

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE PORTO FERREIRA, SÃO PAULO, BRASIL

Karen Andressa Fernandes¹

Júlia Mortatti Monarcha²

Dhemerson Conciani³

Felipe Nogueira⁴

Recursos Naturais

RESUMO

O desenvolvimento técnico-científico do sensoriamento remoto e geoprocessamento possibilita acompanhar as modificações da cobertura vegetal por meio de sensores remotos, combinando análises espacial e temporal. Assim, o presente estudo avaliou a variação da cobertura vegetal do município Porto Ferreira ao longo de 26 anos (1985-2011), a fim de subsidiar estratégias de conservação e monitoramento ambiental. Para isso, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi combinado com a variação espacial (algoritmo tVegInx) a partir de 25 imagens multiespectrais do sensor *Thematic Mapper*, cuja análise foi feita em código aberto R. Os resultados indicam aumento significativo da cobertura vegetal ($p=0,0244$), com fraca correlação positiva ($\rho=+0,44$), sendo possível relacionar a mudança na cobertura vegetal com a mudança no tipo de uso e cobertura do solo.

Palavras-chave: Planejamento Ambiental; Uso do Solo; Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas modificam o ambiente natural, sendo que atividades como agropecuária, extrativismo vegetal e mineral colaboram para o processo de fragmentação florestal (SANTOS; AQUINO, 2015): modificam a cobertura vegetal, reduzem o habitat, além de comprometerem a manutenção dos recursos naturais (MARTENSEN et al., 2012).

As práticas de manejo e uso inadequado das terras concomitantes à ausência de ações conservacionistas podem desencadear assoreamento, desbarrancamento de margens e redução da vazão dos corpos d'água (SALEMI et al., 2011). Nesse cenário, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) permite caracterizar e identificar a vegetação e seu desenvolvimento no tempo e espaço (LOBATO et al., 2010), disponibilizando informações

¹Aluna do curso de graduação em Ecologia, UNESP – Campus Rio Claro, ka.fernan10@hotmail.com.

²Aluna do curso de especialização em Gestão Ambiental e Sustentabilidade, UFSCar – Campus Sorocaba, monarcha.jm@gmail.com.

³Aluno do curso de mestrado em Ecologia e Biodiversidade, UNESP – Campus Rio Claro, dh.conciani@gmail.com.

⁴Aluno do curso de graduação em Engenharia Florestal, UFSCar – Campus Sorocaba, felipe.nsilva@hotmail.com.

sobre uso e cobertura do solo (BENEDETTI et al., 2011), índice de área foliar (ALMEIDA et al., 2015) e biomassa (FERRAZ et al., 2014). Assim como outras ferramentas, esse índice é uma alternativa viável e de baixo custo para subsidiar medidas de conservação e planejamento ambiental (MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011).

Nesse sentido, este trabalho propõe reconstruir a variação no uso e cobertura do solo no período de 1985 a 2011, usando a diferença acumulada em uma série temporal de NDVI para o município de Porto Ferreira, São Paulo, Brasil.

METODOLOGIA

Foram adquiridas 25 imagens multiespectrais do sensor *Thematic Mapper* (TM), órbita 220 - ponto 75 (WRS-2), com resolução espacial de 30 metros junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (<https://earthexplorer.usgs.gov>), referentes ao período de 1985 a 2011. A fim de minimizar os efeitos de variação sazonal e da órbita heliosíncrona, o NDVI foi calculado considerando cenas que compreendem o final da estação seca na região (agosto - setembro) de cada ano, a partir da equação proposta por Rouse et al. (1973):

$$NDVI = (\lambda NIR - \lambda Red) / (\lambda NIR + \lambda Red)$$

A variação temporal da cobertura vegetal foi modelada considerando o NDVI médio para cada cena ($\sum_{i=1}^n xi / n$) ao longo do tempo (Δt). Já a variação espacial foi calculada a partir do algoritmo tVegInx (CONCIANI, 2018), derivado da variação pixel a pixel em um mesmo espaço ao longo do tempo. Todos os cálculos e análises estatísticas foram realizados em código aberto R (R CORE TEAM, 2015).

Um modelo linear foi proposto a fim de explicar a variação da cobertura vegetal ao longo do tempo, bem como o índice de correlação de Pearson (ρ). A classificação do uso e cobertura do solo foi feita através de: foto interpretação de cenas do sensor TM, zoneamento proposto na revisão do Plano Diretor (PORTO FERREIRA, 2017) e mapa gerado neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura vegetal de Porto Ferreira teve um aumento significativo ($p=0,0244$) de 1985 a 2011 (Figura 1), sendo que o índice de correlação de Pearson ($\rho=+0,44$) indica uma correlação positiva fraca, de maneira que outros fatores não considerados nesta análise, como ciclos econômicos, também interferem na variação da cobertura vegetal (SUN et al., 2011).

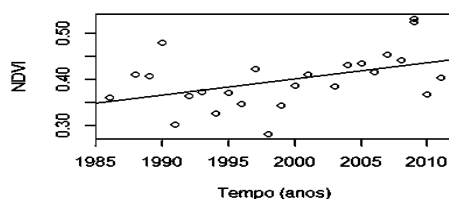


Figura 1 – Gráfico de variação do Índice de Cobertura Vegetal por Diferença Normalizada (NDVI) ao longo dos anos, no município de Porto Ferreira, São Paulo, Brasil.

O mapa de variação da cobertura vegetal do município tem relação com as mudanças nas formas de uso e ocupação do solo (Figura 2). As principais perdas significativas da cobertura vegetal em Porto Ferreira se encontram na zona rural do município ou em determinados locais da zona urbana, associadas ao tipo de uso e ocupação do solo, dentre as quais se destacam as atividades agrícolas e a expansão urbana, cuja associação já foi feita por Feitosa et al. (2011) e Barbosa, Andrade e Almeida (2009) para outros municípios brasileiros. No mais, é importante destacar que o Plano Diretor do município define quatro áreas onde ocorre ocupação irregular (PORTO FERREIRA, 2007), dentre as quais está o loteamento Estância Porto Alegre, que corresponde à área próxima ao limite exterior do Parque Estadual de Porto Ferreira (PEPF) com o rio Mogi Guaçu: esta área deveria ser preservada como Área de Preservação Permanente (BRASIL, 2012), de maneira que o presente estudo destaca que a alteração do uso e cobertura do solo decorrente da expansão urbana levou à redução da cobertura vegetal da Área de Preservação Permanente.

Em relação às áreas onde a cobertura vegetal aumentou significativamente, o aumento pode ser explicado por projetos de restauração, plantio de espécies florestais, sejam elas nativas ou exóticas invasoras, ou ainda pelo processo de regeneração natural. No geral, o PEPF teve um ganho pouco significativo de cobertura vegetal e apenas em alguns pontos ocorreu ganho significativo, o que sugere que a existência da Unidade de Conservação provavelmente está contribuindo para a conservação da área. Apesar de a cobertura vegetal do município ter aumentado, de acordo com Conciani et al. (2018), nem sempre o aumento na cobertura é algo positivo, pois o NDVI da Estação Ecológica de Itirapina aumentou significativamente ao longo do tempo devido à invasão biológica por espécies de *Pinus*, fato constatado com a combinação de técnicas de sensoriamento remoto e trabalhos de campo. Além disso, ao se comparar os dados do presente estudo com os dados de Moraes, Mello e Toppa (2017), é possível notar que em diversas áreas agrícolas onde houve aumento da cobertura vegetal, na verdade, é cultura agrícola e não vegetação nativa, de maneira que seria interessante combinar trabalhos de campo futuros para verificar onde a variação de cobertura vegetal é vegetação nativa e, dessa maneira, nortear o planejamento ambiental do município.

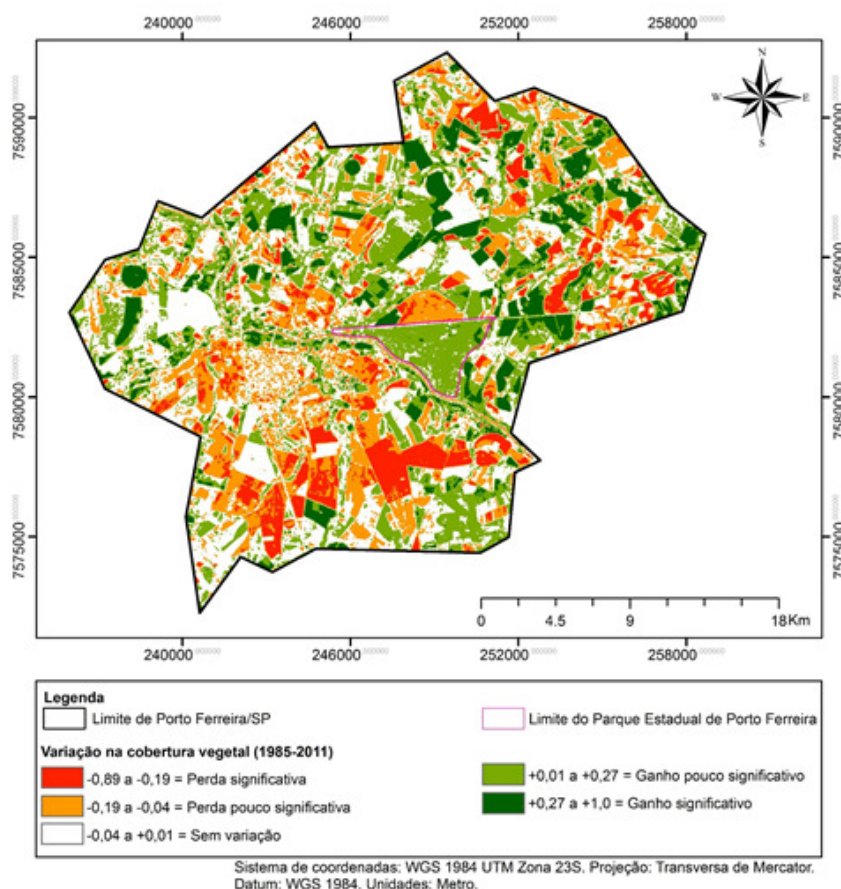


Figura 2 – Mapa de ganho/perda de cobertura vegetal para o Município de Porto Ferreira, elaborado a partir do algoritmo tVegInx. O arquivo shapefile do “Limite do Parque Estadual de Porto Ferreira” foi adquirido no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

CONCLUSÕES

Por meio da combinação espacial e temporal com o NDVI foi possível: 1) identificar onde houve perda e ganho significativo de cobertura vegetal ao longo de 26 anos em todo o território de Porto Ferreira; 2) relacionar essa variação da cobertura vegetal com as mudanças de uso e ocupação do solo. No mais, o mapa apresentado pode auxiliar o planejamento e monitoramento ambiental por parte do poder público de áreas onde houve perda ou ganho significativo de cobertura vegetal.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. Q. et al. Índice de Área Foliar de Eucalyptus Estimado por Índices de Vegetação Utilizando Imagens TM-Landsat 5. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 368-376, 2015.
- BARBOSA, I. S.; ANDRADE, L. A.; ALMEIDA, J. A. P. Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no município de Lagoa Seca, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 614-622, 2009.

- BENEDETTI, A. C. P.; VASCONCELLOS, B. N. Dinâmica temporal da cobertura florestal na microrregião Campanha Central do Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 4, n. 4, p. 427-433, 2011.
- BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 2 jul. 2018.
- CONCIANI, D. E. **tVEGINx Algorithm**: Long-term analysis of land surface using statistical modelling and Remote Sensing. GitHub Repository, 2018. Disponível em:
<<https://github.com/musx/TVEGINX>>. Acesso em: 2 jul. 2018.
- CONCIANI, D. et al. Temporal analysis of biological invasion of Pinus sp. in humid fields of Cerrado Domain. **Brazilian Journal of Physical Geography**, v. 11, n.2, p. 521-531, 2018. Disponível em:
<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234195>>. Acesso em: 3 jul. 2018.
- FEITOSA, S. M. R. Consequências da urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de Teresina – Piauí. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 2, p. 58-75, 2011.
- FERRAZ, A. S. et al. Estimativa do estoque de biomassa em um fragmento florestal usando imagens orbitais. **Floresta e Ambiente**, v.21, p. 286-296, 2014.
- LOBATO, R. et al. Índice de vegetação por diferença normalizada para análise da redução da mata atlântica na região costeira do distrito de Tamoios – Cabo Frio/RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais**, v. 01, n. 01, p. 14-22, 2010.
- MARTENSEN, A. et al. Associations of Forest Cover, Fragment Area, and Connectivity with Neotropical Understory Bird Species Richness and Abundance. **Conservation Biology**, v. 26, n. 6, p. 1100-1111, 2012.
- MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para Análise da Degradação Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **RA E GA**, v. 23, p.5 20-533. 2011.
- MORAES, M. C. P.; MELLO, K.; TOPPA, R. H. Protected areas and agricultural expansion: Biodiversity conservation versus economic growth in the Southeast of Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 188, p. 73-84, 2017.
- PORTO FERREIRA. **Projeto de Lei Complementar n.º 18/2017**. 2017. Disponível em:
<<http://www.portoferreira.sp.gov.br/secretarias/gabinete/arquivos/revisao-do-plano-diretor-do-municipio>>. Acesso em: 3 jul. 2018.
- R CORE TEAM. 2015. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em:<<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 3 jul. 2018.
- ROUSE, J. W. et al. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. 1973. Disponível em:<<https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19740022614>>. Acesso em: 3 jul. 2018.
- SALEMI, L. F. et al. Aspectos hidrológicos da recuperação florestal de áreas de preservação permanente ao longo dos corpos de água. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, p. 69-80, 2011.
- SANTOS, F. A.; AQUINO, C. M. S. Análise da dinâmica do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), dos aspectos econômicos e suas relações com a desertificação/degradação ambiental em Castelo do Piauí, Piauí, Brasil. **Revista Eletrônica de Investigação e Desenvolvimento**, v. 4, p. 1-17, 2015. Disponível em:
<<http://reid.ucm.ac.mz/index.php/reid/article/view/49>>. Acesso em: 3 jul. 2018.
- SUN, Jinyu et al. NDVI indicated characteristics of vegetation cover change in China’s metropolises over the last three decades. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 179, n. 1-4, p. 1-14, 2011.