

Geobotânica por sensoriamento remoto em Floresta de Restinga na Estação Ecológica Jureia-Itatins, Iguape-SP.

Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida¹

Carolina Tuaf²

Cibele Hummel do Amaral¹

Natasha Costa Penatti¹

¹ Universidade de São Paulo- USP/Instituto de Geociências
Rua do Lago, 562 – Cidade Universitária – São Paulo - Brasil
{talmeida, chamamar, natasha.penatti}@usp.br

² CNEC WorleyParsons Engenharia S/A
Av. Alfredo Egídio de Souza Aranha, 100 – São Paulo Brasil
carolina.tuaf@gmail.com

Abstract. Geobotany studies the relation between the physical environment and the physiognomic, morphological, taxonomic, phenological and physiological expressions of the vegetation. Traditionally utilized in exploration geology, in which the intense geological variability extends up to the soil, geobotany can be applied to geologically-common terrains. The Jureia-Itatins Ecological Station, located in southeastern Brazil's Iguape municipality, contains several phytophysiognomies associated with the Atlantic Forest biome, including the Restinga Forest. This forest, of significant biodiversity, grows on sediments deposited during sea-level variations in the Quaternary. The joint analysis of sediment granulometry, soil fertility, water table depth, leaf area, number of trees per plot, floristic similarity and species density allowed to separate homologous areas, here called 'geobotanical units'. Remote sensing has been successfully applied to geobotany and, in this study, we analyzed the relationship between the canopies' spectral response from the studied mosaic of forests and the aforementioned set of field parameters – i.e., the relationship between the canopies and the geobotanical units. Bands of the reflected spectrum of ASTER Images, processed accordingly to the systemic method, revealed the correlation between the canopy spectral behaviour and the set of field parameters. There are three important advances: (i) an indication that the set of parameters of the physical environment and the forestry characteristics may define the local environment, (ii) the set of parameters is manifested in the canopy and (iii) multispectral optical images with medium spectral and spatial resolution could partially identify this canopy variability and its relation to the physical environment.

Palavras-chave: image processing, geobotany, Restinga Forest, processamento de imagens, geobotânica, Floresta de Restinga.

1. Introdução

A Estação Ecológica Jureia-Itatins (EEJI), uma unidade de conservação de proteção integral, possui um dos poucos remanescentes florestais com vegetação de restinga. O estudo foi feito na Planície do Una, delimitada pelo rio Una do Prelado, pelo Morro do Grajaúna e pela praia do Una, em um total de aproximadamente 7.500ha (figura 1). Segundo Sugiyama (1998), vegetação de restinga é o conjunto de fitofisionomias associado à Mata Atlântica, distribuídas em mosaico, que habita as planícies costeiras brasileiras sobre sedimentos arenosos marinhos depositados nas transgressões do Pleistoceno e Holoceno. Abrange desde a vegetação pioneira, logo após a linha da maré alta, a vegetação herbáceo-arbustiva de jundú e as fitofisionomias florestais das planícies costeiras, apresentando grande diversidade ecológica. A vegetação de restinga aqui abordada refere-se somente às formações florestais desenvolvidas na planície de cordões litorâneos, abrangendo as fisionomias de Floresta Baixa de Restinga, Floresta Alta de Restinga e Floresta Paludosa.

O conjunto das formações florestais costeiras, considerando a Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal (Veloso et al., 1991), pode ser denominado como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. Seguindo este viés, o Estudo Técnico para

Recategorização de Unidades de Conservação e Criação do Mosaico de Unidades de Conservação Jureia-Itatins (SMA, 2010) define para a planície de cordões arenosos do rio Una do Prelado as formações florestais: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas de porte baixo, Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas secundária média sobre cordões arenosos recentes e Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, de Várzea ou Paludosa secundária média com caxeta.

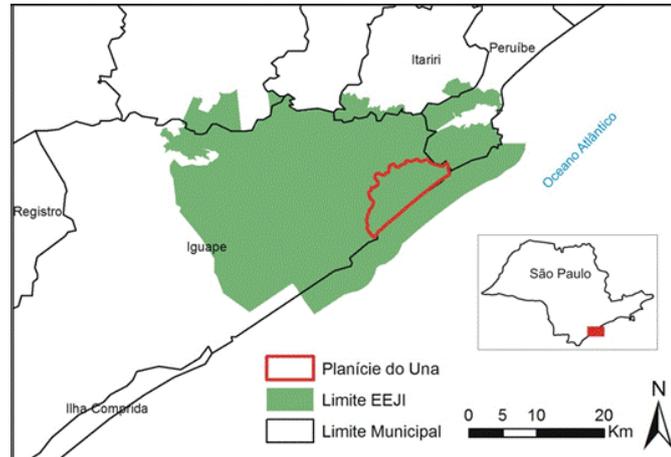


Figura 1 Localização da área de trabalho (Planície do Una) e da EEJI.

No bioma Mata Atlântica a composição florística e a estrutura das coberturas vegetais são dependentes de características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas, pretéritas e atuais (Mantovani, 1993). E de fato, Scudeller et al. (2001) encontraram padrões de distribuição restrita de espécies e alta variação local na abundância entre diferentes populações, com a predominância de determinadas espécies em nichos ecológicos restritos juntamente com a presença de espécies generalistas de ampla distribuição. Já Sztutman & Rodrigues (2002) mapearam três tipos florestais no Parque Estadual da Campina do Encantado (PECE), no município de Pariquera-Açu, SP, mostrando que os tipos florestais são claramente associados a três diferentes solos/substratos. A vegetação de restinga, em sua definição oficial apresentada em Brasil (1996) é definida como comunidades edáficas, por dependerem mais da natureza do solo que do clima. Lopes (2007) mostrou haver uma estreita relação entre as características dos sedimentos e do nível do lençol freático (NA) com as fitofisionomias florestais: aos cordões litorâneos holocênicos associam-se à fisionomia de Floresta Alta de Restinga e as áreas entre cordões à Floresta Baixa de Restinga, esta notadamente menos biodiversa.

A geobotânica é tradicionalmente associada à geologia de exploração, mas pode ser entendida também como a ciência que estuda a expressão fisionômica, morfológica, taxonômica, fenológica e fisiológica da vegetação em função do meio físico onde se estabelece. Nas altas latitudes, notadamente em ambientes geologicamente incomuns, os solos promovem essencialmente estresses ou mudanças nas características da vegetação e não mudanças florísticas devido à baixa diversidade lá existente. Em baixas latitudes, no entanto, com a grande diversidade de espécies, a norma é existir espécies mais adaptadas a cada ambiente específico. Mesmo em variações geológicas e ambientais sutis, sempre haverá espécies que estarão mais confortáveis em um ambiente que em outro. Na área de estudo, embora geologicamente monótona, há uma grande variabilidade ambiental que se deve, sobretudo, à presença dos cordões litorâneos. Como abordar este ambiente sob um ponto de vista geobotânico? Partiu-se da hipótese da natureza biótica e abiótica local poderem ser consideradas como um todo, admitindo classificação pelo conjunto da granulometria dos sedimentos, fertilidade dos solos, profundidade do freático e cobertura vegetal.

A aplicação do sensoriamento remoto óptico a estudos das coberturas vegetais é completamente estabelecida, sendo capaz de informar, mesmo em imagens multiespectrais, como a utilizada nesta pesquisa, de água, pigmentos e outros compostos foliares bem como, indiretamente, da arquitetura do dossel. Este conjunto de informações é plenamente adequado para abordar a variabilidade de coberturas vegetais. A geobotânica por sensoriamento remoto, por sua vez, está presente na literatura com aplicações não apenas na geologia de exploração como em programas de mapeamento geológico básico do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em regiões cobertas pela Floresta Amazônica, como em Perrota et al. (2008). A compreensão dos processos envolvidos na interação meio-físico e cobertura vegetal e a identificação remota desta interação é um tema de pesquisa central dos autores. Este trabalho baseia-se na Dissertação de Mestrado de Carolina Tuaf (Tuaf, 2012).

2. Metodologia de Trabalho

A metodologia utilizada pode ser dividida em cinco linhas: (i) definição por sensoriamento remoto dos pontos de coleta de solos e sedimentos e das parcelas para o levantamento florístico, (ii) caracterização da vegetação, (iii) caracterização sedimentológica, (iv) análise de parâmetros de fertilidade do solo e (v) tratamento estatístico dos dados.

2.1 Definição da localização das áreas de amostragem por sensoriamento remoto

A ampla variabilidade e a dificuldade de acesso à floresta local exigiu a utilização de sensoriamento remoto para a definição de zonas relativamente homólogas e do posicionamento dos perfis para a coleta de dados em campo. Foram utilizadas as bandas do espectro refletido de imagem ASTER obtida em 26/02/2006. Como pré-processamentos foram feitos o georeferenciamento e a correção atmosférica. O software utilizado foi o ENVI 4.7 do Laboratório de Informática Geológica do Instituto de Geociências USP. O método utilizado no processamento da imagem foi o da abordagem sistêmica (Almeida, 2005), que se baseia na resposta espectral dos diferentes compostos foliares e da arquitetura do dossel da vegetação (Figura 2).



Figura 2 Fluxograma do Método Sistêmico de Almeida (2005)

Foram utilizados nove índices espectrais, como na Tabela 1. Na abordagem sistêmica considera-se a planta como um sistema que contém em suas folhas água, pigmentos e

compostos bioquímicos como celulose, lignina e amido, bem como a arquitetura do dossel, que guarda grande correlação com a fisionomia florestal, e, naturalmente, com as espécies presentes. Ao aplicar uma análise por principais componentes sobre uma série de índices espectrais que realçaram as respostas de diversos compostos foliares passa-se a considerar, em cada componente principal (CPs), este conjunto de compostos. Escolhidas as CPs a comporem a composição colorida introduz-se informação da arquitetura do dossel, obtendo então a obter uma imagem que exprime a variabilidade da cobertura vegetal em estudo.

Tabela 1 : Índices de vegetação utilizados

Índices de Vegetação	
Razão Simples - clorofila	ASTER 3 / ASTER 1
Razão Simples – antocianina	ASTER 3 / ASTER 2
Razão Simples - água foliar	ASTER 3 / ASTER 4
CB – ênfase amido	ASTER 3/ ASTER 6
CB – ênfase lignina	ASTER 3/ ASTER 8

2.2 Definição das unidades amostrais

A unidade amostral utilizada para a coleta de dados, aqui denominada Perfil, constitui-se de duas parcelas perpendiculares de 60 x 2 m, sendo uma paralela à linha de costa e aos cordões litorâneos, de forma a amostrar a variabilidade lateral e transversal. Em cada perfil foi realizado levantamento florístico com amostragem total dos indivíduos com perímetro na altura do solo (PAS) acima de 15 cm. A medição do nível d'água e a coleta de amostras de solo e sedimento ocorreram em cinco pontos do perfil, distantes a 20 m entre si. Um dos pontos de amostragem situa-se no cruzamento das parcelas, levando a cinco pontos de amostragem por perfil. Em cada um dos pontos foi obtida a área foliar, com fotografia ao nível do solo posteriormente classificada nas classes de atmosfera e não atmosfera (folhas e galhos). O solo foi amostrado aos primeiros 10 cm de profundidade. Os sedimentos foram coletados abaixo da camada de solo e logo acima do nível d'água.

2.3 Caracterização da Vegetação

No levantamento florístico foram incluídos indivíduos arbóreos com perímetro na altura do solo (PAS) igual ou maior que 15 cm, uma vez que é comum a ramificação dos indivíduos arbóreos nas formações florestais de restinga. Todos os indivíduos arbóreos com PAS ≥ 15 cm tiveram medida sua altura e foram identificados em campo ou posteriormente, a partir de material vegetal coletado. A partir destes dados foram calculados diversos índices:

- Índice de Valor de Importância, que informa da composição e a forma de distribuição dos indivíduos arbóreos baseado nos dados de frequência, densidades, dominâncias, absolutas e relativas das espécies levantadas;

- Índice de Shannon-Wiener, um dos índices de diversidade mais usados para estimar a diversidade em dados categóricos. O índice trata as espécies como símbolos e o tamanho da respectiva população como uma probabilidade, levando em consideração o número das espécies e sua equitabilidade (Santos, 2009);

- O Índice de Simpson é derivado da teoria de probabilidades e mede a probabilidade (D) de dois indivíduos, escolhidos ao acaso numa comunidade de tamanho finito, pertencerem à mesma espécie. É uma medida mais sensível à dominância de espécies do que à riqueza de espécies. (Araújo, 2007).

- Equitabilidade de Pielou refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies, variando de zero a um, onde um representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

- Índice de Similaridade de Jaccard ($J\alpha\beta$), baseado na relação entre o número de espécies comuns a duas áreas (perfis no caso) e o número de espécies encontrado em cada área,

informa da similaridade florística entre duas comunidades vegetais, as quais são consideradas dissimilares quando o Índice de Jaccard é maior ou igual a 0,25 segundo a equação:

$J_{\alpha\beta} = c/a + b + c$, onde α – área α ; β – área β ; a – número de espécies que ocorrem na área α ; b – número de espécies que ocorrem na área β ; c – número de espécies comuns das áreas α e β

2.4 Caracterização Sedimentológica

A análise granulométrica, utilizando a escala granulométrica adotada foi de Wentworth, foi realizada no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo pela técnica de pipetagem e peneiramento, com a elutriação seguida de secagem para a completa recuperação da fração areia. Os resultados foram processados pelo programa Momento 4.1.2.3 que utiliza o cálculo dos momentos de Pearson, obtendo parâmetros estatísticos de distribuição de frequências de diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose.

2.5 Análise de fertilidade dos solos

As amostras coletadas de solo foram encaminhadas ao Instituto Agrônomo de Campinas para análise de fertilidade a partir de macronutrientes (Na, P, K, Ca, Mg, S), de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn), Matéria Orgânica (MO), pH, Alumínio trocável, Acidez potencial (H+Al), Soma de Bases (SB), Capacidade de troca catiônica (CTC) e Saturação de bases (V%). Os métodos de ensaio aplicados foram os correntes naquela instituição.

2.6 Análise de Agrupamento

A análise de Cluster ou agrupamento é uma análise estatística multivariada que permite agrupar diferentes parâmetros e unidades. O agrupamento dá-se pelo cálculo da Distância Euclidiana das variáveis determinadas ou simplesmente distância de agrupamento (linkage distance). Neste estudo pretendeu-se com a técnica agrupar perfis levantados considerando as variáveis granulometria, fertilidade do solo, nível de água e, dos parâmetros da vegetação foram utilizados nesta análise o número de indivíduos, número de espécies, número de famílias, densidade relativa e altura média, visando estabelecer unidades geobotânicas. Para realizar a análise de classificação foi utilizado o software STATISTICA 7.

3. Resultados e Discussão

Utilizando o método sistêmico sobre os índices espectrais selecionados obteve-se a matriz dos autovetores da Tabela 2. Foram escolhidas as CPs 2, 4 e 5 por comporem um conjunto mais rico em informação, com os pigmentos foliares dominando a CP2, os compostos bioquímicos dominando a CP4 e a CP5 com importante informação da estrutura das folhas do dossel. Nas imagens destas CPs foi aplicado filtro de convolução gaussiano passa-baixas com Kernel de 13x13 pixels para realçar as respostas dominantes no dossel. Com a fusão com a imagem de albedo (PC1 das bandas Aster 1, 2 e 3) obteve-se a composição colorida da Figura 2, que foi a base para a escolha das subáreas a serem tentativamente amostradas em campo, naturalmente considerando aquelas de acesso menos difícil. Observe-se que a porção amarelo-avermelhada no extremo NE da imagem é a área mais alterada da planície (desmate e plantio de exóticas) por atividades antrópicas anteriores à implantação da proteção legal. A escolha das áreas procurou abranger a maior parte da variabilidade tonal encontrada: as associadas a pixels amarelos (Perfis AB, HI e JK), a verdes (Perfis 2C e LM) e a vermelho arroxeado (Perfil NO). Já o Perfil DE foi selecionado por estar num excepcionalmente possante cordão litorâneo, que atravessa de NE a SW toda a área de estudo.

Nestas áreas amostrais foram identificados 677 indivíduos arbóreos de 108 espécies e 28 Famílias, foram coletadas 40 amostras de solos, de sedimentos e tomadas medidas de área foliar sob estes 40 pontos. Ainda que o número de áreas amostrais seja reduzido, aquelas que

estão associadas às mesmas cores na figura 2 apresentaram características semelhantes e em média mais distintas das demais.

Tabela 2 Matriz de autovetores da ACP, expressando em porcentagem a informação explicada em cada componente principal.

	B3/B1	B3/B2	B3/B4	B3/B6	B3/B8
CP 1	17,8	18,4	21,2	21,1	21,6
CP 2	28,8	25,2	-18,6	-18,3	-9,1
CP 3	45,8	-49,7	2,0	1,0	1,6
CP 4	-5,9	-5,0	-14,6	-25,8	48,7
CP 5	-0,6	-1,4	-48,1	42,1	7,7

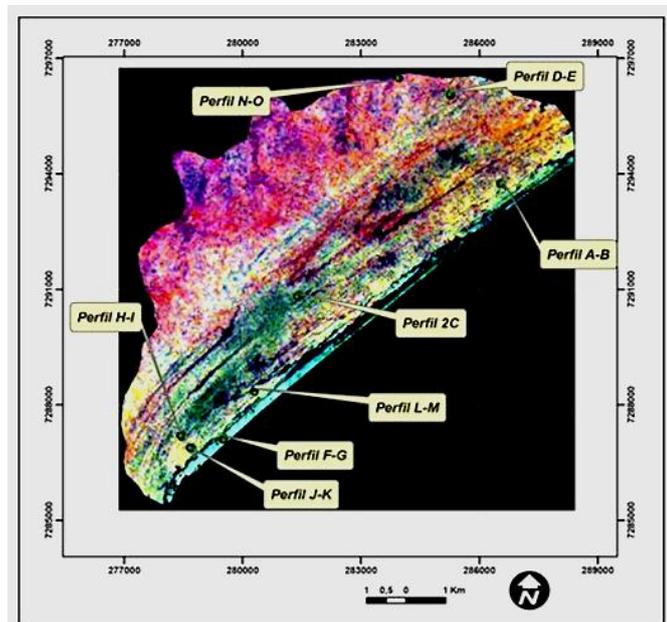


Figura 2 Produto final da aplicação do método sistêmico com as áreas selecionadas para os trabalhos de campo.

A aplicação de análises de agrupamento de cada um dos parâmetros estudados (granulometria assumida como teor de argila, fertilidade dos solos, similaridade florística, área foliar, densidade de indivíduos arbóreos, profundidade do freático e diversidade de espécies) mostrou a tendência de agrupar os perfis de forma semelhante ao agrupamento segundo as tonalidades dos pixels da figura 2. Ou seja, indicando que o comportamento espectral do dossel, realçado pelo conjunto de processamentos utilizados, apresenta importante correlação com cada um dos parâmetros que, em seu todo, permitem uma leitura do conjunto dos meios físico e biótico. Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de análises de agrupamento para os parâmetros acima descritos e de similaridade florística pelo Índice de Jaccard.

A figura 3 mostra o resultado da análise de agrupamento sobre todo o conjunto de parâmetros abordado: há dois grandes grupos, cada um com um elemento mais isolado, os quais, em campo, se mostram muito diferentes dos demais. E há o Perfil DE, que está mais distante dos de seu grupo e se distingue dos demais, como se verá à frente.

Tabela 3 Resultado de análises de agrupamento isoladas para os diversos parâmetros e pelo Índice de Jaccard para a similaridade florística. Os perfis anotados em vermelho são os que contrariam o agrupamento para o conjunto de parâmetros, apresentado na Figura 3.

similaridade florística: {AB/ HI /JK/LM}; {2C/DE}; {FG}; {NO}
fertilidade de solos: {LM/AB}; { FG /JK}; {2C/DE/HI}; {NO}
área foliar: {AB/JK/LM}; {2C/DE/HI/ FG }; {NO}
número de árvores por parcela: {2C/DE/HI}; {FG}; {AB/JK/LM}; {NO}
Profundidade do freático: {FG}; {LM/JK}; { AB /2C/DE/HI}; {NO}
Diversidade de espécies: (AB /DE/HI); {2C/LM/JK}; {NO}; {FG}
Granulometria (teor de argila): {NO}; {2C/HI}; {AB/JK}; {DE}; { LM /FG}

Análise de agrupamento sobre granulometria assumida como teor de argila, fertilidade dos solos, similaridade florística, área foliar, densidade de indivíduos arbóreos, profundidade do freático e diversidade de espécies

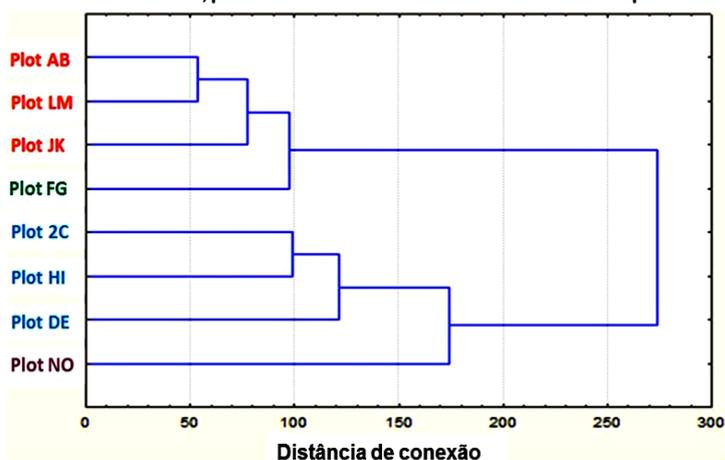


Figura 3 Análise de agrupamento sobre o conjunto de parâmetros abordado.

Considerando o resultado da Figura 3 e as observações em campo concluiu-se poder propor, com os dados existentes, ao menos cinco unidades geobotânicas na área de estudo: {FG}, {2C,HI}, {AB, LM, JK}, {DE} e {NO}, unidades descritas na Tabela 4.

Tabela 4 Descrição de campo das unidades geobotânicas definidas pelos parâmetros bióticos e abióticos considerados.

Unidade	Características gerais
FG	Floresta baixa, com baixa biodiversidade e afetada pelo spray do mar. Solo pouco fértil e bem drenado. Sedimentos arenosos. Freático profundo. Pixels ciano na Figura 3.
AB,LM,JK	Depois da unidade FG há duas unidades descontínuas e intercaladas ({AB, LM, JK} e {2C, HI}). Esta unidade tem solo mais bem drenado e baixa fertilidade do solo, tem a maior área foliar e é mais biodiversa. Associada com pixels amarelos na Figura 3.
2C,HI	Solo muito mal drenado e um pouco mais fértil, com dossel mais alto e biodiversidade expressiva. Associa-se a pixels verdes na Figura 3.
DE	Estatisticamente próximo dos perfis 2C e HI, foi caracterizado em campo como uma unidade particular: a floresta é significativamente mais alta e tem a maior diversidade botânica da área de estudo. Atravessa toda a região estudada e ocorre sobre expressivo cordão litorâneo, chamado pelos moradores de “lombadão”.
NO	Há muita influência da água doce e sedimentos do rio Prelado do Una. O solo, submerso, é puramente argiloso. A fertilidade do solo e a densidade de indivíduos arbóreos é a maior entre todos os perfis, enquanto a área foliar e altura média do dossel é a mais baixa. Os pixels associados são vermelhos e, quando o dossel é mais aberto, azuis.

4. Conclusões

A resposta espectral da imagem mostrou forte relação com a abordagem conjunta dos parâmetros, de relativa independência, coletados em campo. Assim não apenas o dossel parece informar desta visão unificada do meio físico e cobertura florestal como as imagens multiespectrais ASTER, processadas como descrito, informam desta resposta e de sua variabilidade, o que é relevante para a geobotânica por sensoriamento remoto.

Referências Bibliográficas

- Almeida, T.I.R. **Geobotânica por sensoriamento remoto em florestas tropicais e a abordagem sistêmica: uma ferramenta auxiliar no mapeamento geológico regional e na prospecção mineral**. 2005. 145p. Tese Livre-Docência. Instituto de Geociências - USP. 2005.
- Araújo, L. G. **Etnobotânica caçara: diversidade e conhecimento de recursos vegetais no litoral paulista**. 2007. 195 p. Dissertação. Instituto de Biologia – UNICAMP, Campinas, 2007.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 07, de 23 de julho de 1996. Dispõe sobre os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão de vegetação de restinga para o Estado de São Paulo. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de agosto de 1996.
- Lopes, E. A. **Formações florestais de planície costeira e baixa encosta e sua relação com o substrato geológico das bacias dos rios Itagaré e Guaratuba (Bertioga, SP)**. 2007. 126 p. Dissertação. Instituto de Botânica. São Paulo, 2007.
- Mantovani, W. **Estrutura e dinâmica da Floresta Atlântica na Jureia, Iguape-SP**. 1993. 126 p. Tese Livre-Docência. Instituto de Biociências – USP. São Paulo, 1993.
- Santos, V. K. **Uma generalização da distribuição do índice de diversidade generalizado por good com aplicação em ciências agrárias**. 2009. 56 p. Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- Perrota, M. M.; Almeida, T. I. R.; Andrade, J. B. F.; Souza-Filho, C. R.; Rizzotto, G. J. ; Santos, M. G. M. Remote Sensing Geobotany and Airborne Gamma-Ray data applied to Geological Mapping within Terra Firme Brazilian Amazon Forest: A comparative study in The Guapore Valley (Mato Grosso State, Brazil). **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (CDROM)**,v. 37, p. 1275-280, 2008.
- Scudeller, V. V.; Martins, F. R.; Shepherd, G. J. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 152, p. 185-199, 2001.
- SMA – Secretaria do Meio Ambiente – **Estudo Técnico para Recategorização de Unidades de Conservação e Criação do Mosaico de Unidades de Conservação e Criação do Mosaico de UCs Jureia-Itatins**, 2010. Disponível em <<http://www.fflorestal.sp.gov.br/noticias2.php?id=101>> Acesso em 30/09/2010
- Sugiyama, M. Estudos de florestas da restinga da Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Botânica**, n. 11, p. 119-159, 1998.
- Sztutman, M.; Rodrigues, R. R. O mosaico vegetacional numa área de floresta contínua da planície litorânea, Parque Estadual da Campina do Encantado, Pariquera-Açu, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 161-176, 2002.
- Veloso, H. P.; Rangel-Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.
- Tuaf, C. **Geobotânica por sensoriamento remoto em florestas de Restinga sobre sedimentos holocênicos, Iguape-SP**. 2012. 122 p. Dissertação. Instituto de Geociências – USP, São Paulo, 2012.