Figura 5), da sua totalidade de 400 ha, somente 35% (138,4 ha) foi detectado com cobertura de copa, estando o restante (261,5 ha) sem cobertura de copa. No projeto predominam regiões de solo com gramínea, que somaram mais de 50% (199 ha) desta totalidade, portanto, abaixo da taxa de 70% de cobertura de copa. Por isso, a recomendação para essa área é de plantio de adensamento com espécies nativas.

4. DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, as imagens SPOT 6&7 e Pléiades são aptas para monitorar as áreas de restauração prioritárias da TNC. No entanto, apesar da diferença de resolução espacial (1 m) entre as imagens, a média de incremento dos resultados é de somente 6% a mais. Isso demonstra uma qualificação diferenciada das imagens SPOT 6&7, com o custo/benefício superior em relação as imagens Pléiades. Além disso, o fato das imagens Pléiades necessitarem de ajustes geométricos acrescentou tempo e custo ao mapeamento, tornaram-as inviáveis para o mapeamento em larga escala, apesar da elevada acurácia (>85%) na classificação.

Para as áreas destinadas para Condução de Regeneração (758 ha), 270 ha foram detectados com cobertura de copa acima de 70%. Enquanto as inferiores a 70% foram

direcionadas para o manejo adaptativo, com plantio de adensamento.

A metodologia de plantio empregada na implantação das áreas foi de preenchimento e diversidade, recomendada pelo Laboratório de Restauração e Ecologia Florestal – LERF, ESALQ/USP, parceiro da Fibria. Houve, contudo, grande mortalidade de mudas sobretudo de diversidade, em função de seu crescimento lento e baixa competitividade com gramíneas invasoras. Isso resultou na baixa cobertura de copa das áreas de plantio, já que apenas 12% das áreas avaliadas apresentaram cobertura maior que 70%. Desta forma, as áreas devem ser retrabalhadas com a nova metodologia de recobrimento, com o emprego de baixa diversidade de espécies, selecionadas de forma empírica por apresentarem boas taxas de sobrevivência, rápido crescimento e boa cobertura de copa.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos possibilitaram a identificação e quantificação da cobertura de copa existentes na região de estudo, utilizando imagens de alta precisão geométrica. Desta forma, é possível assegurar a eficácia do método de monitoramento em tempo real e replicá-los em larga escala em áreas de restauração no Brasil e no mundo.

O método de classificação semiautomática considerou uma amostragem com alta coleção de pixels e caracterização espectral dos alvos de interesse, exigindo, apenas, 20% do tempo do analista para o mapeamento manual.

O próximo passo deste estudo é apresentar os resultados alcançados no mapeamento de cobertura de copa que está sendo validado e qualificado em campo, conduzido por sensores instalados em veículos aéreos não tripulados (VANTs), com objetivo de se comparar com os resultados de cobertura de copa obtidos com imagens de satélite.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Mata Atlântica. In: Wikipédia, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018, disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Mata_Atl%C3%A2ntica&oldid=53071029>, acesso em 6 set. 2018.
- [2] Barreto, P., Souza Jr., C., Nogueroń, R., Anderson, A. e Salomão, R., “Human Pressure on the Brazilian Amazon Forests”, Gráfica & Editora Alves, Belém, (pp. 84), 2006.
- [3] Mata Atlântica. SOS Mata Atlântica, disponível em: (<http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/>), acesso em 6 Set 2018.
- [4] Rodrigues, R.R.; Brancalion, S. e Henrique, P., “Pacto pela restauração da mata atlântica”. LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, São Paulo, (pp. 256), 2009.
- [5] Azevedo, T. e Souza Jr., C., MAPBIOMAS “Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura do Solo”, Algorithm Theoretical Base Document & Results, (pp.87), março 2017.
- [6] Ministério do Meio Ambiente. e Ibama. “Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite”, disponível em: https://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomass/Resultados%20Espe%20-%20PMDBBS.html, acesso em 6 Set 2018.
- [7] Queiroz, R.B., Severino, P.A. da R., Rodrigues, A.G. e Gómez, A.T., “Um comparativo com Máxima Verossimilhança Gaussiana na Classificação de Imagens CBERS 1”, II Workshop de Tecnologia da Informação aplicada ao Meio Ambiente – CBComp, (pp.746-747), 2004.
- [8] Balieiro, C.P.P., Malmann, G., Barros, P.L., Vale, S.R., Pinho, B., Gonçalves, E., Barros, L. e Garcia, E., “A Amazônia aos olhos dos satélites Spot 5 e RapidEye. Integração de sensoriamento remoto e SIG em larga escala para cadastramento e adequação ambiental de imóveis rurais no estado do Pará”, Simpósio Internacional - SELPER (Associação de Especialistas Latino americanos em Sensoriamento Remoto), XVI, (16), Anais, Colômbia, 2014, disponível em: < <https://selper.org.co/papers-XVI-Simposio/Bases-de-Datos-Geoespaciales/BD2-Amazonia-spot5-RapidEye.pdf>, acesso em: 06 mai. 2016.
- [9] Reis, B.P., “Monitoramento de área de restauração florestal e geração de recomendações de manejo adaptativo através de imagens obtidas por VANT E LIDAR”, dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Magister Scientiae, Viçosa-MG, (p.62), 2017.
- [10] Dandois, P.D., Olano, M. e Ellis C.E., “Optimal Altitude, Overlap, and Weather Conditions for Computer Vision UAV Estimates of Forest Structure”, Remote Sensing, 7, (pp.13895-13920), 2015.
- [11] Albuquerque, W.R., Costa, O.M., Ferreira, E.M., Jorge, C.A. L., Sarracini, H.L., Rosa, O.E. e Tavares, S.F.L., “Qualitative effectiveness of unmanned aerial vehicles for monitoring forest restoration in brazil: a brief review, International Journal of Current Research, Vol. 9, Issue, 05, (pp.50802-50806), may, 2017.
- [12] Veloso, H.P., Filho, R.R.L. A. e Lima, A.C., “Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal”, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, (p.124), 1991.
- [13] Zanetti, J., Braga, S.L.F. e Duarte, de O.C.D., “Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem máxima verossimilhança, distância euclidiana, paralelepípedo e redes neurais em imagens Vant, utilizando o método de exatidão global, índice Kappa e o TAU”, IV Simpósio Brasileiro de Geomática, Presidente Prudente - SP, (pp. 244-250), 24-26 de julho de 2017.