

Mapeamento dos fragmentos florestais da Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (Estado de São Paulo, Brasil)

Mapping of forest fragments in the Aeronautics Garrison of Pirassununga (São Paulo State, Brazil)

Mapeo de fragmentos de bosque en la Guarnición de la Fuerza Aérea de Pirassununga (Estado de São Paulo, Brasil)

Recebido: 18/08/2022 | Revisado: 29/08/2022 | Aceito: 03/09/2022 | Publicado: 11/09/2022

Emmanuelly Maria de Souza Fernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6071-0632>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: emmanuelly.fernandes@gmail.com

Renata Sebastiani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4565-6137>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: renatasebastiani2014@gmail.com

Adriana Cavalieri Sais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5169-882X>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: accsais@ufscar.br

Resumo

A vegetação remanescente do Estado de São Paulo é fragmentada e tem sofrido com o processo acelerado de devastação, assim a manutenção de fragmentos florestais é essencial para conservação da biodiversidade. Por essa razão, o objetivo desse trabalho foi compreender a dinâmica da vegetação, por meio do mapeamento e análise dos fragmentos florestais que compõem a Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (SP, Brasil), localizada às margens do Rio Mogi Guaçu. Os fragmentos florestais presentes na Guarnição são essenciais para conservação da biodiversidade, uma vez que constituem ecótonos com distintas formações vegetais. A classificação e obtenção da métrica do componente arbóreo deu-se por visitas a campo e pela utilização do software livre QGIS 2.18, através do qual também foi possível realizar o exame das imagens do satélite Landsat 8, e o cálculo dos índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e de forma (SI). A partir desse estudo identificou-se aproximadamente 2000 hectares de vegetação nativa, considerando formações como Floresta Estacional Semidecidual (FES) associada à Floresta Ciliar, Cerrado e Cerradão, e áreas de transição, além dos 252 hectares de várzea e 356 hectares de silvicultura. Dos municípios pertencentes à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, Pirassununga detém fragmentos de FES e Cerradão, com área superior a 200 hectares, sendo este ainda não contabilizado na literatura. E pela utilização do NDVI pode-se constatar que no verão a vegetação apresentou-se mais densa e que no inverno há a redução desses valores devido à diminuição da biomassa foliar.

Palavras-chave: Conservação; Fitofisionomias; Monitoramento; SIG; NDVI.

Abstract

The remaining forest in the State of São Paulo is fragmented and has an accelerated process of devastation, as well as the maintenance of forest fragments is essential for the conservation of biodiversity. Therefore, this work was understood as a forest analysis of the forest, through forest mapping and located in Aeronautics Garrison located in Pirassununga (SP), Garrison on the banks from Mogi Guaçu River (SP). Forest fragments in Garrison are essential for the conservation of biodiversity, since they present ecotones with different plant forms. Classification and measurement from tree component was carried out through field visits and the use from free QGIS 2.18 software, through which it was also possible to perform the examination of Landsat 8 satellite images, and the calculation of vegetation indices by difference normalized (NDVI) and shaped (SI). From this study, approximately 2000 hectares of native vegetation were identified, considering formations as Seasonal Semideciduous Forest (FES) associated with the Riparian Forest, Cerrado and Cerradão, and transition areas, in addition to the 252 hectares of lowland and 356 hectares of silviculture. From municipalities belonging to the Water Resources Management Unit of the Mogi Guaçu River Basin, Pirassununga has fragments FES and Cerradão, with an area greater than 200 hectares, which has not yet been accounted for in the literature. And by using the NDVI it can be seen that in the summer the vegetation was denser and that in the winter there is a reduction in these values due to the decrease in leaf biomass.

Keywords: Conservation; Phytophysionomies; Monitoring; SIG; NDVI.

Resumen

La vegetación remanente de São Paulo está fragmentada y sufre el proceso de devastación, siendo el mantenimiento de los fragmentos de bosque esencial para la conservación de la biodiversidad. El objetivo de este trabajo fue comprender la dinámica de la vegetación, mapeando y analizando los fragmentos de bosque que componen la Guarnición de la Fuerza Aérea de Pirassununga (SP, Brasil), ubicada a orillas del río Mogi Guaçu. Estos fragmentos son esenciales para la conservación de la biodiversidad, ya que son ecotonos con diferentes fitofisonomías. La clasificación y medición del componente arbóreo se realizó mediante visitas de campo y el uso del software libre QGIS 2.18, mediante el cual también se pudo examinar las imágenes satelitales Landsat 8, y el cálculo de índices de vegetación por diferencia normalizada (NDVI) y forma (SI). A partir de este estudio, fueron identificadas aproximadamente 2000 hectáreas de vegetación nativa, considerando formaciones como Bosque Semidecíduo Estacional (FES) asociado al Bosque de Ribera, Cerrado y Cerradão, y áreas de transición, además de las 252 hectáreas de tierras bajas y 356 hectáreas de forestación. De los municipios pertenecientes a la Unidad de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Mogi Guaçu, Pirassununga tiene fragmentos de FES y Cerradão, con área superior a 200 hectáreas, que aún no ha sido contabilizada en la literatura. Utilizando el NDVI se encontró que en verano la vegetación es más densa y que en invierno hay una reducción de estos valores debido a la disminución de la biomasa foliar.

Palabras clave: Conservación; Fitofisonomías; Seguimiento; SIG; NDVI.

1. Introdução

A paisagem pode ser entendida como complexos espaços heterogêneos, cuja estrutura pode ser estabelecida pela área, formato e disposição espacial (C. Mazza, et al., 2012). Os padrões espaciais percebidos no ambiente são resultado de uma série de interações complexas entre homem e natureza. Em virtude disso, alterações na estrutura de determinado agroecossistema irão interferir na dinâmica das populações, incluindo risco de extinção e dificuldades quanto aos deslocamentos de espécies (C. Mazza et al., 2012).

Sendo assim, a fragmentação florestal, é um risco para a conservação da biodiversidade, uma vez que prejudica sua capacidade de promover a manutenção desta biodiversidade, bem como a oferta de bens e serviços ambientais. Além disso, regiões adjacentes, quando segmentadas em várias partes menores, acabam sendo mais suscetíveis às interferências externas, quando comparadas às manchas maiores (Secretariado da Convenção sobre Biodiversidade Biológica, 2006). Esses espaços, que foram sendo ocupados pela humanidade, passaram por intensos movimentos de expansão, de modo a ocupar o lugar que antes pertencia aos ecossistemas naturais, reduzidos a manchas circundadas por áreas extremamente antropizadas (Seoane, 2006).

A divisão do todo em partes pode ser provocada por causas naturais ou antrópicas. No primeiro caso, os agentes podem ser variações climáticas, heterogeneidade dos solos, topografia, processos de sedimentação e hidrogeológicos, isolados ou combinados, entre outros (Cerqueira, et al., 2003). Esses fatores interagem de forma dinâmica ao longo do tempo e numa escala geológica acabam gerando o isolamento das populações, evento esse primordial para a geração de biodiversidade. Contudo, as causas antrópicas vêm devastando os ecossistemas naturais em alta velocidade, tendo como destaque a atividade agropecuária, a urbanização, a implantação de infraestrutura de transporte, a extração vegetal e as queimadas (Cerqueira et al., 2003).

No estado de São Paulo, a vegetação remanescente está altamente fragmentada e cerca de 80% dos fragmentos apresentam menos de 20 hectares (Kronka et al., 2005; Nalon, et al., 2008). Segundo Nalon et al. (2008), dos 85.290 fragmentos vegetais presentes no estado de São Paulo, apenas 539 (0,5%) apresentam área igual ou superior a 500 hectares. Embora estes remanescentes estejam fragmentados e formados por pequenas “ilhas” isoladas em sua grande maioria envolto por pastagens, canaviais, plantações de café e citros (Kronka et al., 2005), além de áreas de silvicultura com eucaliptos, ainda são extremamente importantes na manutenção da biodiversidade local.

Estes remanescentes têm a função de conservação da biodiversidade comprometida devido à fragmentação, urbanização e pressão agrícola (Kronka et al., 2005). Especial enfoque deve ser dado às áreas de Cerrado que, em comparação

com os levantamentos realizados em períodos anteriores, sofreram drástica redução, na ordem de 88,5%, restando apenas 0,81% de seu tamanho original no estado (Kronka et al., 2005). A Floresta Estacional (domínio da Mata Atlântica) e o Cerrado foram os domínios mais devastados, ambos exibindo hoje menos de 10% da cobertura previamente existente, além de estarem pouco representados em Unidades de Conservação (Durigan, 2008).

Desde o ano de 1500, em razão da chegada dos europeus, a Mata Atlântica passou a ser intensamente destruída. Na contemporaneidade não tem sido diferente, pois a expansão da pecuária e da agricultura vêm acarretando ano a ano o aumento no nível da fragmentação. Esse domínio ocupava originalmente 1.110.182 quilômetros quadrados do território brasileiro e hoje possui apenas 12,5% da cobertura vegetal, em consequência do avanço do desflorestamento (Silva, et al., 2017; SOS Mata Atlântica, 2017). Por conta do avanço do monitoramento via satélite pode-se constatar que 1382 dos fragmentos vegetais com mais de um hectare correspondem a 5% da cobertura nativa, ao passo que a restante das áreas de mancha tem menos que 50 hectares (Silva et al., 2017).

Não menos ameaçado, o Cerrado ocupa 25% do território nacional, sendo 0,6% presente no estado de São Paulo (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [INPE], 2018a). Caracterizado por um inverno seco e um verão chuvoso, é composto por distintas formações, mas, embora desempenhe um papel importante no balanço da água e carbono, tem sido substituído por áreas de pastagens e cultivos agrícolas (Silva, et al., 2012). Existem poucas áreas de cerrado protegidas no país, logo o número de unidades de conservação não é compatível com o acentuado endemismo e a distribuição geográfica das espécies (INPE, 2018b; Novaes, et al., 2003).

Uma das principais ferramentas para a conservação da biodiversidade em fragmentos florestais é o sensoriamento remoto, inclusive em Mata Atlântica e Cerrado. Tal uso permite que se registre a energia dos alvos por meio de índices, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), a fim de compreender a dinâmica da vegetação e do solo (Abreu & Coutinho, 2014). As imagens obtidas por meio dessa técnica, possibilitam a realização de levantamentos com temáticas distintas, com destaque à ocupação e uso do solo, o acompanhamento dos fenômenos dinâmicos que ocorrem na superfície terrestre, além da identificação de feições específicas na superfície e a elaboração de mapas (Kalaf, et al., 2013; Novo & Ponzoni, 2008;).

A partir das informações coletadas pela utilização do sensoriamento remoto é possível que se oriente a tomada de decisões de modo eficaz e concreto, como por exemplo, monitorar área de conservação e lavoura em imóveis rurais (Rosa, 2005). Em ambientes naturais, podem ser obtidas informações em relação à extensão, estado de conservação e dinâmica da área em diferentes escalas, tanto locais como globais (Boyde & Danson 2005).

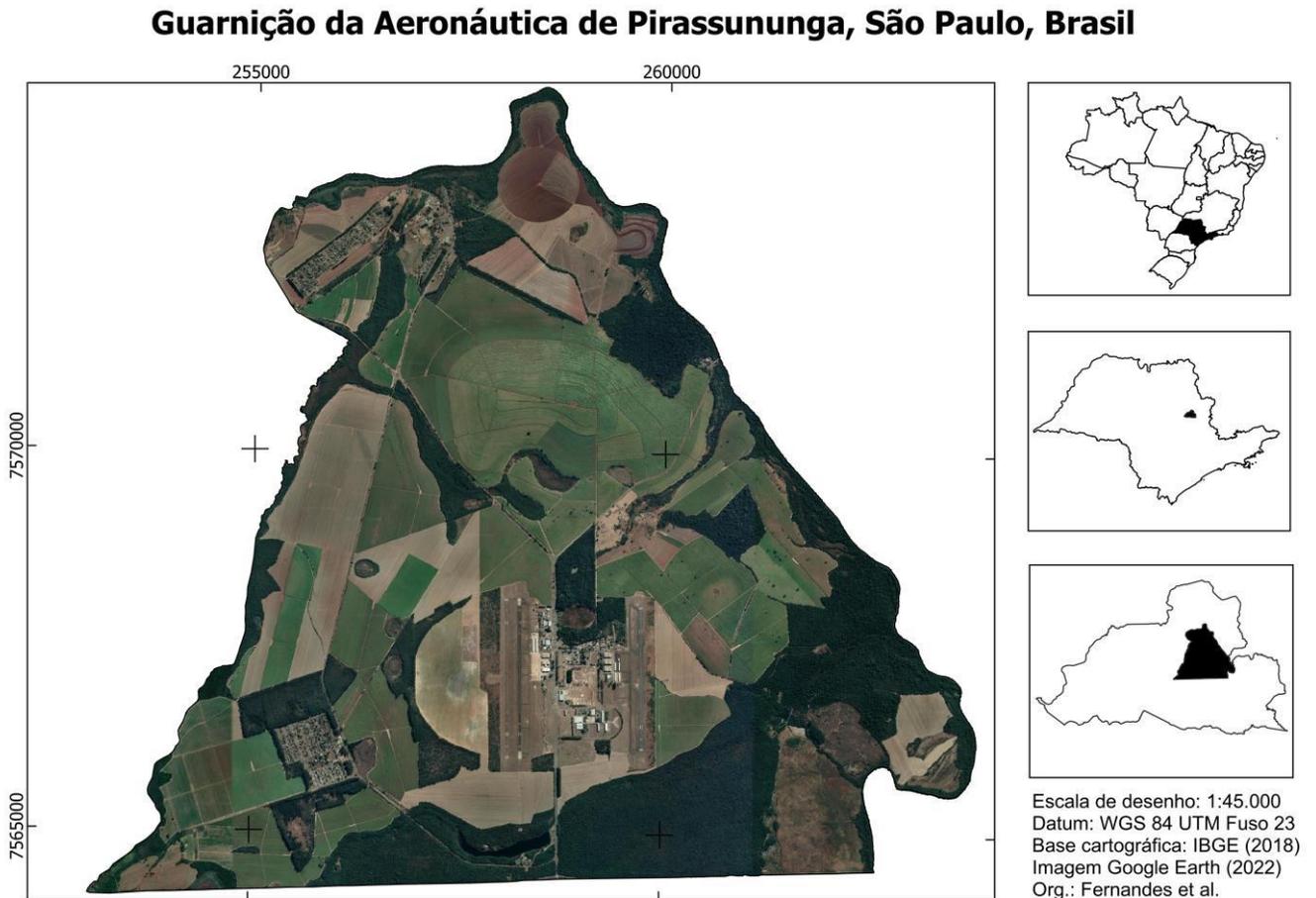
Estudos sobre composição e organização da vegetação são fundamentais para a compreensão da dinâmica dos indivíduos que compõem aquele ecossistema e as relações ecológicas desenvolvidas nesse meio (Chaves, R. et al., 2013). Monitorar o desenvolvimento de um espaço é primordial para que a tomada de decisão seja norteada com base nas características do todo, considerando as relações entre seres vivos e ambiente, assim, permitindo que se chegue a perspectivas que sejam condizentes com a realidade local. Portanto, considerando o rápido processo de degradação ambiental do estado de São Paulo, o presente trabalho teve como objetivo mapear e analisar por meio de geotecnologias os fragmentos florestais que compõem a Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga, subsidiando futuras ações de conservação da biodiversidade local.

2. Material e Métodos

Área de estudo - A área de desenvolvimento do trabalho foi a Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (Figura 1), localizada no município de Pirassununga (21° 56' 04" S a 22° 00' 29" S e 47° 17' 16" O a 47° 22' 07" O), próxima à rodovia João Batista Cabral, SP-225. A propriedade possui uma área total de 6.500 hectares e compreende fragmentos de vegetação nativa, áreas construídas para o exercício das atividades ligadas à Aeronáutica e áreas de monoculturas. A Guarnição está localizada

em uma região de ecótono de Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica) e Cerrado e tem como um dos seus principais limites o Rio Mogi-Guaçu.

Figura 1. Localização da área de estudo Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga, com imagem de satélite representando cobertura e uso do solo disponível no Google Earth, 2022.



Metodologia - O traçado da área foi realizado pelo uso do software Google Earth, que permitiu realizar a delimitação da área de estudo, bem como dos fragmentos florestais e corpos d'água. Os polígonos digitalizados foram convertidos em formato *shapefile* quando inseridos no SIG QGIS (Sherman et al., 2018).

As imagens utilizadas foram do satélite Landsat 8, sensor OLI, obtidas gratuitamente no site United States Geological Survey (USGS), posteriormente submetidas a um processamento digital que permitiu que fossem obtidos os índices NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), a partir de duas cenas analisadas. A primeira cena é referente ao ponto de órbita 220/75, em 14 de março, referenciando o período do verão; e a segunda cena refere-se à 31 de agosto, a época de inverno, ambas do ano de 2018. As imagens utilizadas para a obtenção do índice de vegetação foram as bandas quatro (0,65 μm a 0,67 μm) e cinco (0,85 μm a 0,88 μm), com resolução espacial de 30 metros. A correção atmosférica foi feita pelo *plugin* SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) do software QGIS na guia *Preprocessing* (Latorre, et al., 2002)

O índice de vegetação utilizado, o NDVI (Equação 1), tem por base o comportamento da reflectância da vegetação nas regiões infravermelho próximo e vermelho, sendo sensível a quantidade de pigmentos fotossintetizantes.

Para o cálculo do NDVI, a normalização é feita pelo uso da seguinte equação (Rouse, et al., 1973):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

ρ_{NIR} - Reflectância da vegetação na banda do infravermelho próximo;

ρ_{red} - Reflectância da vegetação na banda do vermelho.

Esse índice varia entre -1 e 1. Logo, quanto mais próximo os valores estiverem de 1, maior será a densidade da cobertura vegetal (Leite, et al., 2017; Ponzoni & Shimabukuro, 2008; Rouse et al., 1973).

Criado a partir da imagem NDVI, através da utilização da ferramenta Estatística Zonal, no *software* QGIS, foi possível calcular o índice para cada fragmento digitalizado, escolhendo os itens média, mínimo, máximo e desvio padrão, sendo todos esses dados armazenados na tabela de atributos da camada. Uma vez obtida a média do NDVI, foi possível classificar os fragmentos com os valores pertinentes a cada estação. Foram utilizadas cinco classes de camadas quanto à densidade da vegetação, a fim de posteriormente se confrontar o resultado dos distintos períodos. A camada fora reclassificada baseada no maior e menor valor da média do NDVI, dividindo-se o resultado pelo número de classes e a diferença foi a quantidade descontada das classes resultando nos valores apresentados na legenda dos mapas.

Outro indicador empregado, é o *Shape index* (SI), ou índice de forma (Equação 2). Este índice tem como função demonstrar o modo como a paisagem se modificou ao longo do tempo. Para tanto, fica estabelecido que quanto mais próximo a 1, mais regular será seu formato, isto é, sua feição se aproximará mais de um círculo, tendo estrutura para abrigar uma maior diversidade de espécies. Além disso, quanto mais regular, menor será o impacto do efeito de borda, deixando o centro do fragmento mais distante das extremidades e apresentando menor interação com a matriz (Martins, et al., 2018; Pirovani et al., 2014).

Para o cálculo do *Shape Index*, o cálculo é feito pelo uso da seguinte equação (Forman & Gordon, 1981):

$$SI = \frac{p}{2\sqrt{\pi} \cdot a} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

p – Perímetro

a - Área

3. Resultados e Discussão

Conhecer a área dos fragmentos pode possibilitar a identificação da riqueza de espécies, bem como, compreender quais são os estágios de conservação de cada fragmento. Por meio da digitalização da área reconheceu-se 56 fragmentos (Figura 2) na Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga, totalizando 2357 hectares, sendo quantificados quanto ao seu tamanho e forma. O número de fragmentos é uma medida importante na caracterização da paisagem, porque permite avaliar o grau de fragmentação ou subdivisão existentes na área de estudo (Calegari, et al., 2010).

Figura 2. Localização dos fragmentos ao longo da área da Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (SP).



Fonte: Autores (2018).

O Quadro 1 apresenta as classes de tamanhos dos fragmentos reconhecidos no presente estudo. Segundo Metzger (1997), o tamanho dos fragmentos é uma medida importante, pois influencia de modo intenso os processos biológicos, a extração de recursos e gera uma alteração no fluxo gênico dos dispersores de semente e polinizadores, sendo este último, um fator que indica grandes riscos para a manutenção das populações locais levando a uma diminuição da diversidade de espécies nativas (Cerqueira et al., 2003). Outra grande influência no processo de fragmentação é a relação entre o tamanho do fragmento e o efeito de borda, isto é quanto menor for, maior será a porção de área alterada, logo se algumas espécies vegetais dependem de condições exclusivas do interior da mata, estas acabam perdendo seu habitat (Feiden et al., 2008). Assim, como mostra a Figura 3 que traz a distribuição das fitofisionomias presentes na área, os fragmentos de número dois (491 hectares) e dezenove (226 hectares), cobertos pela Floresta Estacional Semidecidual, incluindo o fragmento de número um (446 hectares) que abriga a vegetação do tipo Cerradão, são os mais extensos, indicando uma capacidade maior de comportar a biodiversidade local e servindo como refúgio de espécies nativas (Feiden et al., 2008; Ranta, et al., 1998; Viana & Pinheiro, 1998).

Quadro 1. Classes de tamanho dos fragmentos localizados na área da Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (SP).

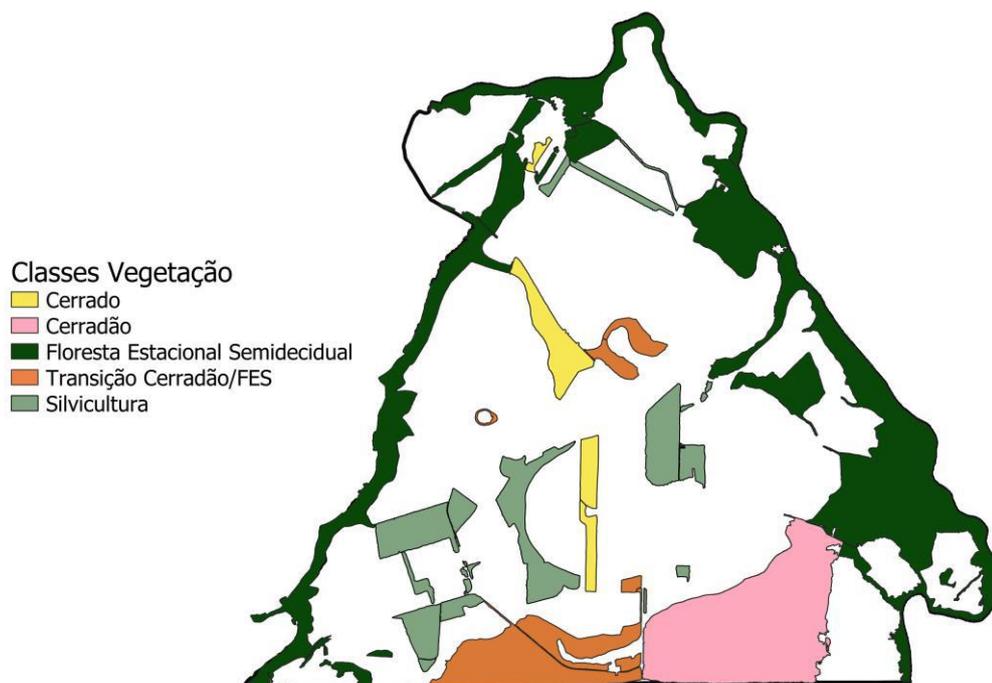
Classes de tamanho	No. de fragmentos
Fragmentos entre 0 e 10 ha	29
Fragmentos entre 10 e 20 ha	8
Fragmentos entre 20 e 50 ha	7
Fragmentos entre 50 a 100 ha	7
Fragmentos entre 100 a 200 ha	2
Fragmentos entre 200 a 491 ha	3
TOTAL	56

Fonte: Autores (2018).

Os fragmentos com formas mais simples, são aqueles que em sua maioria se apresentam mais regulares, sendo que a irregularidade dos fragmentos aumenta proporcionalmente ao seu tamanho, porém vale pontuar que quanto menor ou mais alongado o fragmento for, maior será o efeito de borda (SOS Mata Atlântica, 2017). Desse modo, fragmentos grandes como os de número um e dois (Figura 2) podem sofrer menos com esse efeito, quando comparados com os de número vinte e cinco, quarenta e nove e cinquenta e dois (Figura 2), por terem seu formato mais prolongados. Segundo Juvanhol et al. (2011), fragmentos mais alongados teriam menos chances de serem essenciais para manutenção da biodiversidade.

Na Guarnição da Aeronáutica, se reconhece aproximadamente 2000 hectares de vegetação nativa, onde 1173 hectares são de Floresta Ciliar contínua a Floresta Estacional Semidecidual, 122 hectares de Cerrado, 446 hectares de Cerradão e 259 hectares de área de transição entre Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual. Além disso, também se caracterizou área de silvicultura com 358 hectares e de várzea com 252 hectares.

Figura 3. Fitofisionomias presentes na Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (SP). FES: Floresta Estacional Semidecidual.



Fonte: Autores (2018).

Quanto mais complexa for a estrutura da formação vegetal e quanto maior for a fitomassa, maior será a complexidade do habitat (Gamarra, et al., 2016). Nos fragmentos cobertos pela Floresta Estacional Semidecidual da Guarnição observou-se a presença de algumas espécies típicas, como *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr (Fabaceae), *Ficus* spp. (Moraceae), *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae), além de espécies das famílias Piperaceae e Solanaceae. Silva, et al., (2018) e Soares (2007), também reconheceram essas espécies para o mesmo tipo de formação florestal, respectivamente nos municípios de Araras e Rio Claro, ambos no estado de São Paulo e próximos à Guarnição. O fragmento de número dois é o mais extenso de Floresta Estacional Semidecidual, com uma área de 491 hectares, enquadrando-se nos 3,2% de vegetação remanescente no Estado de São Paulo com extensão entre 200 e 500 hectares (Decreto n. 6.660, 2008; Durigan, 2008).

A área de Cerrado totaliza 568 hectares, sendo 446 hectares relacionados à fitofisionomia do Cerradão. O Cerradão é definido segundo a Lei n. 13.550 de 2 de junho de 2009 como uma "[...] vegetação com fisionomia florestal em que a cobertura arbórea compõe dossel contínuo, com mais de 90% (noventa por cento) de cobertura da área do solo, com altura média entre oito e 15 metros, apresentando, eventualmente, árvores emergentes de maior altura" (Lei n. 13.550, 2009). O Cerrado, como mosaico de vegetações distintas, acaba por abrigar espécies endêmicas, além de apresentar uma vasta riqueza também de espécies animais. É primordial que se preserve áreas naturais que sejam suficientes para representar cada uma de suas fitofisionomias. Logo, a Guarnição é importante na manutenção da vegetação ao assegurar a representatividade de espécies específicas desse domínio (Duboc, 2008; Durigan, et al., 2018).

Do ponto de vista fisionômico, o Cerrado por ser dividido em dois extremos, o campo limpo, apresentando uma vegetação herbáceo-subarbusciva e o Cerradão, com predomínio do componente arbóreo-arbustivo e xeromorfismo acentuado, isto é, uma ampla quantidade de indivíduos possuem folhas com cutícula grossa, e contam ainda com a presença de ceras ou tricomas para diminuir as perdas por evapotranspiração (Fina & Monteiro, 2009; Giácomo, et al., 2015).

Nessas áreas de Cerradão foram encontradas espécies representativas, como *Vochysia bifalcata* Warm (Vochysiaceae), *Banisteriopsis stellaris* (Griseb.) B.Gates (Malpighiaceae), *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart (Annonaceae), *Byrsonima intermedia* A.Juss. (Malpighiaceae), *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil. (Solanaceae) e *Anadenanthera* sp. (Fabaceae), corroborando com os trabalhos realizados em um remanescente do Cerradão no Campus da Universidade de São Paulo por Fina e Monteiro (2009), bem como com os estudos de Batalha, et al., (1997) para o Cerrado no distrito de Emas, ambas análises realizadas no município de Pirassununga.

Na área da Guarnição cerca de 356 hectares é ocupada pela silvicultura, com cultivo de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. Contudo, há a necessidade de ressaltar que esses espaços foram abandonados para a regeneração. Esse processo será influenciado por fatores ambientais e o processo da brotação promoverá o êxito no reestabelecimento da cobertura vegetal. Essa peculiaridade das espécies locais de rebrotar é intimamente ligada às propriedades físicas e químicas do solo (Paula, et al., 2015; Santos, et al., 2017). Essas áreas também são passíveis de receber ações de restauração, objetivando a recomposição do componente arbóreo, portanto, promovendo o reestabelecimento da integridade ecológica dos ecossistemas presentes (Rodrigues, et al., 2009).

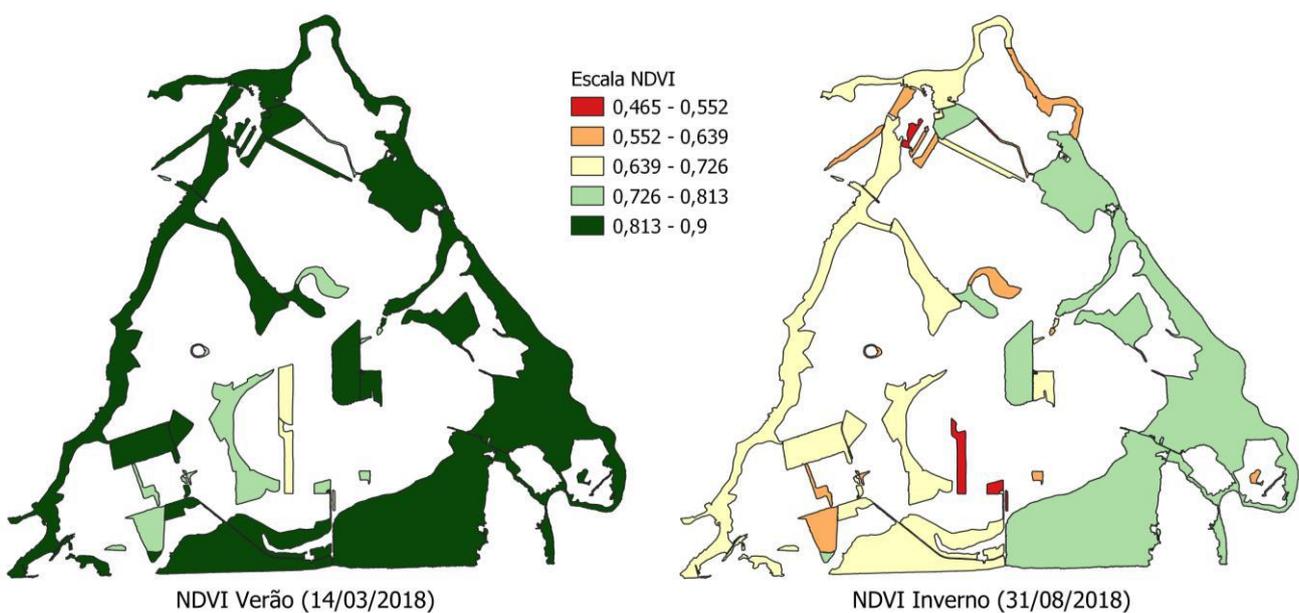
O limite entre Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual é muito tênue e complexo, uma vez que a diversidade dessas formações acaba por dificultar a diferenciação das mesmas (Marques, 2019). No presente estudo a área de transição entre Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual ocupa uma extensão de 259 hectares, onde observou-se que, devido à sua ampla heterogeneidade promove a inserção de fitofisionomias diferentes em unidades ecológicas distintas (Silva, et al., 2006).

Quanto à hidrografia, a Guarnição está entre o Córrego Batistela e o Rio Mogi-Guaçu, também contando com a presença do Córrego do Potreiro (Figura 3), por essa razão tem-se a presença de áreas úmidas, denominadas várzea, que ocupam 252 hectares na Guarnição. Dentro da classificação zonas úmidas (*wetland*), trata-se de um local coberto de água, seja ela parada, corrente ou salobra, num regime natural ou artificial, sendo este permanente ou temporário. Trata-se de uma área

importante no fornecimento de serviços ecológicos essenciais à fauna e flora, uma vez que possuem um ecossistema muito complexo (Campanili & Schaffer, 2010). Essa região sofre influência de fatores hidrográficos, climáticos, edáficos e florísticos, sendo também um ecossistema diverso, que abrange espécies tanto terrestres como aquáticas, e por causa disso torna-se um espaço importante que deve ser preservado e restaurado (Benatti, 2016). Uma vez que, foram deixadas para regeneração é esperado que se registre a presença de gramíneas (Poaceae) invasoras nessas áreas como *Panicum maximum* Hochst. ex A.Rich. e *Brachiaria decumbens* Stapf. Além disso, presume-se que ao longo do tempo também será possível observar a ocorrência de espécies típicas como *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae) e *Nectandra* spp.(Lauraceae) (Benatti, 2016; Nóbrega, et al., 2007; Torres, et al., 1992).

Posterior à delimitação dos fragmentos e a partir da obtenção da estatística do NDVI, pode-se perceber acentuadas diferenças entre as estações verão e inverno, pois ao fazer essa distinção, se garante maior separação entre as fitofisionomias (Figura 4). Em relação à Floresta Estacional Semidecidual, no verão o NDVI médio ficou entre 0,741 e 0,894 e no inverno entre 0,564 e 0,765, os valores do desvio padrão variando entre 0,023 a 0,130. Já para o Cerrado, no verão o NDVI médio ficou entre 0,676 e 0,869 e no inverno entre 0,466 e 0,776, os valores do desvio padrão variam entre 0,034 a 0,109. Igualmente para Gamarra et al. (2016), os números que representam maior complexidade referiram-se a Floresta Estacional Semidecidual, seguida do Cerradão, em razão de ambas as estruturas serem florestadas e, portanto, mais intrincadas, além de apresentarem maior fitomassa se comparadas ao Cerrado. Uma vez normalizada, a razão do NDVI, varia entre -1 e +1, sendo +1 indicativo de áreas com vegetação mais densa (Gonçalves & Avelino, 2018). Logo, quanto mais próximo de verde escuro, maior será a atividade fotossintética da vegetação marcada (Hermuche, 2011). Segundo Braga, et al. (2005), os valores de NDVI de uma área vegetada fica entorno de 0,1 e 0,8, sendo estes dependentes de fatores como arquitetura das plantas, densidade e umidade de vegetação. Sendo assim, a Figura 4 mostra as acentuadas diferenças do Índice de Vegetação Normalizada (NDVI) nos períodos de verão e inverno no ano de 2018.

Figura 4. Distribuição espacial do NDVI da Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (SP) no período do verão e do inverno obtidas a partir de imagens do satélite Landsat 8 (sensor OLI).



Fonte: Autores (2018).

No inverno o NDVI apresenta valores mais baixos (Figura 4), uma vez que as árvores perdem parte de suas folhas, resultando na diminuição da biomassa foliar. O fenômeno da deciduidade estacional é tido como parâmetro para caracterização da região, sendo que a queda parcial apresenta correlação com os fatores climáticos, considerando-se a série histórica ou atual da presente localidade (Costa & Guasselli, 2017). No presente estudo, a diferença entre os padrões temporais dos períodos analisados, concordam com a amplitude pluviométrica mensal de cada estação, verão e inverno, respectivamente, para o ano de 2018, segundo dados fornecidos pela Estação Meteorológica do Laboratório de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de São Paulo de Pirassununga (Universidade de São Paulo, 2018)

A justificativa para que algumas áreas de Cerrado ainda permaneçam com índice de 0,73, pode ser a própria característica das espécies que compõe essa fisionomia, com folhas coriáceas e cascas grossas, fatores estes que contribuem para a minimização da perda de água no período seco (Souza, et al., 2016).

Na literatura encontra-se que áreas destinadas à silvicultura apresentam os valores de NDVI entre 0,2 e 0,5, devido à diminuição da vegetação (Delbart, et al., 2006). Porém na Guarnição os valores obtidos para essas áreas foram o NDVI médio entre 0,704 e 0,882 no verão e entre 0,494 e 0,791 no inverno, com os valores do desvio padrão variando entre 0,024 a 0,138. Nesse caso, a falta de concordância desses números pode se dever ao fato de que tais áreas foram deixadas para restauração natural, ou seja, a presença de espécies regenerantes possivelmente ocasionou essa diferença.

4. Conclusão

Em razão da Guarnição possuir fitofisionomias distintas que abrigam uma grande diversidade de espécies, muitas endêmicas, e do fato de deter alguns fragmentos que têm tamanho, estrutura e densidade suficientes para ser um suporte ideal na promoção da permanência das espécies, reconhece-se a relevância da Guarnição para conservação efetiva da biodiversidade local. Uma vez que o comprimento dos fragmentos também influi na diversidade de espécies presentes no local, a área de estudo torna-se ainda mais primordial nesse processo.

O NDVI foi de extrema importância para que se pudesse analisar e identificar o comportamento da vegetação, bem como, na compreensão sobre sua distribuição espacial. Mesmo num curto período de tempo, pode se observar pelo uso e interpretação das imagens de satélite que houve decréscimo e incremento da densidade em vários pontos vegetação, assim demonstrando a eficiência do monitoramento no acompanhamento do desenvolvimento da vegetação. E compreendendo que a Guarnição é uma área extremamente rica no que condiz a diversidade ecológica, por essa razão sugerimos outros estudos que possam investigar a composição das fitofisionomias por meio de levantamentos fitossociológicos e inclusive recomenda-se o uso de outras métricas de paisagem que auxiliem na produção de novos conhecimentos sobre a conectividade e a qualidade da estrutura dos fragmentos a fim de estimular medidas que favoreçam ainda mais sua manutenção.

Agradecimentos

Agradecemos a Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga pelo apoio e suporte durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

- Abreu, K. M. P., & Coutinho, L. M. (2014). Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índice de vegetação e métricas da paisagem. *Revista Vértices*, 6(1), 177-202.
- Batalha, M. A., Aragaki, S., & Mantovani, W. (1997). Florística do Cerrado em Emas (Pirassununga, SP). *Boletim Botânico*, 16, 46-94.
- Benatti, J. H. Várzea e as populações tradicionais: a tentativa de implementar políticas públicas em uma região ecologicamente instável. (2016). In: Alves, F. (Org.). *A Função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia*. (pp. 17-29). Brasília: IPEA.

- Boyd, D. S., & Danson, F. M. (2005). Satellite remote sensing of forest resources: Three decades of research development. *Progress in Physical Geography*, 29(1), 1-26.
- Braga, C. C., Brito, J. I. B., & Sansigolo, C. (2005). *A Sazonalidade de índice de vegetação sobre o Nordeste do Brasil*. INPE
- Decreto n. 6.660, de 21 de novembro de 2008. (2008). Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6660.htm
- Calegari, L., Martins, S. V., Gleriani, J. M., Silva, E., & Busato, L. C. (2010). Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. *Revista Árvore*, 34 (5), 871-880.
- Campanili, M., & Schaffer, W. B. (2010). *Mata Atlântica - Manual de Adequação Ambiental*. (Biodiversidade,35). Brasília: MMA, SBF.
- Cerqueira, R., Brant, A., Nascimento, M. T., & Pardini, R. (2003). Fragmentos: alguns conceitos. In: Ministério do Meio Ambiente. *Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - MMA.
- Costa, L. C. B., & Guasselli, L. A. (2017). Dinâmica sazonal de remanescentes da Mata Atlântica, a partir de séries temporais NDVI/MODIS. *Geo UERJ*, 1(30), 214-239.
- Chaves, A. D. C. G., Santos, R. M. S., Santos, J. O., Fernandes, A. A., & Maracajá, P. B (2013). A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. *Revista ACSA*, 9(2), 42-48.
- Delbart, N., Toan, T. L., Kergoats, L., & Fedotava, V. (2006). Remote sensing of spring phenology in boreal regions: a free of snow effect method using NOAA-AVHRR and SPOT-VGT data (1982–2004). *Remote Sensing of Environment*, 101, 52-62.
- Duboc, E. (2008). *O Cerrado e o setor florestal brasileiro*. (Documentos Embrapa Cerrado; 218). Planaltina - DF: Embrapa Cerrados.
- Durigan, G. (2008) Fanerógamas. In: Rodrigues, R. R.; Bononi, V. L. R (Eds.). *Diretrizes para a Conservação e Restauração da Biodiversidade no Estado de São Paulo*. (pp.104-109). São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto de Botânica: Fapesp.
- Durigan, G., Pilon, N. A. L., Assis, G. B., Souza, F. M., & Baitello, J. B. (2018). *Plantas Pequenas do Cerrado: Diversidade Negligenciada*. São Paulo: SMA.
- Feiden, A., Castagnara, D. D., Uhlein, A., Kipper, M., Silva, N. L. S., & Zonin, W. (2008). Quantificação dos fragmentos florestais existentes na microbacia hidrográfica da Sanga Mineira - município de Mercedes - PR. *Revista Brasileira de Biociências*, 6 (supl 1), 29-31.
- Fina, B. G., & Monteiro, R. (2009). Estudo da estrutura da comunidade arbustivo-arbórea de uma área de Cerradão, município de Pirassununga (SP). *Neotropical Biology and Conservation* 4(1), 40-48.
- Forman, R. T. T., & Godron, N. (1981). Patches and Structural Components for a Landscape Ecology. *BioScience*, 10(31), 733-740.
- Gamarra, R. M., Teixeira-Gamarra, M. C., Carrijo, M. G. G., & Paranhos, A. C. F. (2016). Uso do NDVI na análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de unidade de conservação no Cerrado. *Raega*, 37, 307-322.
- Giácomo, R. G., Pereira, M. G., Carvalho, D. C., & Medeiros, V. S. G. (2015). Florística e Fitossociologia em Áreas de Cerradão e Mata Mesofítica na Estação Ecológica de Pirapitinga, MG. *Floresta e Ambiente*, 22(3), 287-298.
- Gonçalves, P. S., & Avelino, E. Índices de Vegetação aplicados sobre os padrões de ocupação do Cerrado no município de Diamantino, Mato Grosso. (2018). *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, 1, p. 5011-5021.
- Hermuche, P. M. 2011. Relação entre NDVI e florística em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual no Vale do Paraná, Goiás. *Ciência Florestal*, 21, 41-52.
- INPE - Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. (2018a). *Cerrado*. <http://terrabrazilis.dpi.inpe.br/app/map/alerts?hl=pt-br>.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). (2018b). *Monitoramento do Desmatamento no cerrado Brasileiro por satélite*. <http://www.obt.inpe.br/cerrado/>.
- Juvanhol, R. S., Fielder, N. C., Santos, A. L., Pirociani, D. B., Louzada, F. L. R. O., Dias, H. M., & Tebaldi, A. L. C. (2011). Análise Espacial de Fragmentos Florestais: caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, Estado do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*, 18(4), 353-364.
- Kalaf, R., Brasileiro, R., Cardoso, P. V., & Cruz, C. B. M. (2013, Junho). Landsat 8: Avanços para mapeamento em mesoescala. *Congresso Brasileiro de Geoprocessamento*, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,6.
- Kronka, F. J. N., Nalon, M. A., Matsukuma, C. K., Kanashiro, M. M., Ywane, M. S. S., Pavão, M., Durigan, G., Lima, L. M. P. R., Guillaumon, J. R., Baitello, J. B., Borgo, S. C., Manetti, L. A., Barradas, A. M. F., Fukuda, J. C., Shida, C. N., Monteiro, C. H. B., Pontinha, A. A. S., Andrade, G. G., Barbosa, O., & Soares, A. P. (2005). *Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Florestal; Biota Fapesp; Imprensa Oficial.
- Latorre, M. Jr. O. A. C., Carvalho, A. P. F., & Shimabukuro, Y. E. (2002). Correção Atmosférica: conceitos e fundamentos. *Espaço & Geografia*, 5(1), 153-178.
- Lei n. 13.550, de 02 de junho de 2009. (2009). Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Cerrado no Estado, e dá providências correlatas. <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13550-02.06.2009.html>
- Leite, A. P., Santos, G. R., & Santos, J. E, 2017. Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na Estação Experimental de Itatinga utilizando imagens LANSAT 8. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 6(4), 606-6263.

- Martins, R. N., Abrahão, S. A., Ribeiro, D. P., Colares, A. P. F., & Zanella, M. A. (2018). Spatio-temporal analysis of landscape patterns in the Catolê watershed Northern Minas Gerais. *Revista Árvore* 42(4), 1-11.
- Marques, Q. *Os limites entre a Amazônia e o Cerrado*. (2019). *Revista FAPESP*.
- Mazza, C. A. S., Mazza, M. C. M., & Santos, J. E. Análise da fragmentação da paisagem da região centro-sul do Paraná. In: Santos, J. E.; Zanin, E. M.; Moschini, L. E. *Faces da Polissemia da Paisagem - Ecologia, Planejamento e Percepção*. (Vol. 4). São Carlos: Rima.
- Metzger, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. (1997). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 71(3), p. 445-463.
- Nalon, M. A., Mattos, I. F. A., & Franco, G. A. D. C. (2008). Meio físico e aspectos da fragmentação da vegetação. In: Rodrigues, R. R., et al. (Eds.). *Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto de Botânica; Fapesp.
- Nóbrega, A. M. F., Valeri, S. V., Paula, R. C., Silva, S. A., & Rêgo, N. H. (2007). Uso da fitossociologia na avaliação da efetividade da restauração florestal em uma várzea degradada do rio Mogi Guaçu, SP. *Scientia Forestalis*, 75, 51-63.
- Novaes, P. C., Ferreira, L. G., & Dias, R. (2003). Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade no Estado de Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*, 23(1), 41-58.
- Novo, E. M. L. M., & Ponzoni, F. J. (2008). *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. (3. Ed.). São Paulo: Edgard Blucher.
- Paula, A., Martins, F. Q., Batalha, M. A. P. L., Rodrigues, R., & Manhães, M. A. (2015). Riqueza, diversidade e composição florística em áreas de cerrado em regeneração e preservado na estação ecológica de Itirapina - SP. *Ciência Florestal*, 25(1), 231-238.
- Pirovani, D. B., Silva, A. G., Santos, A. R., Cecílio, R. B., Gleriani, J. M., & Martins, S. V. (2014). Análise Espacial de Fragmentos Florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. *Revista Árvore*, 38(2), 271-281.
- Ponzoni, F. J., & Shimabukuro, Y. E. (2008). *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos: Parêntese.
- Ranta, P., Blon, T., Niemela, J., Joensuu, E., & Siitonen, M. (1998). The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation*, 24, 385-403.
- Rodrigues, R. R., Santin, P. H. B., & Isernhagen, I. (2009). Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF, ESALQ: *Instituto BioAtlântica*.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In 3rd ERTS. *Symposium NASA*, 309-317.
- Rosa, R. (2005). Geotecnologia na geografia aplicada. *Revista do Departamento de Geografia*, 16, 81-90.
- Santos, G. L., Pereira, M. G., Delgado, R. C., & Torres, J. L. R. (2017). Natural regeneration in anthropogenic environments due to agricultural use in the Cerrado, Uberaba, MG, Brazil. *Bioscience Journal*, 33(1), 169-176.
- Seoane, C. E. S. (2006). Conservação da Diversidade Florestal. *Anais da Semana de Estudos Florestais* 8, Irati, 2006. Irati, PR, Brasil, 8.
- Silva, A. E. T., Rocha, V. J., & Figueiredo, R. A. (2018). Diversidade, similaridade e riqueza de morcegos em área nativa e de sistema agroflorestal na Mata Atlântica, Brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 13(2), 6-16.
- Silva, J. F., Farinas, M. R., Felfili, J. M., & Klink, C. A. (2006). Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography*, 33, 536-548.
- Silva, J. M. C., Pinto L. P., Hirota M., Bedê, L., & Tabarelli M. (2017). Conservação da Mata Atlântica Brasileira – um balanço dos últimos dez anos. In: Cabral, D. C., & Bustamante, A. G. (Orgs.). *Metamorfozes florestais: Culturas, ecologias e as transformações históricas da Mata Atlântica*. Curitiba: Editora Prismas.
- Silva, G. B. S., Mello, A. Y. I., & Steinke, V. A. (2012). Unidades de Conservação no Bioma Cerrado: Desafios e Oportunidades para a Conservação no Mato Grosso. *Geografia*, 37(3), p. 541-554.
- Soares, S. M. (2007). *Composição Florística e estrutura fitossociológica de uma Floresta Estacional Semidecidual em Araras, SP*. Dissertação de Mestrado (Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil.
- Souza, G. M., Gurgel, H. C., & Ciamp, P. M. (2016). Análise sazonal da vegetação do Cerrado por meio de dados do sensor MODIS no Distrito Federal (Brasil). *Boletim Goiano de Geografia*, 36(3), 502-520.
- SOS Mata Atlântica. (2017) *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, Período 2015-2016*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, INPE.
- Secretariado da Convenção sobre Biodiversidade Biológica – SCBD. (2006). *Montreal: Panorama da Biodiversidade Global* 2.
- Sherman, G. E., Sutton, T., Blazek, R., Holl, S., Dassau, O., Morely, B., Mitchell, T., Luthman, L. (2018). *Quantum GIS User Guide - Version 3.2*. http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0_user_guide_en.pdf.
- Torres, R. B., Matthes, L. A. F., Rodrigues, R. R., & Leitão, H. F. F. (1992). Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo. *O Agrônomo*, 44, 6-13.
- Universidade de São Paulo – USP. (2018). *Dados da Estação Meteorológica da USP - Campus Pirassununga*.
- Viana, V. M., & Pinheiro, L. A. F. (1998). Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. (Série Técnica). *IPEF*, 12, 25-42.