

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA E CONTEÚDO DE
NITROGÊNIO FOLIAR EM CERRADÃO, LUÍS ANTÔNIO, SP**

ERICO FERNANDO LOPES PEREIRA-SILVA

SÃO CARLOS – SP

2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA E CONTEÚDO DE
NITROGÊNIO FOLIAR EM CERRADÃO, LUÍS ANTÔNIO, SP**

ERICO FERNANDO LOPES PEREIRA-SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, área de concentração em Ecologia (Campo de Pesquisa de Ecologia Vegetal).

SÃO CARLOS – SP

2003

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S586cf

Silva, Érico Fernando Lopes Pereira da.

Composição florística, estrutura fitossociológica e conteúdo de nitrogênio foliar em cerradão, Luiz Antônio, SP / Érico Fernando Lopes Pereira da Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2003.
106 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2003.

1. Ecologia vegetal. 2. Comunidades vegetais. 3. Cerrados. 4. Estação ecológica de Jataí. 5. Regeneração natural. 6. Nitrato redutase. I. Título.

CDD: 581.5 (20^a)

Prof. Dr. José Eduardo dos Santos.

(Orientador)

PPG-ERN/UFSCar

Prof. Dr. Paulo Yoshio Kageyama.

(Co-orientador)

PPG-RF/ESALQ

Dedico este trabalho à Elisa Hardt A.
Vieira, extensão de minha vida, que sempre
esteve presente nos bons e nos maus
momentos e que acreditou neste sonho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPG-ERN), ao Departamento de Hidrobiologia (DHb) e ao Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental (LAPA) pela infraestrutura oferecida para a realização deste trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Prof. Dr. José Eduardo dos Santos do PPG-ERN, pela orientação, pelo apoio e pelas críticas e sugestões nos trabalhos;

Ao Prof. Dr. Paulo Yoshio Kageyama, do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP, pela co-orientação, pelos ensinamentos e pela abertura de novas perspectivas no campo da Ecologia Florestal;

Ao pesquisador Dr. Marcos Pereira Marinho Aidar, do Instituto de Botânica de São Paulo, pelo essencial apoio, pelo empréstimo de material de campo e pelos ensinamentos a respeito da Nitrito Redutase e dos procedimentos laboratoriais;

Ao Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires, do Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental da UFSCar, pelo companheirismo e apoio necessário nas situações mais adversas;

Ao Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, do Laboratório de Limnologia do SHS da Escola de Engenharia de São Carlos-USP, pela colaboração na realização das análises de nitrogênio foliar;

Ao Prof. Dr. José Carlos Casagrande, do Laboratório de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, campus da UFSCar de Araras, pela análise química do solo;

À Prof. Dr. Odete Rocha, do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da UFSCar, pela revisão do plano de pesquisa deste trabalho e pelo apoio na realização da análise de nitrogênio foliar;

Ao Prof. Dr. Marco Antônio Del Lama, do Departamento de Genética e Evolução da UFSCar, pelos ensinamentos de química e de bioquímica;

Ao Prof. Dr. José Antônio P. V. de Moraes, do Departamento de Botânica da UFSCar, pela oportunidade dada a mim em realizar o estágio PESCD/CAPES na disciplina Ecologia Vegetal da graduação de Ciências Biológicas da UFSCar;

Ao Prof. Dr. José Roberto Verani, do Departamento de Hidrobiologia da UFSCar, pelo direcionamento estatístico inicial para este trabalho;

Ao técnico em química Amandio Menezes Nogueira, do Laboratório de Ecotoxicologia do SHS da Escola de Engenharia de São Carlos-USP, pelo auxílio na realização das análises de nitrogênio foliar;

Ao técnico em meio ambiente Edson Aparecido Jacinto da Silva (Galego) pela essencial ajuda na finalização das campanhas de campo, com sua grande força de gigante nos levantamentos florísticos;

Ao biólogo Marcus Vinícius Cianciaruso pelo essencial apoio nos vários anos (1998, 2001 e 2002) de campanha de campo da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), pela concessão dos dados de biomassa vegetal apresentados neste trabalho, por ter colaborado na elaboração dos “abstracts” dos capítulos da dissertação e, especialmente, por ser um bom amigo;

Aos Senhores Horácio Gomes e Benedito Antonio Basseti (Ditão) pelos ensinamentos e pelo apoio nas campanhas de campo;

Ao Pesquisador do Instituto Florestal e também administrador das Estações Ecológica de Jataí e Experimental de Luís Antônio, Carlos Scatena Zanato, pelo apoio e infra-estrutura oferecida nas campanhas de campo;

Ao Instituto Florestal pela aprovação do projeto inicial junto ao COTEC/IF;

Ao Instituto Agrônomo de Campinas e seus funcionários pela realização das análises de nitrogênio do solo, mesmo em período de recesso;

À chefia do Departamento de Botânica da UFSCar por ter concedido infra-estrutura para confecção e armazenamento das exsiccatas e pelo empréstimo de material para análise de nitrogênio foliar;

Aos biólogos Betão e Régis pelo apoio em algumas campanhas de campo do levantamento florístico;

À bióloga Elisa Hardt Alves Vieira, sem a qual, sequer os trabalhos de campo da florística, da fitossociologia, da regeneração natural ou da nitrato redutase, teriam sido possíveis.

E aos meus pais pelo apoio e por acreditarem e mim.

SUMÁRIO

<i>Item</i>	<i>página</i>
Abstract.....	i
Resumo.....	iii
Introdução geral.....	1
Objetivos.....	10
Desenvolvimento e apresentação do trabalho.....	11
Referências bibliográficas.....	12

Capítulo 1. Florística e fitossociologia dos estratos arbustivo e arbóreo de um remanescente de cerrado em uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo.

Resumo.....	16
Introdução.....	17
Material e métodos.....	18
Resultados e Discussão.....	24
Referências bibliográficas.....	29

Capítulo 2. Estudo da regeneração natural de um remanescente de cerrado em uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo.

Resumo.....	50
Introdução.....	51

Material e métodos.....	52
Resultados e Discussão.....	55
Referências bibliográficas.....	60

Capítulo 3. Atividade de nitrato redutase e conteúdo de nitrogênio em folhas de espécies lenhosas de um cerradão, Luís Antônio, SP.

Resumo.....	78
Introdução.....	79
Material e métodos.....	81
Resultados e Discussão.....	83
Referências bibliográficas.....	92
Conclusão geral.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Introdução geral

- Figura 1.** Localização e mapa de uso e cobertura do solo das Estações Ecológica de Jataí (EEJ) e Experimental de Luís Antônio (EELA), município de Luís Antônio, SP. Área em vermelho corresponde ao remanescente de cerradão Oitocentos Alqueires selecionado para este estudo (Fonte. Acervo cartográfico digital do Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental, UFSCar)..... 6
- Figura 2.** Diagrama climático do período de 2001 e 2002 obtidos no INMET - sétimo DISME, São Simão, SP, válido para a área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. Linha pontilhada corresponde à temperatura; linha interia, à pluviosidade; área preta, período muito úmido; área com linhas verticais; período úmido e área pontilhada corresponde ao período mais seco 7

Capítulo 1

- Figura 1.** Localização da Estação Ecológica de Jataí (EEJ) e da Estação Experimental de Luís Antônio no estado de São Paulo e distribuição das 25 parcelas permanentes estudadas no remanescente de cerradão Oitocentos Alqueires, Luís Antônio, SP..... 33
- Figura 2.** Distribuição do número de espécies por família para a área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. 1. Rubiaceae, 2. Myrtaceae, 3. Vochysiaceae, 4. Leguminosae, Faboideae, 5. Melastomataceae, 6. Leguminosae-Caesalpinioideae, 7. Annonaceae, 8. Bignoniaceae, 9. Malpighiaceae, 10. Conjunto de outras famílias..... 34
- Figura 3.** Distribuição da freqüência de indivíduos (%) por classes de diâmetro (cm) da comunidade arbustivo-arbórea da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP..... 35

Figura 4. Distribuição da frequência de indivíduos (%) por classes de altura (m) da comunidade arbustivo-arbórea da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP..... 36

Figura 5. Variação na altura das 21 espécies, numeradas de 1 a 21 (A, B e C), de maior PSoR da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. Em A, B e C, os pontos extremos nas barras verticais da ordenada correspondem às alturas máxima e mínima e os círculos em preto indicam a altura média. As figuras D, E e F representam os estratos inferior, médio e superior separadamente e, G, a sobreposição dos três estratos..... 37

Capítulo 2

Figura 1. Distribuição da frequência dos indivíduos (%) por classe de altura (m) do componente da regeneração natural da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP..... 65

Figura 2. Perfil estratificado do componente da regeneração natural da área de cerradão do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP..... 67

Capítulo 3

Figura 1. Localização da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), Luís Antônio, SP e do remanescente de cerradão do Oitocentos Alqueires. *EELA – Estação Experimental de Luís Antônio..... 98

Figura 2. Correlação entre as concentrações de nitrogênio foliar (%) e o nitrogênio no solo (%) da área de cerradão do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP..... 99

Figura 3. Perfil da distribuição vertical das 30 espécies, e seus respectivos Códigos Florísticos (CF), selecionadas para a análise de atividade de nitrato redutase (ANR) e de nitrogênio foliar na área de cerrado do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP..... 100

Figura 4. Estratificação em classes de altura do componente da regeneração natural das 30 espécies selecionadas para a análise de atividade de nitrato redutase (ANR) e de nitrogênio foliar na área de cerrado do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP..... 101

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Famílias, gêneros e espécies de Magnoliophyta arbustivas e arbóreas amostradas na área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. Espécies com asterisco (*) foram amostradas em área externa à área das parcelas permanentes estudadas..... 38

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP, em ordem decrescente de Índice de Valor de Importância Ampliado (IVIA), em que DA = Densidade Absoluta (ind.ha^{-1}), DR = Densidade Relativa (%), Abs = Área Basal ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$), DoR = Dominância Relativa (%), FR = Frequência Relativa (%), IVC = Índice de Valor de Cobertura, IVI = Índice de Valor de Importância e PSoR = Posição Sociológica Relativa (%)...... 44

Capítulo 2

Tabela 1. Famílias, gêneros e espécies de Magnoliophyta arbustivas e arbóreas do componente da regeneração natural amostradas na área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP..... 68

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos das estruturas horizontal e vertical estimados para o componente da regeneração natural das espécies amostradas na área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP, em ordem decrescente de Índice de Valor de Importância Ampliado da Regeneração Natural (IVIRN), em que DA = Densidade Absoluta (ind.ha^{-1}), DR = Densidade Relativa (%), DoR = Dominância Relativa (%), FR = Frequência Relativa (%), IVC = Índice de Valor de Cobertura, IVI = Índice de Valor de Importância, RN = Índice de Regeneração Natural e PSoR = Posição Sociológica Relativa (%)...... 72

Capítulo 3

Tabela 1. Valores de macronutrientes para dez parcelas selecionadas: fósforo (P - mg/dm³), enxofre (S - mg/dm³), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) - (mmol_c/dm³); de micronutrientes: cobre (Cu), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) - (mg/dm³); e de variáveis de qualidade do solo: acidez potencial (H + Al - mmol_c/dm³), matéria orgânica (MO - g/dm³), pH (CaCl₂), soma de bases (SB - mmol_c/dm³), capacidade de troca de cátions (CTC - mmol_c/dm³) e saturação de bases (V%), nitrogênio total (N - %), nitrato (NO₃⁻) e amônia (NH₄⁺) - (%), na profundidade de 0-20 cm do solo da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP..... 102

Tabela 2. Valores médios e de desvio padrão de atividade da nitrato redutase (ANR) e de nitrogênio foliar (N foliar) das espécies lenhosas e suas respectivas famílias amostradas no remanescente de cerradão do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. Chave da espécie (Chave); dominância no estrato (Do) (inferior h < 4,0 m, médio 4,0 < h < 8,0 m e superior h > 8,0 m); número de indivíduos analisados (N); índice de valor de importância ampliado (IVIA) atividade de nitrato redutase (ANR - pKat.g⁻¹PF) e taxa nitrogênio foliar (N foliar - %)..... 103

ABSTRACT

The cerrado is one of the forest physiognomy of the cerrado biome more threatened with the expansion of agricultural activities. The existence of remaining cerrado areas in the state with different sizes and conservation status show the necessity of studies in these areas. In São Paulo state, 237,918 ha of Cerrado *Lato sensu* are distributed in patches centered in two large regions, the first one, localized in the Central to North-Northeast region and the second, in the West region of the state. The study area was a cerrado patch has 1,735.55 ha, known as “Oitocentos Alqueires”, situated in Southwest of Estação Ecológica de Jataí in the Luís Antônio municipality, São Paulo state. We used 25 permanent plots of 250 m². The floristic survey characterized the vegetation like a cerrado and the vertical phytosociological parameters permitted us give to the species values through the Relative Sociological Position (RSP) and the Amplified Value of Importance index (AIVI), associating the horizontal phytosociological structure – showed by the Value of Importance index (IVI) – with the heterogeneity and irregularity of the cerrado strata. We founded that the studied area has a great number of shrub and arboreal individuals (5,284 individuals) beyond a high value of floristic diversity (3.47 nat.ind⁻¹). The diameter and tall distributions showed abundance on the natural regeneration component due the great stock of young plants that compose the inferior stratum of the community. The natural regeneration analysis showed is essential to comprehend the establishment, survival and growth of the cerrado species. The regeneration component demonstrate that the density in the superior class was 700.80 ind.ha⁻¹, in the median, 4,912.00 ind.ha⁻¹ and in the inferior 1,296.11 ind.ha⁻¹. Although the low density in of the inferior class, most of the populations in the cerrado community don't demonstrate regeneration problems and this aspect is clear due the great number of regenerating individuals in the median and superior classes. Using the phytosociological far evaluation of parameters and the rate of natural regeneration we selected 30 species and estimated the nitrate reductase activity (NRA) and the leaf nitrogen content. The analysis of leaf RNA and leaf nitrogen content suggests that the activity of the

enzyme is not related with the content of NO_3^- in the ground and probably the plants of the study area use other nitrogen sources, beyond the NO_3^- , probably NH_4^+ , that also was the predominant ion in relation to the NO_3^- in the ground. The 30 species had presented a diversification in the strategies of nitrogen assimilation having used as source, probably, NO_3^- , NH_4^+ , micorriza and nodulation. How much to the foliar nitrogen tax it is important to stand out that of the ten species of bigger foliar nitrogen content, seven they are Leguminosae, indicating that this family possesses an efficient adaptation in the nitrogen assimilation. Low the correlation of the concentration of ions NO_3^- of the ground with the RNA confirm the hypothesis of that the species of the study area possess strategies to optimize the nitrogen assimilation, probably using NH_4^+ in the NO_3^- non-availability, besides making use of other assimilated mechanisms as nodulation and associations of micorrizas.

Key words – floristic and phytosociology, cerradão, arboreous and shrub vegetation, natural regeneration, nitrate reductase activity, leaf nitrogen content, NO_3^- , NH_4^+ .

RESUMO

O cerrado é uma das fisionomias florestais do bioma cerrado mais ameaçada pela expansão das atividades agrícolas. A existência de áreas remanescentes de cerrado no estado de São Paulo com diversos tamanhos e padrões de conservação mostrou a necessidade de estudos nessas áreas. No estado de São Paulo 237.918 ha de cerrado *Lato sensu* estão distribuídos na forma de fragmentos, que estão concentrados em duas grandes regiões, a primeira, localizada do Centro para o Norte-Nordeste e a segunda, na região Oeste do estado. A área de estudo foi um fragmento de cerrado com 1.735,55 ha, denominado Oitocentos Alqueires, localizado a Sudoeste da Estação Ecológica de Jataí no município de Luís Antônio, estado de São Paulo. Foram empregadas 25 parcelas permanentes de 250 m². O levantamento florístico caracterizou a vegetação como um cerrado e os fundamentos dos parâmetros fitossociológicos verticais permitiram valorar as espécies através da Posição Sociológica Relativa (PSoR) e do Índice de Valor de Importância Ampliado (IVIA), os quais juntamente com a estrutura fitossociológica horizontal, denotada pelo Índice de Valor de Importância (IVI), evidenciaram a heterogeneidade e a irregularidade dos estratos do cerrado. Os resultados mostraram que a área de estudo possui um grande contingente de indivíduos arbustivos e arbóreos (5.284 indivíduos), além de um alto valor de diversidade florística (3,47 nat.ind.⁻¹). As distribuições diamétrica e de altura revelaram abundância no componente da regeneração natural devido um grande estoque de plantas jovens que compõem o estrato inferior da comunidade. A análise da regeneração natural mostrou-se essencial na compreensão do estabelecimento, da sobrevivência e do crescimento das espécies de cerrado. O componente da regeneração mostrou que a densidade na classe superior foi de 700,80 ind.ha⁻¹, na classe média, 4.912,0 ind.ha⁻¹ e na inferior, 1.296, 11 ind.ha⁻¹. Apesar da baixa densidade da classe inferior, a maioria das populações da comunidade de cerrado não demonstra problemas de regeneração e esse aspecto fica evidenciado pelo grande número de indivíduos regenerantes nos estratos superior e médio. Com base nos parâmetros fitossociológicos horizontais e verticais e na taxa de regeneração natural, 30 espécies foram selecionadas e de cada uma delas foi estimado a atividade da nitrato redutase (ANR)

e a concentração de nitrogênio foliares. A análise da ANR e de conteúdo de nitrogênio foliares sugere que a atividade da enzima não está relacionada com o conteúdo de NO_3^- no solo e provavelmente as plantas da área de estudo utilizam outras fontes de nitrogênio, além do NO_3^- , provavelmente NH_4^+ , que inclusive foi o íon predominante em relação ao NO_3^- no solo. As 30 espécies apresentaram uma diversificação nas estratégias de assimilação de nitrogênio utilizando como fonte, provavelmente, NO_3^- , NH_4^+ , micorriza e nodulação. Quanto à taxa de nitrogênio foliar é importante ressaltar que das dez espécies de maior conteúdo de nitrogênio foliar, sete são Leguminosae, indicando que esta família possui uma eficiente adaptação na assimilação de nitrogênio. A baixa correlação da concentração de íons NO_3^- do solo com a ANR confirma a hipótese de que as espécies da área de estudo possuem estratégias para otimizar a assimilação de nitrogênio, provavelmente utilizando NH_4^+ na indisponibilidade de NO_3^- , além de disporem de outros mecanismos assimilatórios como nodulação e associações de micorrizas.

Palavras chave - florística e fitossociologia, cerradão, vegetação arbustivo-arbórea, regeneração natural, atividade da nitrato redutase, conteúdo de nitrogênio foliar, NO_3^- , NH_4^+

INTRODUÇÃO GERAL

O bioma cerrado

O cerrado é o segundo bioma mais representativo do Brasil quanto à biodiversidade, sendo considerado também a mais rica e ameaçada entre as savanas do mundo (Klink 1996). No espaço geográfico brasileiro, o cerrado está distribuído entre as latitudes que vão desde aproximadamente 5° N até quase 34° S, apresentando uma grande diversidade de clima, de fisiografia, de solo, de vegetação e de fauna (Coutinho 2002). Essa vegetação de grande riqueza florística e de tipos fisionômicos característicos (Eiten 1994) possui clima predominante tropical estacional, quente, semi-úmido, sazonal com duas estações climáticas bem definidas, verão chuvoso e inverno seco, com pluviosidade anual de 800 a 1600 mm (Dias 1994).

Do território brasileiro ocupado pelo bioma cerrado, cerca de 75,3 milhões foram desmatados, 35 milhões convertidos em pastagens plantadas, 13,5 milhões em culturas anuais e 3,3 milhões em culturas perenes. Existem ainda 83,5 milhões de ha utilizados como pastagens nativas, 10,4 milhões ocupadas por reservas indígenas, 13,2 milhões são pastagens naturais preservadas (Scolforo 1998), 20,8 milhões são terras improdutivas que foram degradadas e abandonadas e 13,1 milhões de ha são destinados à diversas categorias de unidades de conservação (Dias 1994).

A maior extensão do cerrado está concentrada na região Centro-oeste do País, com 150 milhões de ha (Kronka *et al.* 1998), principalmente na região do Planalto Central (Eiten 1972). No estado de São Paulo, 237.918 ha da vegetação de cerrado estão distribuídos em pequenas áreas concentradas na região Central para o Norte-Nordeste e na região Oeste do estado (Castro & Martins 1999), principalmente na região Administrativa de Ribeirão Preto onde se concentram 75.990,23 ha ou 31,9% do cerrado paulista (Kronka *et al.* 1998).

Essa vegetação pode ser considerada um mosaico de tipos fitofisionômicos, com gradiente crescente de densidade de biomassa (Eiten 1994) e diferentes exigências e vulnerabilidades às atividades antrópicas (Coutinho 1978, Eiten 1979). As principais fitofisionomias do cerrado *Lato*

sensu (*L. s.*) são o campo limpo, o campo sujo, o campo cerrado, o cerrado *Sensu stricto* (*S.s.*) e o cerradão (Eiten 1994).

Apesar de sua riqueza biológica, heterogeneidade florística (Klink 1996), endemismo de espécies vegetais e de sua variedade de tipos fitofisionômicos (Ribeiro & Walter 1998), o cerrado *L.s.* está ameaçado pela expansão antrópica (Dias 1992), a qual é responsável por perdas consideráveis de biodiversidade (Mittermeier *et al.* 1999).

O cerradão é uma das formas fitofisionômicas do cerrado *Lato sensu* mais ameaçada pela expansão da fronteira agrícola e urbana no estado de São Paulo e corresponde a uma fitofisionomia florestal do tipo estacional (Coutinho 1978). Essa vegetação pouco tolerante às perturbações antrópicas contínuas (Eiten 1979) ainda é pouco estudada do ponto de vista de sua composição florística, estrutura fitossociológica e regeneração natural.

A exploração desordenada e as transformações de uso da terra contribuem para a descaracterização e empobrecimento biológico do cerrado (Klink *et al.* 1995, Barreira *et al.* 2002). A expansão das atividades agrícola, agropecuária e urbana vem promovendo uma rápida e descontrolada substituição dessa vegetação (Dias 1992, Klink 1996). Os fragmentos remanescentes na paisagem possuem diversos tamanhos, fisionomias e padrões de conservação e de preservação que coexistem com extensas áreas agrícolas, impedindo a execução de estratégias de análise sobre as ocorrências atual e original do cerrado e comparações com encaves ou refúgios da área nuclear deste bioma (Straube 1998), dificultando também o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à diversidade e às comparações com os outros biomas neotropicais que estão em estádios de alteração e de degradação semelhantes (Kronka *et al.* 1998).

Embora o cerrado do estado de São Paulo esteja restrito a três formas fitofisionômicas, o cerrado *S. s.* (162.838,71 ha), o cerradão (73.681,36 ha) e o campo cerrado (1.392,89 ha) (Kronka *et al.* 1998), estes remanescentes correspondem a apenas 7% da cobertura vegetal original (São Paulo 1997). Além de estar sofrendo perdas consideráveis em sua área, o cerrado do estado de São Paulo vem sofrendo alterações de natureza qualitativa decorrentes da fragmentação e uso da terra. A área

protegida dessa vegetação, na forma de unidades de conservação, representa apenas 0,51% do cerrado paulista (São Paulo 1997).

O metabolismo do nitrogênio

O nitrogênio faz parte da biossíntese de estruturas de aminoácidos, proteínas, nucleotídeos e coenzimas e é considerado como o quarto elemento mais abundante na composição das plantas. Entretanto, as plantas não conseguem utilizar o nitrogênio molecular da atmosfera, absorvendo as formas inorgânicas de nitrogênio como amônia (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-) através das raízes (Pires O'Brien & O'Brien 1995).

Os íons NO_3^- e NH_4^+ são as principais formas de nitrogênio inorgânico utilizadas pelas plantas. O NO_3^- pode ser assimilado nas raízes ou nas folhas, dependendo do conteúdo desse íon no solo (Mylona 1995). Esse íon assimilado pelas raízes é transportado via xilema para as folhas e reduzido a NH_4^+ , que é utilizado na síntese de aminoácidos, proteínas, amidas e outros metabólitos. Entretanto, o NO_3^- também pode ser armazenado nos vacúolos das células da raiz ou ser reduzido a NH_4^+ que servirá como precursor para a síntese de compostos nitrogenados que serão conduzidos até as folhas via xilema.

O NO_3^- absorvido é reduzido em dois estágios, com o NO_2^- como produto intermediário e o NH_4^+ como produto final na biossíntese de aminoácidos. As enzimas que catalizam essas reações são a nitrato redutase e a nitrito redutase, induzidas pelos substratos NO_3^- e NO_2^- , respectivamente (Oaks 1994). A absorção de nitrato pelas raízes é um processo amplamente estudado, embora as informações disponíveis a respeito desse transporte não sejam conclusivas (Lea 1997).

Outra maneira de utilização do nitrogênio presente no ambiente é através da fixação biológica do nitrogênio, um processo de redução de N_2 para NH_4^+ ou outro composto nitrogenado catalisado pela nitrogenase presente apenas em alguns organismos procariontes (Epstein 1975).

A maior parte do nitrogênio do solo deriva da decomposição da matéria orgânica (Bustamante *et al.* 1996). Os processos de mineralização e nitrificação do nitrogênio orgânico são etapas chave para o ciclo do nitrogênio em formações florestais. Os íons NO_3^- e NH_4^+ correspondem

a 80% do total de íons assimilados pelas raízes de plantas terrestres, têm um forte impacto no processo de assimilação de outros cátions e ânions e influenciam na regulação dos valores de pH celular e da rizosfera (Marschner 1995). O NH_4^+ disponível no solo, ou aquele resultante do processo de redução é utilizado na biossíntese de aminoácidos que proporcionam a manutenção do crescimento da planta.

Os compostos nitrogenados representam um pequeno percentual do peso seco total da planta. Entretanto, são importantes do ponto de vista fisiológico, na composição de proteínas estruturais, enzimas, aminoácidos, além de moléculas do metabolismo secundário, como alcalóides (Kozlowski & Pallardy 1996).

Estudos relacionados com a assimilação primária de nitrogênio em espécies nativas de cerrado sugerem que o NO_3^- pode ser uma importante fonte de nitrogênio (Bustamante *et al.* 1996). Entretanto, nos solos ácidos de cerrado os íons NH_4^+ predominam e inativam a ação de bactérias nitrificadoras (Kozovits *et al.* 1996) e o excesso de compostos fenólicos produzidos pela decomposição de serapilheira, pode inibir o crescimento de populações microbianas associadas à fixação de nitrogênio e à nitrificação (Kuiters 1990). Com isso, as plantas podem assimilar outras fontes de nitrogênio inorgânico e essa preferência, apesar de ser geneticamente controlada (Andrews 1986), pode afetar diferencialmente as espécies que compõem comunidades de cerrado (Kozovits *et al.* 1996).

São necessárias mais informações a respeito do suprimento de nitrogênio, das associações microbianas, dos mecanismos fisiológicos e ecológicos que regulam o crescimento das plantas e da composição de espécies das comunidades vegetais (Nordim 1998). A importância dos íons NH_4^+ e NO_3^- nos estudos ecológicos leva à necessidade do desenvolvimento de métodos analíticos mais rápidos e eficientes.

Área de estudo

A) Localização

Este trabalho foi desenvolvido na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), uma Unidade de Conservação (UC) situada na região Nordeste do estado de São Paulo, no município de Luís Antônio, localizado entre as coordenadas 21°33' e 21°37' de latitude Sul e 47°45' e 47°51' de longitude Oeste (figura 1). A EEJ é um remanescente de cerrado com 9.010,7 ha de extensão, de proteção integral, destinada à preservação do ecossistema cerrado e à pesquisa científica.

B) Clima

As condições climáticas da região podem ser classificadas como clima Aw de Köppen, com temperatura média de 22,9°C, com mínima de 19°C registrada em julho e máxima de 25°C em outubro. Ocorrem duas estações climáticas definidas, uma chuvosa, entre outubro e março, e outra seca, entre abril e setembro. A precipitação anual média foi de 1.430 mm, com menor precipitação entre junho e julho (0,35 e 2,0 mm) e maior entre janeiro e fevereiro (278,75 e 250,25 mm) (figura 2). A umidade relativa do ar variou de 79% em fevereiro a 58,5 % em agosto. Os dias mais longos ocorreram entre março e outubro com insolação média de 230,37 horas de sol. mês⁻¹ e entre novembro e fevereiro em torno de 180,13 horas de sol. mês⁻¹. Os dados climáticos são referentes aos anos de 2001 e 2002 e foram obtidos no INMET - sétimo DISME referentes à Estação Meteorológica de São Simão (21° 29', 47° 33'; 617,39 m de altitude) distante 10 km da área de estudo (figura 2).

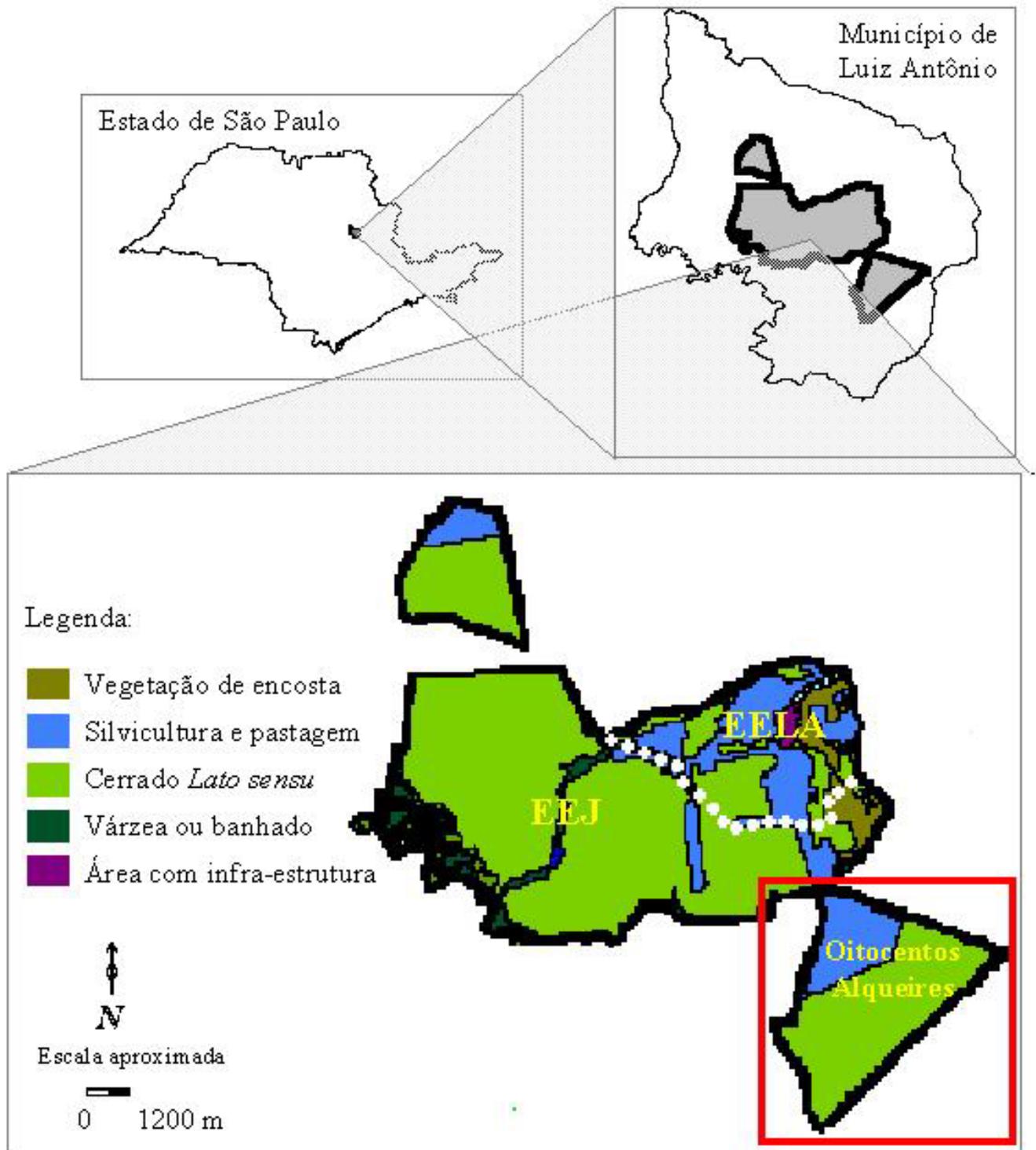


Figura 1. Localização e mapa de uso e cobertura do solo das Estações Ecológica de Jataí (EEJ) e Experimental de Luiz Antônio (EELA), município de Luiz Antônio, SP. Área em vermelho corresponde ao remanescente de cerradão Oitocentos Alqueires selecionado para este estudo (Fonte: Acervo cartográfico digital do Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental, UFSCar).

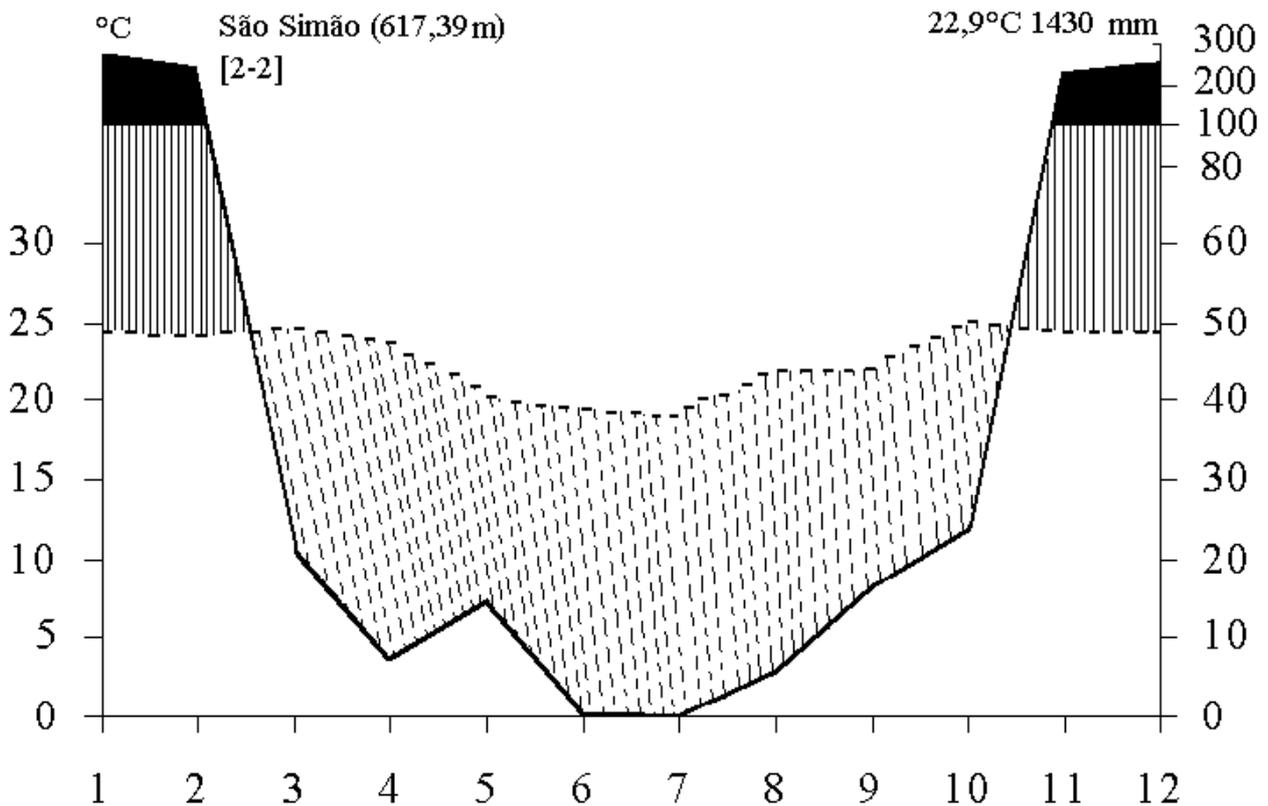


Figura 2. Diagrama climático do período de 2001 e 2002 obtidos no INMET - sétimo DISME, São Simão, SP, válido para a área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. Linha pontilhada corresponde à temperatura; linha inteira, à pluviosidade; área preta, ao período muito úmido; área com linhas verticais; ao período úmido e área pontilhada corresponde ao período mais seco.

C) Caracterização

Para a elaboração deste trabalho, foi selecionado um fragmento de cerradão com 1.735,55 ha, denominado Oitocentos Alqueires, localizado a Sudoeste da EEJ (figura 1). O zoneamento ambiental e o plano de manejo conceitual da EEJ, propostos para a unidade da paisagem denominada “Parque Estadual de Jatay”, consideram este fragmento como parte da Zona Intangível e Primitiva da unidade em questão, e de vital importância para a conexão da EEJ com a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Pé-de-Gigante que faz parte do Parque Estadual de Vassununga (Pires *et al.* 2000).

A área do Oitocentos Alqueires possui um entorno imediato composto por diversos tipos de uso da terra, como plantios silviculturais de *Eucalyptus* sp. (áreas de reflorestamento), agricultura, pastagens para pecuária de recria bovina, culturas de cana-de-açúcar e de citricultura, banhados e áreas sujeitas à inundação e fragmentos florestais de diversos tamanhos, formas e condições de conservação. Atualmente, muitos destes fragmentos estão submetidos a um alto grau de perturbação resultante basicamente de atividades associadas às práticas agrícolas e outras ações antrópicas ou perturbações naturais.

D) Breve histórico de exploração

Antes da área da EEJ pertencer ao Instituto Florestal em 1959, a mesma pertencia a Companhia Mogiana de Estradas de Ferro que utilizava o cerrado local como fonte de madeira para dormentes, moirões e lenha para combustível (Toledo Filho 1984). A vegetação da área continuou a ser utilizada como fonte de madeira até 1982, quando então foi oficialmente criada a Estação Ecológica de Jataí.

O histórico de exploração madeireira da EEJ indica que o aproveitamento do cerrado era baseado na extração periódica de madeira por talhões, no corte seletivo e no manejo de espécies de interesse comercial como *Anadenanthera falcata* (angico-preto-do-cerrado), *Bowdichia virgilioides* (sucupira), *Caryocar brasiliense* (pequi), *Dimorphandra mollis* (canafistula-do-cerrado), *Diptychandra aurantiaca* (bálsamo-do-cerrado ou balsemim), *Macherium acutifolium* (jacarandá-do-cerrado), *Plathymenia reticulata* (candeia-do-cerrado) e *Pterodon pubescens* (faveiro) (Corsini 1963, 1967).

O recrutamento das espécies de interesse para produção de dormentes era realizado inicialmente com a limpeza do cerradão e com a derrubada das formas arbustivas e arbóreas que não fossem de interesse econômico. Em seguida, eram feitos desbastes anuais durante 12 anos eliminando as espécies competidoras e as árvores com fuste imperfeito, o que permitia a seleção das

espécies de interesse comercial com melhor desenvolvimento e pasto sombreado para o gado de recria.

Terminada a etapa de exploração, a área era abandonada de cinco a seis anos para garantir a produção sustentada de madeira com a retirada periódica da madeira por talhões. Com isso, cada ciclo de exploração tinha duração aproximada de 18 anos, incluindo as fases de uso e exploração (12 anos) e de descanso para condução à regeneração (cinco a seis anos), permitindo o processo de rebrota das formas arbustivas e arbóreas suprimidas pela exploração e a recomposição fitofisionômica típica do cerradão (Corsini 1963, 1967).

Somente em 1982, com a proteção legal como UC e a conseqüente interrupção do regime de exploração madeireira, as áreas da EEJ iniciaram seu processo de reestruturação da fitofisionomia do cerradão.

A área do Oitocentos Alqueires estava incluída na Unidade de Produção Estação Experimental de Luís Antônio (EELA) desde 1966 e, embora tenha sido incorporada à EEJ como área de proteção integral somente em 2002, as perturbações da extração madeireira nesta área estão ausentes há pelo menos 30 anos.

OBJETIVOS

Análises das estruturas fitossociológicas horizontal e vertical, do estoque da regeneração natural, bem como pesquisas sobre a aquisição de nitrogênio por espécies vegetais são importantes para o entendimento da dinâmica dos ecossistemas. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo central caracterizar a florística, a estrutura fitossociológica, o potencial de assimilação de nitrato e o status de nitrogênio foliar das espécies lenhosas de um fragmento de cerrado em uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo.

Objetivos específicos

- 1) Determinar a composição florística e analisar as estruturas fitossociológicas horizontal e vertical do componente arbustivo-arbóreo da fitocenose;
- 2) Analisar a estrutura do componente da regeneração natural da fitocenose;
- 3) Analisar a relação entre a assimilação potencial de nitrato e os parâmetros de abundância das espécies mais significativas da fitocenose.

DESENVOLVIMENTO E APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Para consecução dos objetivos citados, foi realizado um levantamento florístico e analisada a estrutura fitossociológica da comunidade de cerradão, visando caracterizar a importância das espécies arbustivas e arbóreas da comunidade. As espécies foram categorizadas segundo a estrutura da regeneração natural, revelando a heterogeneidade e a irregularidade entre os estratos da comunidade de cerradão e foram estudadas sob o ponto de vista do potencial de assimilação foliar de nitrato e da concentração de nitrogênio foliar.

O trabalho está organizado em três capítulos articulados, cada um deles já estruturado para publicação independente. Dessa forma, a primeira parte trata da composição florística e análise das estruturas fitossociológicas horizontal e vertical da comunidade em questão. O segundo capítulo se refere à análise da estrutura fitossociológica da regeneração natural do componente arbustivo-arbóreo, com ênfase nas espécies estabelecidas na área estudada. E o terceiro capítulo analisa o potencial de assimilação de nitrato e a concentração de nitrogênio foliar das 30 principais espécies da comunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS, M. 1986. The partitioning of nitrate assimilation between root and shoot of higher plants. *Plant Cell and Environment* 9:511-519.
- BARREIRA, S., SCOLFORO, J.R.S., BOTELHO, S.A. & MELLO, J.M. 2002. Estudo da estrutura da regeneração natural e da vegetação adulta em um cerrado *senso stricto* para fins de manejo florestal. *Scientia Forestalis* 61:64-78.
- BUSTAMANTE, M.M.C., KOZOVITS, A.R., SILVA, L.F., DUARTE, G.F. 1996. Nitrate assimilation in cerrado woody species. *In Anais do VIII Simpósio sobre cerrado* (R.C. Pereira & L.C.B. Nasser, coord.). CPAC/Embrapa, Brasília, p.302-307.
- CASTRO, A.A.J.F. & MARTINS, F.R. 1999. Cerrados do Brasil e do nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. *Pesquisa em Foco* 7:147-178.
- CORSINI, C.A. 1963. O problema do dormente nas ferrovias paulistas. *Silvicultura em São Paulo* 1:215-219.
- CORSINI, C.A. 1967. Exploração racional dos cerradões. Relatório Técnico do Serviço Florestal do Estado de São Paulo 1:1-4.
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17-24.
- COUTINHO, L. M. 2002. O bioma cerrado. *In Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois* (A.L. Klein, ed.). Editora da UNESP, São Paulo, p.77-91.
- DIAS, B.F.S. 1992. Introdução: cerrados, uma caracterização. *In Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis*. (Funatura, ed.). Funatura/Ibama, Brasília, p.7-25.
- DIAS, B.F.S. 1994. A conservação da natureza. *In Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas* (M.N. Pinto, coord.). UnB & SEMATEC, Brasília, p.607-664.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38:201-341.
- EITEN, G. 1979. Formas fisionômicas do Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 2:139-148.

- EITEN, G. 1994. Vegetação do Cerrado. *In* Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas (M.N. Pinto, coord.). UnB & SEMATEC, Brasília, p.17-73.
- EPSTEIN, E. 1975. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. EDUSP: livros técnicos e científicos, São Paulo.
- KLINK, C.A., MACEDO, R.H. & MUELLER, C.C. 1995. De grão em grão o cerrado perde espaço. Cerrado: Impactos do processo de ocupação. *In* Documento para discussão (E.S. Martins & C.J.R. Alho, eds.). WWF & PRÓ-CER, Brasília.
- KLINK, C.A. 1996. Relação entre o desenvolvimento agrícola e a biodiversidade. *In* Anais do VIII Simpósio sobre o Cerrado, 1st International Symposium on Tropical Savanas - Biodiversidade e Produção Sustentável de Alimentos e Fibras nos Cerrados (R.C. Pereira & L.C.B. Nasser, eds.). Embrapa - CPAC, Brasília, p.25-27.
- KOZLOWSKI, T.T. & PALLARDY, S.G. 1996. Physiology of woody plants - Nitrogen metabolism. San Diego: Academic, p.189-209.
- KOZOVITS, A.R., BUSTAMANTE, M.M.C., SILVA, L.F., DUARTE, G.F., CASTRO, A.A. & MAGALHÃES, J.R. 1996. Nitrato e amônio no solo e sua assimilação por espécies lenhosas em uma área de cerradão submetida a queimadas prescritas. *In* Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga (H.S. Miranda, C.H. Saito & B.F.S. DIAS, eds.). UnB/ECL, Brasília.
- KRONKA, F.J.N., NALON, A.M. & MATSUKUMA, C.K. 1998. Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo. SMA, São Paulo.
- KUITERS, A.T. 1990. Role of phenolic substances from decomposing forest litter in plant-soil interactions. *Acta Botanica Neerlandica* 4:329-348.
- LEA, P.J. 1997. Primary nitrogen metabolism. *In* Plant biochemistry (M. Harbone, ed.). New York: Academic, p.189-209.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Ltda.
- MYLONA, P., PAWLOWSKI, K. & BISSELING, T. 1995. Symbiotic nitrogen fixation. *The Plant Cell* 7:869-885.

- MITTERMEYER, R.A., MYERS, N. & MITTERMEYER, C.G. 1999. Hotspots earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cemex Conservation International, Mexico City.
- NORDIM, A. 1998. Physiological ecology of nitrogen utilization by forest plants. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 76:1-46.
- OAKS, A. 1994. Primary nitrogen assimilation in higher plants and its regulation. *Canadian Journal of Botany* 47:135-143.
- PIRES, A.M.Z.C.R., SANTOS, J.E. & PIRES, J.S.R. 2000. Zoneamento ambiental e plano de manejo para uma unidade da paisagem. Estudo de caso: Estação Ecológica de Jataí e Estação Experimental de Luís Antônio. *In Estudos integrados em ecossistemas. Estação Ecológica de Jataí (J.E. dos Santos & J.S.R. Pires, coords.)*. Editora Rima, São Carlos, v.1, p.27-57.
- PIRES-O'BRIEN, M.J. & O'BRIEN, C.M. 1995. Ecologia e modelamento de florestas tropicais. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Serviço de informação e documentação, Belém.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. *In Cerrado: ambiente e flora (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.)*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Planaltina, p.89-166.
- SÃO PAULO, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 1997. Bases para a conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo. Série PROBIO, São Paulo.
- SCOLFORO, J.R.S. 1998. Manejo florestal. UFLA/FAEPE, Lavras.
- STRAUBE, F.C. 1998. O cerrado no Paraná: ocorrência original e atual e subsídios para sua conservação. *Caderno de Biodiversidade* 1:12-24.
- TOLEDO FILHO, D.V. 1984. Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado no município de Luís Antônio, SP. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CAPÍTULO 1

FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA DOS ESTRATOS ARBUSTIVO E
ARBÓREO DE UM REMANESCENTE DE CERRADÃO EM UMA UNIDADE
DE CONSERVAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Florística e fitossociologia dos estratos arbustivo e arbóreo de um remanescente de cerrado em uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo

ERICO FERNANDO LOPES PEREIRA-SILVA^{1,2}, JOSÉ EDUARDO DOS SANTOS¹, PAULO YOSHIO KAGEYAMA³, ELISA ALVES HARDT-VIEIRA⁴ e MARCUS VINICIUS CIANCIARUSO¹

Título resumido - Florística e fitossociologia do estrato arbustivo-arbóreo de cerrado

¹ Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Caixa Postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil.

² Autor para correspondência: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Hidrobiologia, Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental, Caixa Postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil; e-mail: candeia@email.com

³ Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Reprodução e Genética de Espécies Arbóreas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil.

⁴ Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil.

RESUMO - (Florística e fitossociologia dos estratos arbustivo e arbóreo de um remanescente de cerrado em uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo). Neste trabalho foram empregadas 25 parcelas permanentes de 250 m². Foram definidos três estratos na comunidade: inferior ($h < 4,0$ m), médio ($4,0 < h < 8,0$ m) e superior ($h > 8,0$ m) e foi amostrada a vegetação com DAS (Diâmetro na Altura do Solo) igual e superior a 1,0 cm. Em uma área de 0,625 ha foram amostrados 5.284 indivíduos, 121 espécies, 74 gêneros e 41 famílias. As principais famílias representativas da área foram: Leguminosae-Faboideae, Leguminosae-Caesalpinioideae, Leguminosae-Mimosoideae, Annonaceae, Vochysiaceae, Bombacaceae, Proteaceae, Malpighiaceae, Melastomataceae e Myrtaceae. As espécies de maior IVI foram *Ocotea corymbosa*, *Pterodon pubescens* e *Xylopia aromatica*. Os altos valores de PSoR e de IVIA mostraram que as espécies arbóreas *O. corymbosa* e *P. pubescens* estão representadas nos três estratos da comunidade, embora predominem no estrato superior. O índice de Shannon mostrou alta diversidade florística ($H' = 3,47 \text{ nat.ind.}^{-1}$) e o índice de equabilidade ($E' = 0,40$) indicou dominância de *P. pubescens* e *O. corymbosa* na área de estudo. As distribuições diamétrica e de altura revelaram a abundância no componente da regeneração natural devido ao grande estoque de plantas jovens que compõem o estrato inferior da comunidade o que indica a existência de um denso sub-bosque nesta área de cerrado. Dentre as 114 espécies consideradas na análise fitossociológica, 20 podem ser consideradas raras por apresentarem baixa densidade de indivíduos por hectare. O levantamento florístico caracterizou a fitofisionomia da área como cerrado. A representação da vegetação em perfil permitiu caracterizar a vegetação do cerrado em estratos e a análise da estrutura fitossociológica vertical revelou que existem espécies dominantes em cada um dos três estratos da comunidade. A estimativa dos parâmetros fitossociológicos verticais permitiu valorar as espécies através da PSoR e do IVIA, associando a estrutura fitossociológica horizontal com a heterogeneidade e irregularidade dos estratos do cerrado da área de estudo, confirmando a importância de cada espécie na comunidade.

Key words - floristic and phytosociology, cerrado, arboreous and shrub vegetation

Introdução

O cerrado *Lato sensu* cobria originalmente 14% do estado de São Paulo (São Paulo 1997). Em 1962, essa vegetação, incluindo todas as formas fitofisionômicas ocorrentes, ocupava 13,7% do estado (Borgonovi & Chiarini 1965), em 1974, foi reduzido a apenas 4,2% da área inicial (Serra Filho *et al.* 1975) e no final da última década, a cobertura original dessa vegetação estava reduzida a 6,9 % do original, distribuída em 8.353 fragmentos de cerrado *Stricto sensu*, cerradão e campo cerrado (Kronka *et al.* 1998). Essa acelerada redução do cerrado paulista nas três últimas décadas dificulta a realização de estudos sobre a diversidade florística dessa vegetação remanescente e é resultado do aumento na frequência e na intensidade das atividades antrópicas, como a exploração madeireira, a pecuária, o uso indiscriminado do fogo e a expansão dos sistemas de silvicultura e de outras culturas como a cana-de-açúcar e a citricultura.

Embora a redução da área do cerrado paulista dificulte a realização de estudos sobre a diversidade florística dos fragmentos remanescentes, estes estudos são fundamentais para o entendimento das relações entre a densidade de espécies e os fatores ambientais, para estimativas quanto à riqueza de espécies ocorrentes em uma região (Condit *et al.* 1996) e, para elaboração de propostas estratégicas de utilização racional dos recursos naturais disponíveis (Peters *et al.* 1989) e de conservação de áreas potencialmente ameaçadas pelo avanço das fronteiras antrópicas.

Os levantamentos florísticos dos remanescentes de cerrado do estado de São Paulo têm demonstrado que a riqueza florística ainda é elevada (Cesar *et al.* 1988, Giannotti & Leitão Filho 1992), apesar da maioria das áreas desta vegetação não possuir a cobertura vegetal original e estarem ocupadas por paisagens antrópicas (Mittermeyer *et al.* 1999).

A maioria dos estudos fitossociológicos dos cerrados paulistas tem atentado para informações da estrutura horizontal das comunidades (Toledo Filho *et al.* 1984, Mantovani & Martins 1993, Durigan *et al.* 1997). Contudo, também tem sido analisada a participação dos indivíduos nos estratos e em todas as fases de desenvolvimento dessa vegetação, com base na análise da estrutura vertical da comunidade (Scolforo 1998, Barreira *et al.* 2002), indicando

possíveis afinidades entre espécies ou grupos de espécies nos estratos da vegetação e acrescentando dados quantitativos sobre a vegetação em estudo.

Através das análises fitossociológicas horizontal e vertical, a estrutura da comunidade vegetal pode ser representada como um todo e comparada com outras comunidades tanto do ponto de vista da composição de espécies como da abundância de suas populações por estratos.

Considerando a necessidade de acrescentar mais dados quantitativos a respeito da estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado do estado de São Paulo, este trabalho teve como objetivo o levantamento florístico e a análise das estruturas fitossociológicas horizontal e vertical dos estratos arbustivo e arbóreo de uma área de cerrado inserida em uma Unidade de Conservação (UC) da região Nordeste do estado de São Paulo.

Materiais e métodos

A área selecionada para o estudo foi um fragmento de cerrado com 1.735,55 ha, denominado Oitocentos Alqueires, inserido na região Sudoeste da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), município de Luís Antônio, SP.

Para o levantamento da vegetação arbustivo-arbórea foram alocadas 25 parcelas permanentes com dimensões de 10 x 25 m (figura 1), georreferenciadas com um receptor GPS em uma trilha de 2.700 m, planejada com base em uma imagem de satélite LANDSAT TM (Bandas 3, 4 e 5 de 1998) em meio digital previamente registrado em UTM.

Foram considerados os indivíduos arbustivos e arbóreos com DAS (Diâmetro à Altura do Solo) maior e igual a 1,0 cm, em função do tipo de crescimento da maioria das espécies arbustivas de cerrado que apresentam ramificações e fustes irregulares. As classes de diâmetro foram definidas em intervalos de 7,0 cm com base na da equação de Spiegel (1976).

Este levantamento foi realizado entre os anos de 2001 e 2002, com visitas periódicas ao local das parcelas e abrangeu uma área total de 0,625 ha.

O material botânico foi coletado e identificado em campo e, posteriormente, teve sua identificação confirmada com o auxílio de bibliografia especializada e dos Herbários da Universidade Federal de São Carlos e da Universidade Estadual de Campinas.

Os parâmetros fitossociológicos considerados para a análise da estrutura horizontal da comunidade de cerradão da EEJ foram:

Densidade Relativa (DR)

A densidade relativa fornece a proporção do número de indivíduos de cada espécie em relação ao número total de indivíduos das espécies que compuseram a amostragem. É uma variável que independe da área de amostragem e é expressa por:

$$DR = (n_i / N_t) 100$$

Onde:

n_i = número de indivíduos amostrados da espécie i ;

N_t = número total de indivíduos amostrado independente da espécie a que pertençam;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

Frequência Absoluta (FA)

Com base nesta variável pode ser determinado o número de áreas de amostragem, no caso o número de parcelas permanentes em que ocorreu a espécie i , em relação ao total de áreas de amostragem alocadas. A FA é expressa da seguinte forma:

$$FA_i = (P_i / P_t) . 100$$

Onde:

FA_i = Frequência Absoluta da espécie i (%);

P_i = número da parcelas em que ocorreu a espécie i ;

P_t = número total de parcelas amostradas;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

Frequência Relativa (FR)

Esta variável informa a frequência de presença de uma espécie numa determinada área e é expressa da seguinte forma:

$$FR_i = (FA_i / \sum_{i=1}^n FA) \cdot 100$$

Onde:

FR_i = Frequência Relativa da espécie i (%);

FA_i = frequência absoluta da espécie i (%);

$\sum_{i=1}^n FA$ = somatório das frequências absolutas de todas as espécies;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

Dominância Relativa (DoR)

Este parâmetro determina a dominância das árvores amostradas. A partir da Área Basal (Abs), obtida através do Diâmetro na Altura do Solo (DAS), é possível obter a Dominância Relativa. A obtenção da Circunferência na Altura do Solo (CAS), em campo, permite o cálculo do DAS, pois:

$$DAS = CAS / \pi$$

Onde:

DAS = Diâmetro a Altura do Solo (m);

CAS = Circunferência a Altura do Solo (m);

π = constante trigonométrica (3,1416).

$$Abs = 0,7854 \cdot (DAS)^2$$

Onde:

Abs = Área Basal Individual (m²).

A razão entre a Abs da espécie i pela Abs de todas as espécies amostradas, configura a Dominância Relativa (DoR) que é expressa como:

$$\text{DoR} = \text{Abs}_i / \sum_{i=1}^n \text{Abs}_i$$

Onde:

Abs_i = Área Basal da espécie i (m^2);

$\sum_{i=1}^n \text{Abs}_i$ = somatório das Áreas Basais (m^2) de todos os indivíduos, independente da espécie

a que pertençam.

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

Índice de Valor de Cobertura (IVC)

Este parâmetro resulta da soma dos valores relativos à densidade e à dominância para cada uma das espécies amostradas. O valor máximo que esse índice pode atingir é de 200 e pode ser expresso por:

$$\text{IVC}_i = \text{DR}_i + \text{DoR}_i$$

Onde:

IVC_i = Índice de Valor de Cobertura da espécie i (%);

DR_i = densidade relativa da espécie i (%);

DoR_i = dominância relativa da espécie i (%);

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

Índice de Valor de Importância (IVI)

Consiste na soma dos valores relativos da densidade, frequência e dominância de cada espécie. O valor máximo que o IVI pode atingir é de 300. Este índice é expresso da seguinte forma:

$$\text{IVI}_i = \text{DR}_i + \text{DoR}_i + \text{FR}_i$$

Onde:

IVI_i = Índice de Valor de Importância da espécie i (%);

DR_i = densidade relativa da espécie i (%);

DoR_i = dominância relativa da espécie i (%);

FR_i = frequência relativa da espécie i (%);

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

Para a análise da estrutura vertical, foram considerados os seguintes parâmetros:

Posição Sociológica Relativa (PSoR)

Permite conhecer os distintos estratos da vegetação no sentido vertical, além do papel de cada espécie em cada um deles. Podem ser estabelecidos diferentes estratos, mas normalmente são considerados três de acordo com a variabilidade da altura das espécies observadas na área de estudo (Scolforo 1998).

Para este trabalho foram definidos três estratos na comunidade: inferior ($h < 4,0$ m), médio ($4,0 < h < 8,0$ m) e superior ($h > 8,0$ m). Os estratos são analisados de forma a obter um valor em função da quantidade de indivíduos presentes, obtendo o Valor Fitossociológico (VF) por estrato (superior, médio e inferior) (Scolforo 1998), o qual é expresso em percentagem e da seguinte forma:

$$VF = n_{ie} / N_{ie} \cdot 100$$

Onde:

n_{ie} = número de indivíduos no estrato;

N_{ie} = número total de indivíduos observados;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

Para calcular o valor absoluto da Posição Sociológica (PSa_i) de uma espécie, soma-se os valores fitossociológicos da mesma em cada um dos estratos definidos, sendo estes valores obtidos através da multiplicação do número de indivíduos da espécie pelo valor fitossociológico do estrato da seguinte forma:

$$PSa_i = [VF (ei) \cdot n_i (ei)] + [VF (em) \cdot n_i (em)] + [VF (es) \cdot n_i (es)]$$

Onde:

ei, em e es = estratos inferior, médio e superior, respectivamente;

PSa_i = Posição Sociológica da espécie considerada;

VF = Valor Fitossociológico;

n_i = número de indivíduos em cada estrato da espécie considerada;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

A Posição Sociológica Relativa (PSoR) para cada espécie, é expressa em percentagem, da seguinte forma:

$$PSoR = PSa_i / \sum_{i=1}^n PSa_i \cdot 100$$

A PSoR permite compreender como é a distribuição dos indivíduos na estrutura vertical da vegetação, quanto a regularidade e gradiente de ocorrência nos estratos da comunidade.

Índice de Valor de Importância Ampliado (IVIA)

Esse parâmetro reúne os valores obtidos na análise das estruturas horizontal e vertical retratando a heterogeneidade e a irregularidade entre os estratos da vegetação (Scolforo 1998), sendo expresso da seguinte forma:

$$IVIA = IVI + PSoR$$

A diversidade florística foi estimada pelo índice de diversidade de Shannon (H') que expressa o conteúdo de informações de cada comunidade, baseado no cálculo da proporção da espécie e na amostra total de indivíduos (Ricklefs 1993):

$$H' = - \sum_{i=1}^n n_i / N \cdot \ln n_i / N$$

Onde:

n_i = número de indivíduos amostrados para a espécie i ;

N = número total de indivíduos amostrados;

\ln = logaritmo neperiano;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

Foi estimado também o índice de equabilidade (E') de Pielou (1975), expresso da seguinte maneira:

$$E' = H' / H'_{\text{máx.}}$$

Onde:

H' = índice de diversidade de Shannon;

$H'_{\text{máx.}}$ = logaritmo neperiano do número total de espécies amostradas.

Resultados e Discussão

Em uma área de 0,625 ha do cerrado do Oitocentos Alqueires, foram amostrados 5.284 indivíduos, 121 espécies, 74 gêneros, 41 famílias e cinco morfoespécies classificadas como indeterminadas. Outras sete espécies foram amostradas em área externa às parcelas permanentes e foram inclusas somente no levantamento florístico (tabela 1).

As principais famílias representativas do cerrado *L. s.*, como Leguminosae-Faboideae, Leguminosae-Caesalpinioideae, Leguminosae-Mimosoideae, Annonaceae, Vochysiaceae, Bombacaceae, Proteaceae, Malpighiaceae, Melastomataceae e Myrtaceae (Rizzini 1971), foram amostradas na área do Oitocentos Alqueires.

As famílias Rubiaceae (12 espécies; 9,9%), Myrtaceae (11 espécies; 9%), Vochysiaceae (9 espécies; 7,4%), Leguminosae-Faboideae (8 espécies; 6,6%), Melastomataceae (7 espécies; 5,8%) e Leguminosae-Caesalpinioideae (7 espécies; 5,8%) apresentaram as maiores riquezas de espécies (figura 2). Este resultado é similar aos relatados para outras áreas de cerrado *L. s.* do estado de São Paulo em que Myrtaceae, Rubiaceae, Melastomataceae, Leguminosae-Faboideae e Leguminosae-Caesalpinioideae predominam em riqueza (Leitão-Filho 1992). A família Leguminosae (sub-famílias Caesalpinioideae, Faboideae e Mimosoideae), relatada como a mais diversificada na maioria dos levantamentos realizados em cerrado (Durigan *et al.* 1997, Barreira *et al.* 2002, Silva *et al.* 2002), totalizou neste estudo 17 espécies (14,0%).

A análise do índice de Shannon (H') mostrou que a diversidade em espécies arbustivas e arbóreas foi de 3,47 nat.ind.⁻¹. Na comunidade do cerrado do Oitocentos Alqueires espécies como

Ocotea corymbosa, *Copaifera langsdorffii* e *Pterodon pubescens* apresentaram os maiores valores de diversidade no estrato superior (0,14; 0,11 e 0,09 nat.ind.⁻¹, respectivamente); *Xylopia aromatica*, *Siparuna guianensis* e *Casearia arborea*, apresentaram os maiores valores no estrato médio (0,26; 0,25 e 0,13 nat.ind.⁻¹, respectivamente); e espécies como *Miconia albicans*, *Didymopanax vinosum* e *Miconia rubiginosa* apresentaram os maiores valores de diversidade no estrato inferior (0,18; 0,15 e 0,09 nat.ind.⁻¹). Essas espécies, totalizando 7,9% do total amostrado, resultaram em 1,40 nat.ind.⁻¹ ou 40,34% do total da diversidade obtida.

O valor de equabilidade (E') obtido para a área do Oitocentos Alqueires ($E' = 0,40$) indica que há uma distribuição desigual de indivíduos por espécie, o que influenciou o valor de diversidade obtido ($H' = 3,47$ nat.ind.⁻¹). Esse valor de equabilidade reflete a dominância de algumas espécies como *P. pubescens*, *O. corymbosa* e *Tapirira guianensis* na área de estudo (tabela 2).

A estrutura de uma floresta pode ser explicada pela sua distribuição diamétrica, a qual é definida pela caracterização do número de árvores por unidade de área e por intervalo de classe de diâmetro (Pires O'Brien & O'Brien 1995). A menor classe diamétrica apresenta a maior frequência de indivíduos e, na medida em que aumenta o tamanho da classe, a frequência diminui até atingir o seu menor índice na menor classe diamétrica (Carvalho 1981), caracterizando uma curva do tipo exponencial ou de J invertido (Scolforo 1998). A distribuição diamétrica da comunidade arbustivo-arbórea da área do Oitocentos Alqueires pode ser caracterizada por uma curva do tipo J invertido ($R^2 = 0,580$ com $p < 0,001$) (figura 3). Esse tipo de distribuição é típica de áreas que apresentam abundância no componente da regeneração natural (Pires & Prance 1977).

A maior concentração na percentagem de indivíduos na primeira classe de diâmetro caracteriza uma comunidade estoque no intervalo de classe entre zero e sete cm, um padrão típico de florestas tropicais estáveis de idade e composição de espécies variadas que formam o banco permanente de plântulas (Scolforo 1998). Entretanto, deve ser ressaltado que o cerradão, assim

como as demais fitofisionomias do cerrado *L. s.*, tem como característica o crescimento de indivíduos baseado na regeneração vegetativa (Murakami & Klink 1996).

A análise da estrutura fitossociológica horizontal da área do Oitocentos Alqueires mostrou que a Densidade Absoluta (DA) das espécies vegetais foi de 8.454,40 ind.ha⁻¹ e a área basal total foi de 24,640 m².ha⁻¹.

As espécies que apresentaram os maiores Índices de Valor de Importância (IVI) foram *Ocotea corymbosa* (IVI = 21,52), *Pterodon pubescens* (IVI = 20,83) e *Xylopia aromatica* (IVI = 17,15). Esses valores de IVI estão relacionados aos altos valores de Dominância Relativa em *O. corymbosa* (DoR = 13,80%) e em *P. pubescens* (DoR = 15,52%) e, em *X. aromatica*, está relacionado ao alto valor de Densidade Relativa (DR = 12,07%) (tabela 2).

A distribuição dos indivíduos por altura foi heterogênea e apresentou maior concentração (39,55%) no segundo intervalo de classe do estrato inferior, com altura entre um e dois metros (figura 4), o que indica a existência de um denso sub-bosque nesta área de cerrado.

A análise estratificada da vegetação, considerando as 21 espécies de maior Posição Sociológica Relativa (PSoR) (tabela 2), mostra que a densidade de plantas é decrescente do estrato inferior para o estrato superior (figura 5). A sobreposição dos três perfis (figura 5D, E e F) possibilitou ainda a elaboração de um perfil idealizado que mostra a coexistência e a ausência das espécies nos três estratos da área de estudo (figura 5G). Espécies como *O. corymbosa* e *P. pubescens* estão representadas nos três estratos da comunidade e espécies como *Miconia albicans* e *Coussarea hydrangeaeifolia* são exclusivas do estrato inferior.

As espécies asseguram sua representatividade na estrutura da comunidade vegetal quando presentes em todos os estratos da floresta (Hosokawa *et al.* 1998, Scolforo 1998). As que não seguem esta regra, poderão não estar presentes futuramente na comunidade vegetal (Hosokawa *et al.* 1998), por não se reproduzirem ou por não se regenerarem no local, com exceção daquelas que são características dos estratos inferior e médio da floresta (Scolforo 1998).

A análise da estrutura vertical da floresta, com base nos valores de PSoR e do Índice de Valor de Importância Ampliado (IVIA), confirma a importância de cada espécie na comunidade, revelando a heterogeneidade e a irregularidade entre os estratos da comunidade de cerradão. Os altos valores de PSoR e de IVIA também evidenciam que *O. corymbosa* (PSoR = 23,32 e IVIA = 44,84) e *P. pubescens*; (PSoR = 8,30 e IVIA = 29,13) (tabela 2) estão representadas nos três estratos, embora essas espécies predominem no estrato superior do cerradão. *Roupala montana*, uma espécie considerada em risco de extinção para o estado de São Paulo (D.O.E. 1998), também ocorre nos três estratos da comunidade da área do Oitocentos Alqueires.

As espécies *Casearia arborea* e *Virola sebifera* apresentaram valores de PSoR (9,55 e 3,52) que indicam a existência de poucos representantes nos estratos inferior e superior, estando bem representadas no estrato médio da comunidade. O alto valor de PSoR de *M. albicans* é resultado da sua representatividade no estrato inferior da comunidade, uma vez que esta espécie não é encontrada nos estratos médio e superior. Embora as espécies *Qualea grandiflora* e *Vatairea macrocarpa* apresentem baixos valores de DR e de PSoR, estão bem distribuídas nos três estratos da vegetação (tabela 2).

Dentre as 114 espécies consideradas na análise fitossociológica (tabela 2), 20 apresentaram Densidade Absoluta (DA) inferior a um indivíduo por ha. Por apresentarem baixa densidade de indivíduos por área são consideradas espécies raras e podem ser apontadas como referenciais para monitoramento de reservas genéticas (Kageyama & Gandara 1994). A conservação das populações dessas espécies raras garante que outras espécies, menos raras e mais comuns, também sejam conservadas. Entretanto, o limite do número de indivíduos por ha como conceituação de raridade é relativo e depende da distribuição de abundância no ecossistema considerado para estudo (Kageyama & Lepsch-Cunha 2001).

Foi observada a ocorrência de espécies que não estão associadas a um bioma em específico e que ocorrem tanto no cerradão como na floresta estacional semidecídua. Assim, espécies como *Casearia sylvestris*, *Byrsonima intermedia*, *Amaioua guianensis*, *Copaifera langsdorffii*, *Terminalia*

brasiliensis, *Guapira opposita*, *Senna rugosa*, *Siparuna guianensis* e *Machaerium acutifolium* contribuíram para a riqueza florística da vegetação de cerrado da área do Oitocentos Alqueires.

A ocorrência de 122 indivíduos de *Roupala montana* na amostragem justifica a importância da conservação da área em questão, visto que esta espécie está incluída na categoria vulnerável da lista oficial de espécies ameaçadas de extinção no estado de São Paulo (D.O.E. 1998).

O levantamento florístico caracterizou a vegetação da área do Oitocentos Alqueires como cerrado, embora tenha sido registrada a ocorrência de espécies comuns a outros tipos de vegetação. A análise do índice de diversidade de Shannon demonstrou que grande parte da diversidade florística da área pode ser atribuída a nove espécies de maior DA, equitativamente distribuídas em cada um dos três estratos da comunidade. A equabilidade revelou a dominância de alguns grupos em função da distribuição desigual dos indivíduos entre as espécies.

A representação da vegetação em perfil permitiu caracterizar a vegetação do cerrado em estratos e a análise da estrutura fitossociológica vertical revelou que existem espécies dominantes em cada um dos três estratos da comunidade. A estimativa dos parâmetros fitossociológicos verticais permitiu valorar cada espécie através da PSoR e do IVIA, associando a representatividade da estrutura fitossociológica horizontal com a heterogeneidade e a irregularidade dos estratos do cerrado da área do Oitocentos Alqueires.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor, ao funcionário aposentado da Estação Ecológica de Jataí senhor Horácio Gomes, pelo apoio técnico nas campanhas de campo. Ao engenheiro agrônomo Carlos Scatena Zanato, pesquisador do Instituto Florestal e administrador das Estações Ecológica de Jataí e Experimental de Luís Antônio, pela colaboração e apoio na elaboração das atividades de pesquisa deste trabalho e ao COTEC do Instituto Florestal pela autorização desta pesquisa junto à Estação Ecológica de Jataí.

Referências bibliográficas

- BARREIRA, S., SCOLFORO, J.R.S., BOTELHO, S.A. & MELLO, J.M. 2002. Estudo da estrutura da regeneração natural e da vegetação adulta em um cerrado *sensu stricto* para fins de manejo florestal. *Scientia Forestalis* 61:64-78.
- BORGONOV, M. & CHIARINI, J.V. 1965. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo. I Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas com cerrado, cerradão e campo em 1962. *Bragantia* 14:159-179.
- CARVALHO, J.O.P. 1981. Distribuição diamétrica de espécies comerciais e potenciais em floresta tropical úmida natural na Amazônia. Embrapa-CPATU, Belém.
- CESAR, O., PAGANO, S.N., LEITÃO FILHO, H.F, MONTEIRO, R., SILVA, O.A., MARINIS, G. & SHEPHERD, G.J. 1988. Estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de uma área de vegetação de cerrado no município de Corumbataí (Estado de São Paulo). *Naturalia* 13:91-101.
- CONDIT, R., HUBBELL, S.P. & FOSTER, R.B. 1996. Changes in tree species abundance in a neotropical forest: impact of climate change. *Journal of Tropical Ecology* 12:231-256.
- D.O.E. 1998. Espécies da flora ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, 1:23.
- DURIGAN, G., FRANCO, G.A.D.C., PASTORE, J.A. & AGUIAR, O.T. 1997. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. *Revista do Instituto Florestal* 9:71-85.
- GIANOTTI, E. & LEITÃO FILHO, H.F. 1992. Composição florística do cerrado da Estação Experimental de Itirapina (SP). *In Anais do Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo*. São Paulo, p.21-25.
- HOSOKAWA, R.T., MOURA, J.B. & CUNHA, U.S. 1998. Introdução ao manejo e economia florestal. Editora da UFPR, Curitiba.

- KAGEYAMA, P.Y. & GANDARA, F.B. 1994. Dinâmica de populações de espécies arbóreas: implicações para o manejo e a conservação *In* Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. ACIESP, Serra Negra, v.2, p.1-9.
- KAGEYAMA, P.Y. & LEPSCH-CUNHA, N.M. 2001. Singularidade da biodiversidade nos trópicos. *In* Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento (I. Garay & B.F.S. Dias, coords.). Editora Vozes, Petrópolis, p.199-214.
- KRONKA, F.J.N., NALON, A.M. & MATSUKUMA, C.K. 1998. Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo. SMA, São Paulo.
- LEITÃO-FILHO, H.F. 1992. A flora arbórea dos cerrados de São Paulo. *Hoehnea* 19:121-163.
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. 1993. Florística do cerrado na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, SP. *Acta Botânica Brasilica* 7:33-60.
- MITTERMEYER, R.A., MYERS, N. & MITTERMEYER, C.G. 1999. Hotspots earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cemex Conservation International, Mexico City.
- MURAKAMI, E.A. & KLINK, C.A. 1996. Efeito do fogo na dinâmica de crescimento e reprodução de *Echinolaena inflexa* (Poiret) Chase (Poaceae). *In* Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga (H. S. Miranda, C.H. Saito & B.F.S. Dias, eds.). UnB/ECL, Brasília, p.53-60.
- PETERS, C., GENTRY, A. & MENDELSON, R. 1989. Valuation of an Amazon rainforest. *Nature* 339:655-656.
- PIELOU, E.C. 1975. The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination. Wiley-Interscience, New York.
- PIRES, J.M. & PRANCE, G.T. 1977. The amazon forest: a natural heritage to be preserved. *In* Extinction is forever (G.T. Prance & T.S. Elias, eds.). New York Botanical Garden, New York, p.158-194.

- PIRES-O'BRIEN, M.J. & O'BRIEN, C.M. 1995. Ecologia e modelamento de florestas tropicais. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Serviço de informação e documentação, Belém.
- RICKLEFS, R.E. 1993. Economia da Natureza. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- RIZZINI, C.T. 1971. Aspectos ecológicos da regeneração em algumas plantas do cerrado. *In* Anais do III Simpósio sobre cerrado (M.G. Ferri, coord.) Editora Edgard Blücher & EDUSP, São Paulo, p.61-64.
- SÃO PAULO, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 1997. Bases para a conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo. Série PROBIO, São Paulo.
- SCOLFORO, J.R.S. 1998. Manejo florestal. UFLA/FAEPE, Lavras.
- SERRA FILHO, R., CAVALLI, A.C., GUILLAUMON, J.R., CHIARINI, J.V., NOGUEIRA, F.P., IVANCKO, C.M.A.M., BARBIERI, J.L., DONZELI, P.L., COELHO, A.G. S. & BITTENCOURT, I. 1975. Levantamento da cobertura natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. Boletim Técnico do Instituto Florestal 11:1-56.
- SILVA, L.O., COSTA, D.A., SANTO FILHO, K.E., FERREIRA, H.D. & BRANDÃO, D. 2002. Levantamento florístico e fitossociologia em duas áreas de cerrado *sensu stricto* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. Acta Botânica Brasílica 16:33-60.
- SPIEGEL, M.P. 1976. Estatística. Editora McGraw-Hill, São Paulo.
- TOLEDO FILHO, D.V., LEITÃO FILHO, H.F. & RODRIGUES, T.S. 1984. Composição florística de área de cerrado em Mogi Mirim (SP). Boletim Técnico do Instituto Florestal 38:165-175.

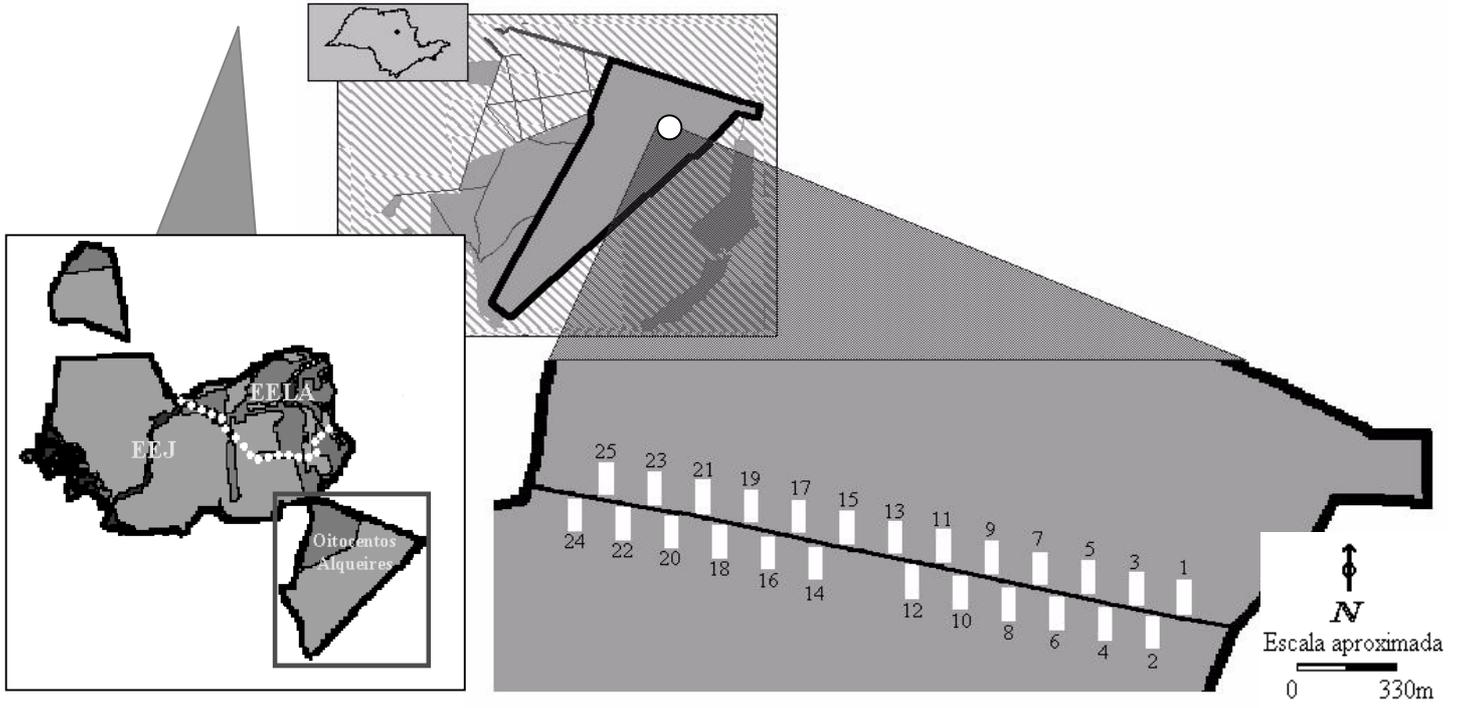
Figura 1. Localização da Estação Ecológica de Jataí (EEJ) e da Estação Experimental de Luís Antônio no estado de São Paulo e distribuição das 25 parcelas permanentes estudadas no remanescente de cerradão Oitocentos Alqueires, Luís Antônio, SP.

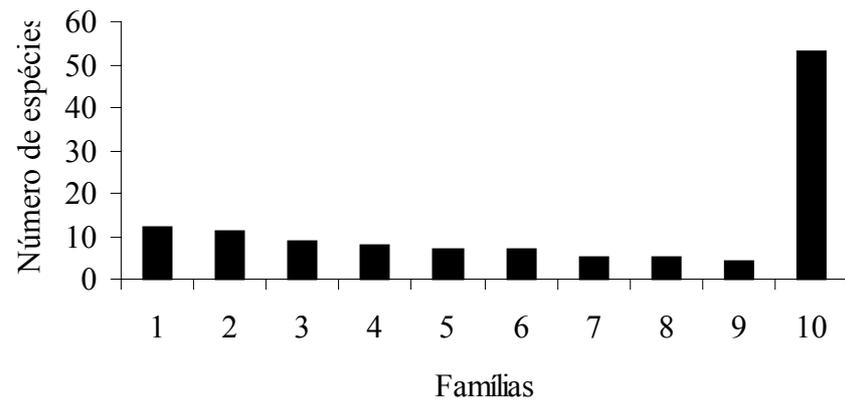
Figura 2. Distribuição do número de espécies por família para a área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. 1. Rubiaceae, 2. Myrtaceae, 3. Vochysiaceae, 4. Leguminosae, Faboideae, 5. Melastomataceae, 6. Leguminosae-Caesalpinioideae, 7. Annonaceae, 8. Bignoniaceae, 9. Malphigiaceae, 10. Conjunto de outras famílias.

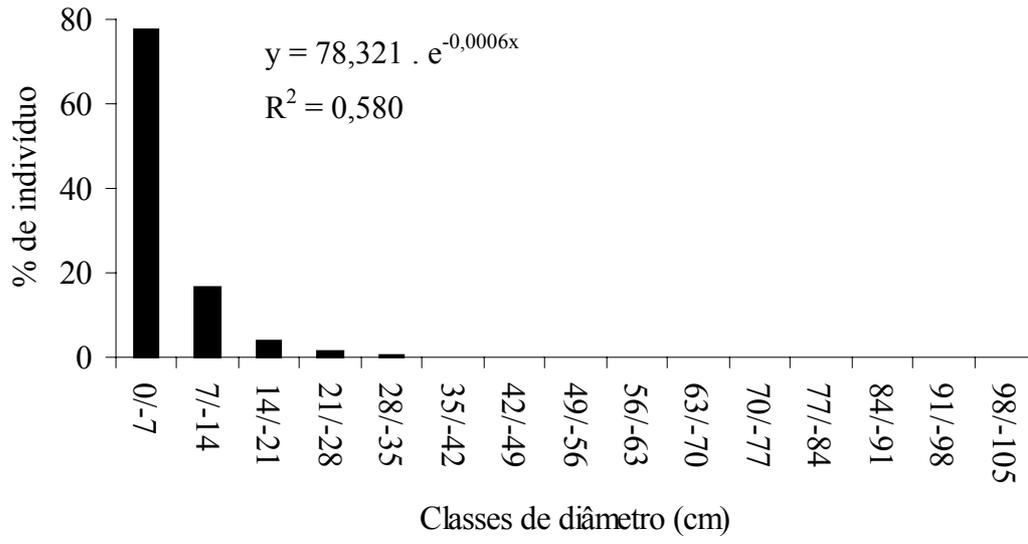
Figura 3. Distribuição da frequência de indivíduos (%) por classes de diâmetro (cm) da comunidade arbustivo-arbórea da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP.

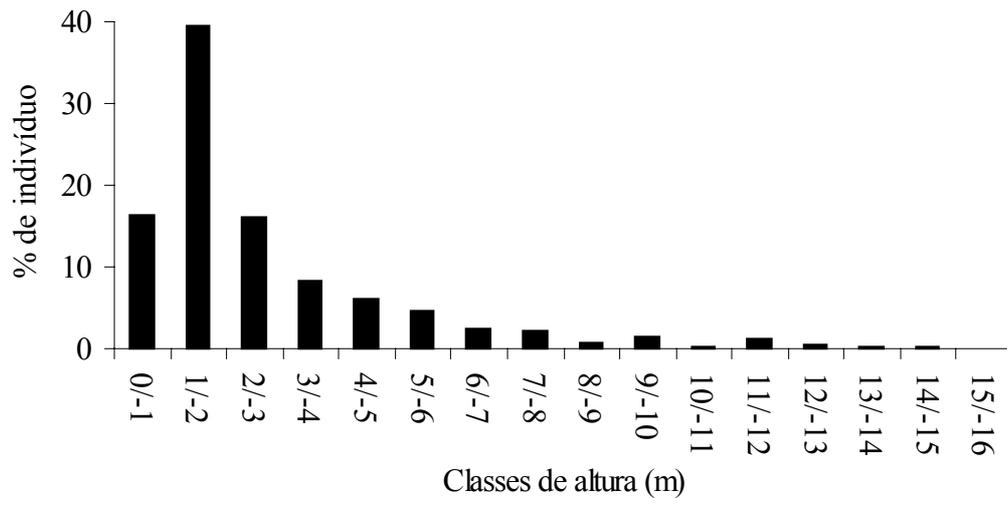
Figura 4. Distribuição da frequência de indivíduos (%) por classes de altura (m) da comunidade arbustivo-arbórea da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP.

Figura 5. Variação na altura das 21 espécies, numeradas de 1 a 21 (A, B e C), de maior PSoR (tabela 2) da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. Em A, B e C, os pontos extremos nas barras verticais da ordenada correspondem às alturas máxima e mínima e os círculos em preto indicam a altura média. As figuras D, E e F representam os estratos inferior, médio e superior separadamente e, G, a sobreposição dos três estratos.









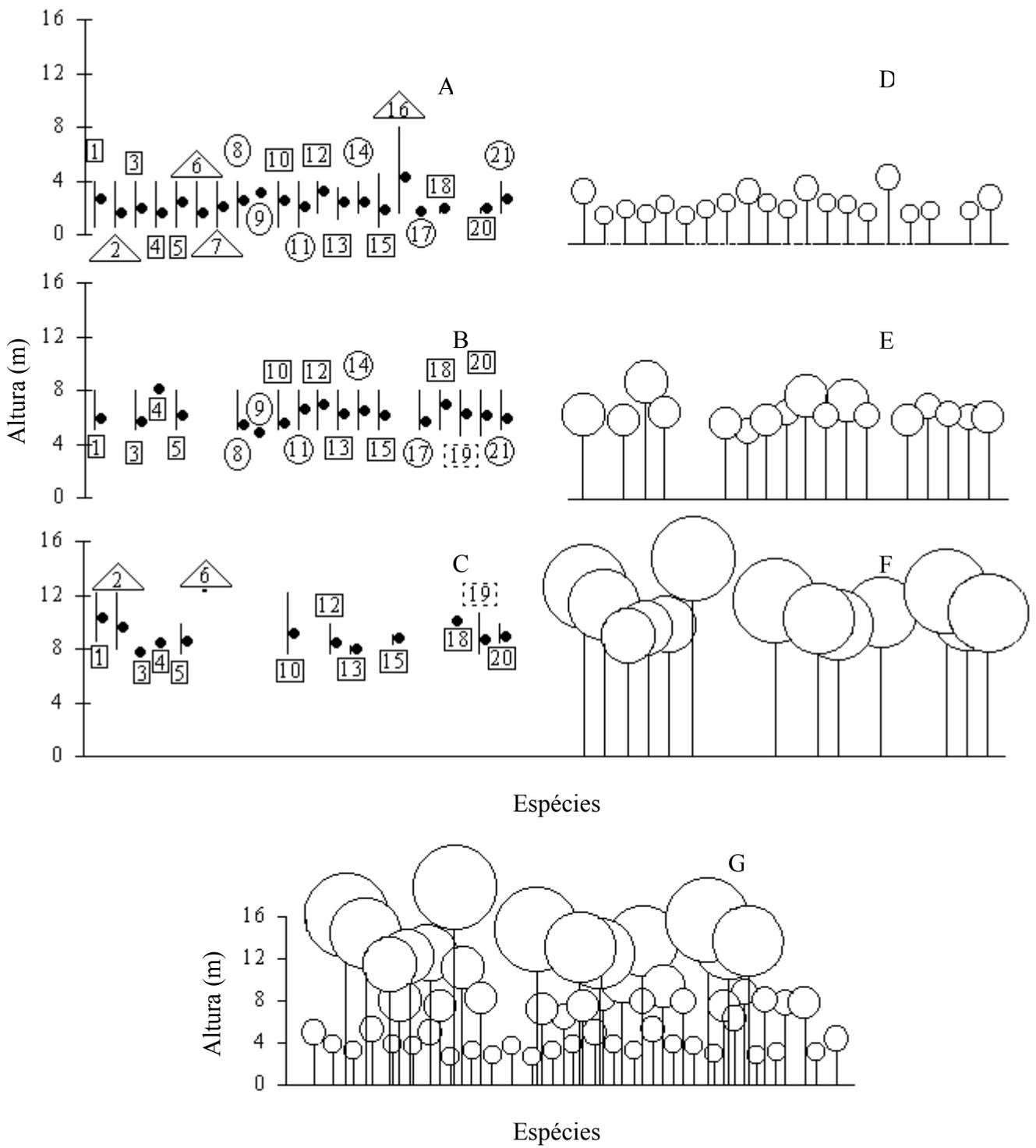


Tabela 1. Famílias, gêneros e espécies de Magnoliophyta arbustivas e arbóreas amostradas na área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. Espécies com asterisco (*) foram amostradas em área externa à área das parcelas permanentes estudadas.

Famílias	Espécies
ANACARDIACEAE	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.
ANNONACEAE	<i>Annona coriacea</i> Mart.
	<i>Annona crassiflora</i> Mart.
	Annonaceae sp. 1*
	<i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hil.) Benth. & Hook.f.
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.
	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes
ARALIACEAE	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.
	<i>Didymopanax vinosum</i> (Cham. & Schltld.) Marchal
ARACEAE	<i>Gochnatia pulchra</i> (Spreng.) Canbrera
	<i>Vernonia</i> sp. 1
ARECACEAE	<i>Syagrus petraea</i> (Mart.) Becc.
BIGNONIACEAE	Bignoniaceae sp. 1
	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.
	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.
	<i>Tabebuia</i> sp. 2
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A.Robyns
BURSERACEAE	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aublet) Marchand *
CARYOCARACEAE	<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.
CHRYSOBALANACEAE	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook.f.
	<i>Licania humilis</i> Cham. & Schltld.

(cont.)

Famílias	Espécies
	<i>Prunus sellowii</i> Hoehne *
COMBRETACEAE	<i>Terminalia brasiliensis</i> (Cambess.) Eichler
CONNARACEAE	<i>Connarus suberosus</i> Planch.
EBENACEAE	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A. St.-Hil. <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.
EUPHORBIACEAE	<i>Maprounea guianensis</i> Aublet <i>Pera glabrata</i> (Schott) Müll. Arg.
FLACOURTIACEAE	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb. <i>Casearia sylvestris</i> Sw.
LAMIACEAE	Lamiaceae sp.1*
LAURACEAE	Lauraceae sp.1 <i>Ocotea corymbosa</i> (Meissn.) Mez <i>Ocotea pulchella</i> (Ness.) Mez
LEGUMINOSAE	<i>Bauhinia holophylla</i> (Bong.) Steud.
CAESALPINIOIDEAE	<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf. <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. <i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne <i>Macherium acutifolium</i> Vogel <i>Senna rugosa</i> (G. Don) H. S. Irwin & Barneby
LEGUMINOSAE	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev
FABOIDEAE	

(cont.)

Famílias	Espécies
	<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.
	<i>Andira</i> sp. 1
	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth
	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.
	<i>Pterodon pubescens</i> Benth.
	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke
LEGUMINOSAE	<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.
MIMOSOIDEAE	
	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.
	<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.
LOGANIACEAE	<i>Strychnos bicolor</i> Progel
	<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.
MALPHIGHIACEAE	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> (L.) H.B.K.
	<i>Byrsonima crassiflora</i> (L.) Kunth.*
	<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.
	<i>Byrsonima verbacifolia</i> (L.) Rich
MELASTOMATACEAE	<i>Leandra aurea</i> (Cham.) Cogn.
	<i>Leandra lacunosa</i> Cogn.
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana
	<i>Miconia langsдорфii</i> Cogn.
	<i>Miconia ligustroide</i> (DC.) Naud.
	<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.
	<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn.
MENISPERMEACEAE	<i>Menispermeaceae</i> sp. 1*

(cont.)

Famílias	Espécies
MIRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i> Aubl.
MONIMIACEAE	<i>Siparuna guianensis</i> Aublet
MORACEAE	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul <i>Ficus</i> sp. 1
MYRSINACEAE	<i>Rapanea guianensis</i> Aublet
MYRTACEAE	<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O. Berg <i>Eugenia aurata</i> O. Berg <i>Eugenia puniceifolia</i> (H. B. K.) DC. <i>Eugenia</i> sp. 1 <i>Myrcia bella</i> Cambess. <i>Myrcia lingua</i> (O. Berg.) Matos <i>Myrcia rostrata</i> DC. <i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC. <i>Myrcia uberabensis</i> O. Berg. <i>Psidium</i> sp. 2 <i>Psidium</i> sp. 3
NYCTAGINACEAE	<i>Guapira noxia</i> (Neto) Lundell <i>Guapira opposita</i> Vell. Reitz
OCHNACEAE	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.
PROTEACEAE	<i>Roupala montana</i> Aubl.
RUBIACEAE	<i>Alibertia macrophyla</i> Schum <i>Amaioua guianensis</i> Aubl. <i>Coussarea hydrangeaefolia</i> Benth. & Hook. <i>Paucicourea marcgravii</i> (Spreng.) A. St.-Hil. *

(cont.)

Famílias	Espécies
	<i>Paulicourea rigida</i> H.B.K.
	<i>Psychotria capitata</i> Ruiz & Pav.
	<i>Psychotria hoffmanseggiana</i> (Willd ex. Roem & Schult) M. Arg.
	<i>Psychotria prunifolia</i> (HBK) Steyerm.
	<i>Psychotria</i> sp. 1
	<i>Psychotria tricoloba</i> M. Arg.
	<i>Rudgea viburnoides</i> Benth.
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.
RUTACEAE	<i>Metrodorea</i> sp. 1
SAPOTACEAE	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.
	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.
	Sapotaceae sp. 1
STYRACACEAE	<i>Styrax camporum</i> Pohl
THEACEAE	<i>Kielmeyera variabilis</i> Mart.
	<i>Kilmeyera</i> sp. 1
VERBENACEAE	<i>Aegiphila lhotzhyana</i> Cham.
VOCHYSIACEAE	<i>Qualea cordata</i> Spreng.
	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.
	<i>Qualea jundiahy</i> Warm.
	<i>Qualea parviflora</i> Mart.
	<i>Vochysia rufa</i> Mart.
	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.
	Vochysiaceae sp. 1
	Vochysiaceae sp. 2

(cont.)

Famílias	Espécies
	Vochysiaceae sp. 3
MORFOESPÉCIES	Indeterminada 1
	Indeterminada 2
	Indeterminada 3
	Indeterminada 4
	Indeterminada 5

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP, em ordem decrescente de Índice de Valor de Importância Ampliado (IVIA), em que DA = Densidade Absoluta (ind.ha⁻¹), DR = Densidade Relativa (%), Abs = Área Basal (m².ha⁻¹), DoR = Dominância Relativa (%), FR = Frequência Relativa (%), IVC = Índice de Valor de Cobertura, IVI = Índice de Valor de Importância e PSoR = Posição Sociológica Relativa (%).

	Espécies	DA	DR	AbS	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	IVIA
1	<i>Ocotea corymbosa</i>	398	4,71	3,40	13,80	3,01	18,51	21,52	23,32	44,84
2	<i>Xylopia aromatica</i>	1021	12,07	1,25	5,08	0,13	17,15	17,28	17,06	34,34
3	<i>Siparuna guianensis</i>	1008	11,92	0,51	2,07	3,01	14,00	17,01	14,11	31,12
4	<i>Pterodon pubescens</i>	205	2,42	3,82	15,52	2,89	17,94	20,83	8,30	29,13
5	<i>Casearia arborea</i>	350	4,14	1,00	4,04	3,01	8,19	11,20	9,55	20,75
6	<i>Myrcia lingua</i>	477	5,64	1,31	5,32	3,01	10,96	13,97	3,12	17,09
7	<i>Miconia albicans</i>	582	6,89	0,18	0,71	3,01	7,60	10,61	4,17	14,78
8	<i>Copaifera langsdorffii</i>	286	3,39	1,42	5,76	3,01	9,15	12,16	3,36	15,52
9	<i>Diptychandra aurantiaca</i>	360	4,26	1,29	5,22	2,63	9,48	12,12	2,77	14,89
10	<i>Virola sebifera</i>	278	3,29	0,57	2,30	2,01	5,60	7,60	3,52	11,12
11	<i>Tapirira guianensis</i>	61	0,72	2,82	11,44	1,51	12,16	13,66	1,45	15,11
12	<i>Didymopanax vinosum</i>	445	5,26	0,14	0,55	3,01	5,82	8,83	2,40	11,23
13	<i>Qualea grandiflora</i>	94	1,12	0,97	3,96	2,13	5,07	7,21	1,21	8,42
14	<i>Vatairea macrocarpa</i>	136	1,61	0,87	3,51	2,01	5,12	7,13	1,17	8,30
15	<i>Roupala montana</i>	195	2,31	0,32	1,30	2,89	3,61	6,49	0,53	7,02
16	<i>Coussarea hydrangeaefolia</i>	248	2,93	0,17	0,68	1,51	3,61	5,12	0,74	5,85
17	<i>Miconia rubiginosa</i>	203	2,40	0,08	0,31	2,76	2,72	5,48	0,51	5,98
18	<i>Rudgea viburnoides</i>	173	2,04	0,16	0,66	2,51	2,70	5,21	0,37	5,58
19	Sapotaceae sp. 1	112	1,32	0,47	1,92	1,88	3,24	5,13	0,18	5,31
20	<i>Alibertia macrophyla</i>	165	1,95	0,14	0,56	2,13	2,51	4,64	0,33	4,97

(cont.)

	Espécies	DA	DR	AbS	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	IVIA
21	<i>Vochysia tucanorum</i>	62	0,74	0,36	1,44	1,00	2,18	3,18	0,29	3,48
22	<i>Platymenia reticulata</i>	40	0,47	0,34	1,38	1,38	1,86	3,24	0,19	3,43
23	<i>Pouteria torta</i>	96	1,14	0,14	0,55	1,63	1,69	3,32	0,11	3,43
24	<i>Anadenanthera falcata</i>	53	0,62	0,26	1,06	1,63	1,69	3,32	0,07	3,39
25	<i>Campomanesia pubescens</i>	77	0,91	0,04	0,17	2,01	1,08	3,09	0,07	3,16
26	<i>Syagrus petraea</i>	59	0,70	0,10	0,39	1,88	1,09	2,97	0,04	3,01
27	<i>Rapanea guianensis</i>	78	0,93	0,06	0,24	1,38	1,16	2,54	0,17	2,72
28	<i>Psychotria hoffmanseggiana</i>	125	1,48	0,01	0,04	0,63	1,52	2,15	0,19	2,34
29	<i>Qualea parviflora</i>	35	0,42	0,20	0,79	1,25	1,21	2,46	0,05	2,51
30	<i>Annona coriacea</i>	59	0,70	0,03	0,13	1,63	0,83	2,46	0,04	2,50
31	<i>Bowdichia virgilioides</i>	37	0,44	0,17	0,70	1,00	1,14	2,14	0,13	2,27
32	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	50	0,59	0,09	0,36	1,25	0,95	2,20	0,03	2,23
33	<i>Psychotria capitata</i>	90	1,06	0,01	0,03	0,88	1,09	1,97	0,10	2,07
34	<i>Caryocar brasiliense</i>	21	0,25	0,25	1,00	0,38	1,25	1,62	0,07	1,69
35	<i>Pouteria ramiflora</i>	24	0,28	0,15	0,61	0,75	0,90	1,65	0,04	1,69
36	<i>Stryphnodendron obovatum</i>	24	0,28	0,03	0,13	1,25	0,42	1,67	0,01	1,68
37	<i>Strychnos bicolor</i>	37	0,44	0,01	0,02	1,13	0,46	1,59	0,02	1,60
38	<i>Amaioua guianensis</i>	29	0,34	0,05	0,21	1,00	0,55	1,55	0,02	1,57
39	<i>Hancornia speciosa</i>	16	0,19	0,06	0,24	1,13	0,43	1,56	0,01	1,57
40	<i>Ocotea pulchella</i>	22	0,26	0,04	0,15	1,13	0,42	1,55	0,01	1,56
41	Indeterminada 2	22	0,26	0,05	0,21	1,00	0,47	1,48	0,01	1,48
42	<i>Miconia ligustroide</i>	27	0,32	0,02	0,10	1,00	0,42	1,42	0,01	1,43
43	<i>Qualea jundiahy</i>	26	0,30	0,17	0,70	0,38	1,00	1,38	0,02	1,40
44	<i>Pera glabrata</i>	21	0,25	0,14	0,55	0,50	0,80	1,30	0,03	1,33

(cont.)

	Espécies	DA	DR	AbS	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	IVIA
45	<i>Terminalia brasiliensis</i>	16	0,19	0,01	0,05	1,13	0,24	1,37	0,00	1,37
46	<i>Bauhinia holophylla</i>	18	0,21	0,01	0,02	1,13	0,23	1,36	0,00	1,37
47	<i>Ouratea spectabilis</i>	24	0,28	0,04	0,17	0,88	0,45	1,33	0,01	1,34
48	<i>Erythroxylum pelleterianum</i>	21	0,25	0,00	0,02	1,00	0,26	1,27	0,01	1,27
49	<i>Tocoyena formosa</i>	26	0,30	0,02	0,09	0,75	0,40	1,15	0,01	1,16
50	<i>Styrax camporum</i>	19	0,23	0,04	0,18	0,75	0,40	1,16	0,00	1,16
51	<i>Eriotheca gracilipes</i>	16	0,19	0,04	0,15	0,75	0,33	1,09	0,01	1,09
52	<i>Acosmium dasycarpum</i>	14	0,17	0,06	0,24	0,63	0,41	1,03	0,00	1,04
53	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	8	0,09	0,10	0,42	0,50	0,52	1,02	0,00	1,02
54	<i>Casearia sylvestris</i>	16	0,19	0,01	0,03	0,75	0,22	0,97	0,00	0,97
55	<i>Kielmeyera</i> sp. 1	13	0,15	0,00	0,01	0,75	0,17	0,92	0,00	0,92
56	<i>Qualea cordata</i>	3	0,04	0,00	0,00	0,88	0,04	0,92	0,00	0,92
57	<i>Psychotria tricoloba</i>	22	0,26	0,00	0,01	0,63	0,27	0,90	0,01	0,90
58	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	16	0,19	0,02	0,08	0,63	0,27	0,90	0,00	0,90
59	<i>Byrsonia intermedia</i>	19	0,23	0,01	0,04	0,63	0,27	0,89	0,00	0,90
60	<i>Connarus suberosus</i>	11	0,13	0,01	0,06	0,63	0,19	0,82	0,00	0,82
61	<i>Vochysia rufa</i>	10	0,11	0,04	0,18	0,50	0,29	0,79	0,01	0,80
62	<i>Duguetia furfuracea</i>	13	0,15	0,00	0,01	0,63	0,16	0,79	0,00	0,79
63	<i>Byrsonima verbacifolia</i>	16	0,19	0,05	0,21	0,38	0,40	0,78	0,00	0,78
64	Vochysiaceae sp. 1	1	0,02	0,16	0,63	0,13	0,65	0,78	0,00	0,78
65	<i>Tibouchina stenocarpa</i>	6	0,08	0,01	0,03	0,50	0,11	0,61	0,00	0,61
66	<i>Eugenia puniceifolia</i>	6	0,08	0,00	0,01	0,50	0,08	0,59	0,00	0,59
67	<i>Andira humilis</i>	6	0,08	0,00	0,00	0,50	0,08	0,58	0,00	0,58
68	<i>Miconia langsdorffii</i>	14	0,17	0,00	0,01	0,38	0,18	0,55	0,00	0,56

(cont.)

	Espécies	DA	DR	AbS	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	IVIA
69	Vochysiaceae sp. 3	13	0,15	0,00	0,01	0,38	0,16	0,54	0,00	0,54
70	<i>Licania humilis</i>	6	0,08	0,02	0,08	0,38	0,16	0,54	0,00	0,54
71	<i>Guapira opposita</i>	8	0,09	0,01	0,06	0,38	0,15	0,53	0,00	0,53
72	<i>Couepia grandiflora</i>	6	0,08	0,01	0,06	0,38	0,13	0,51	0,00	0,51
73	<i>Psychotria prunifolia</i>	10	0,11	0,00	0,01	0,38	0,12	0,50	0,00	0,50
74	<i>Guapira noxia</i>	6	0,08	0,04	0,15	0,25	0,22	0,47	0,01	0,48
75	<i>Byrsonia coccolobifolia</i>	6	0,08	0,00	0,01	0,38	0,09	0,46	0,00	0,46
76	<i>Senna rugosa</i>	11	0,13	0,05	0,19	0,13	0,32	0,45	0,00	0,45
77	<i>Psidium</i> sp. 3	5	0,06	0,01	0,02	0,38	0,08	0,46	0,00	0,46
78	<i>Maprounea guianensis</i>	10	0,11	0,01	0,05	0,25	0,16	0,41	0,00	0,41
79	<i>Metrodorea</i> sp. 1	13	0,15	0,00	0,00	0,25	0,16	0,41	0,00	0,41
80	<i>Myrcia tomentosa</i>	8	0,09	0,03	0,12	0,13	0,22	0,34	0,00	0,35
81	<i>Strychnos pseudoquina</i>	3	0,04	0,05	0,18	0,13	0,22	0,35	0,00	0,35
82	<i>Myrcia uberabensis</i>	1	0,02	0,02	0,07	0,25	0,09	0,34	0,00	0,34
83	<i>Aegiphila lhotzhyana</i>	5	0,06	0,00	0,01	0,25	0,06	0,32	0,00	0,32
84	<i>Paulicourea rigida</i>	5	0,06	0,00	0,01	0,25	0,06	0,31	0,00	0,31
85	<i>Psychotria</i> sp. 1	5	0,06	0,00	0,00	0,25	0,06	0,31	0,00	0,31
86	<i>Cybistax antisyphillitica</i>	3	0,04	0,00	0,01	0,25	0,05	0,30	0,00	0,30
87	<i>Leandra aurea</i>	3	0,04	0,00	0,01	0,25	0,04	0,30	0,00	0,30
88	<i>Macherium acutifolium</i>	3	0,04	0,00	0,01	0,25	0,04	0,30	0,00	0,30
89	<i>Didymopanax morototoni</i>	6	0,08	0,02	0,07	0,13	0,15	0,27	0,00	0,27
90	Indeterminada 4	1	0,02	0,02	0,08	0,13	0,10	0,22	0,00	0,22
91	<i>Dalbergia miscolobium</i>	3	0,04	0,01	0,05	0,13	0,09	0,21	0,00	0,21
92	Lauraceae sp. 1	5	0,06	0,00	0,02	0,13	0,08	0,20	0,00	0,20

(cont.)

	Espécies	DA	DR	AbS	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	IVIA
93	<i>Dimorphandra mollis</i>	1	0,02	0,01	0,05	0,13	0,07	0,20	0,00	0,20
94	<i>Kielmeyera variabilis</i>	3	0,04	0,01	0,02	0,13	0,06	0,19	0,00	0,19
95	<i>Tabebuia</i> sp. 2	3	0,04	0,00	0,02	0,13	0,06	0,18	0,00	0,18
96	<i>Annona crassiflora</i>	3	0,04	0,00	0,01	0,13	0,05	0,17	0,00	0,17
97	<i>Jacaranda caroba</i>	3	0,04	0,00	0,00	0,13	0,04	0,16	0,00	0,17
98	Indeterminada 1	3	0,04	0,00	0,00	0,13	0,04	0,16	0,00	0,16
99	<i>Eugenia</i> sp. 1	1	0,02	0,00	0,01	0,13	0,03	0,16	0,00	0,16
100	<i>Andira</i> sp. 1	1	0,02	0,00	0,01	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
101	Vochysiaceae sp. 2	1	0,02	0,00	0,01	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
102	<i>Diospyros hispida</i>	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
103	<i>Psidium</i> sp. 2	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
104	<i>Gochnatia pulchra</i>	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
105	<i>Myrcia rostrata</i>	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
106	Indeterminada 5	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
107	<i>Erythroxylum suberosum</i>	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
108	<i>Ficus</i> sp. 1	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
109	Indeterminada 3	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,15	0,00	0,15
110	<i>Eugenia aurata</i>	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,14	0,00	0,14
111	<i>Leandra lacunosa</i>	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,14	0,00	0,14
112	<i>Myrcia bella</i>	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,14	0,00	0,14
113	Bignoniaceae sp. 1	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,14	0,00	0,14
114	<i>Vernonia</i> sp. 1	1	0,02	0,00	0,00	0,13	0,02	0,14	0,00	0,14

CAPÍTULO 2

ESTUDO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE UM REMANESCENTE DE
CERRADÃO EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DO ESTADO DE
SÃO PAULO

**Estudo da regeneração natural de um remanescente de cerrado em uma Unidade de
Conservação do estado de São Paulo**

ERICO FERNANDO LOPES PEREIRA-SILVA^{1,2}, JOSÉ EDUARDO DOS SANTOS¹, PAULO
YOSHIO KAGEYAMA³, ELISA ALVES HARDT-VIEIRA⁴.

Título resumido - Estrutura fitossociológica do componente da regeneração natural em cerrado

¹ Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Caixa Postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil.

² Autor para correspondência: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Hidrobiologia, Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental, Caixa Postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil; e-mail: candeia@email.com

³ Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Reprodução e Genética de Espécies Arbóreas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil.

⁴ Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil.

RESUMO - (Estudo da regeneração natural de um remanescente de cerrado em uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo). Para a avaliação do estoque da regeneração natural de um remanescente de cerrado foi realizado o levantamento florístico e analisada a estrutura fitossociológica de 25 parcelas permanentes de 250 m². A vegetação foi estratificada em três classes: inferior ($h < 1,0$ m e $DAS > 1,0$ cm); média ($1,0 < h < 3,0$ m) e superior ($h > 3,0$ m e $DAS < 6,0$ cm). Foram amostrados 4.206 indivíduos, 114 espécies, 72 gêneros e 39 famílias. As espécies com maiores taxas de regeneração natural (RN) foram *Siparuna guianensis*, *Xylopia aromatica*, *Miconia albicans*, *Didymopanax vinosum* e *Myrcia lingua*. A densidade total foi 6.729,60 ind.ha⁻¹, na classe superior foi 700,80 ind.ha⁻¹, na média, 4.912,0 ind.ha⁻¹ e na inferior, 1.296,11 ind.ha⁻¹. Apesar da baixa densidade da classe inferior, a maioria das populações da comunidade de cerrado estudada não demonstra problemas de regeneração, em função do número de indivíduos regenerantes nos estratos superior e médio. A produção de serapilheira aliada à taxa de decomposição e às condições ambientais de estiagem e de temperatura podem estar inibindo a germinação e a rebrota dos indivíduos, resultando na baixa densidade de indivíduos da classe inferior. A análise da regeneração natural em cerrado demonstra ser essencial para a compreensão do estabelecimento, da sobrevivência e crescimento das espécies nessa fitofisionomia.

Key words - Natural regeneration, floristic composition, phytosociological structure, cerrado

Introdução

Durante muitos anos os cerrados foram considerados como áreas marginais para a expansão da fronteira agrícola e desconsiderados quanto à sua riqueza biológica (Durigan *et al.* 1997). Entretanto, com a necessidade de mais áreas de plantios, os cerrados passaram a ser ocupados, ocasionando a fragmentação e a perda irreversível da biodiversidade associada a esse bioma, principalmente no estado de São Paulo.

As condições edafoclimáticas e fisiográficas favoráveis aos plantios silviculturais aceleraram a exploração e a ocupação desordenadas das áreas de cerrado e acarretaram sérios problemas sociais, econômicos e ambientais (Oliveira *et al.* 1998). Com isso, a manutenção dos remanescentes dessa vegetação se tornou um desafio contra a exploração predatória. A maior parte da biodiversidade parece estar associada com pequenos fragmentos (Viana & Pinheiro 1998) e a conservação dessas áreas residuais é prioritária. Entretanto, a precariedade, a extensão e as pressões por outros tipos de uso (Cesar *et al.* 1988) têm conduzido as áreas de cerradão ao desaparecimento. Com isso, as perdas de diversidade de espécies e das funções ecológicas, representadas pela destruição das fitofisionomias do cerrado, têm levado à necessidade de estratégias de análise da regeneração natural dessas áreas.

São raros os estudos quantitativos a respeito dessa temática em áreas remanescentes de cerradão. Existem somente trabalhos quantitativos de regeneração natural em áreas de cerrado *Stricto sensu* (Barreira *et al.* 2002), estudos da regeneração do cerrado por brotação (Barros 1965, 1966), de regeneração em área experimental de silvicultura com essências nativas (Bertoni 1992) e do adensamento e da evolução da cobertura vegetal de cerradão em áreas protegidas (Durigan *et al.* 1987).

A regeneração natural do cerrado é predominantemente vegetativa, ocorrendo crescimento através de órgãos subterrâneos de resistência, como bulbos, raízes gemíferas, xilopódios, sóbeles, etc., dificilmente sendo encontrados indivíduos permanentes que seguramente sejam originários de sementes (Thibau 2000, Coutinho 2002). As plantas do cerrado que possuem esses tipos de

estruturas subterrâneas de resistência têm garantida sua rebrota e conseqüente proteção contra o fogo e a seca (Klink *et al.* 1995, Coutinho 2002). As sementes que perduram latentes no solo podem germinar no ambiente natural do cerrado secundariamente (Hoffmann 1996), mas devido a pressões diversas, como o fogo e a estiagem no inverno (Franco *et al.* 1996), as plântulas recém germinadas se implantam e se estabelecem no hábitat com dificuldade (Thibau 2000). Entretanto, o estabelecimento de plântulas não só é comum, como é viável, pois existem mecanismos adaptativos às condições do cerrado (Laboriau *et al.* 1964), como o rápido crescimento radicular para atingir camadas permanentemente úmidas do solo, o desenvolvimento de órgãos de reserva (Oliveira & Silva 1993) e a sincronização da germinação com o início da estação chuvosa (Basta & Basta 1984).

A sobrevivência dos indivíduos jovens assegura o estabelecimento de uma população (Rathcke & Lacey 1985) e pode ser influenciada pelas condições edafoclimáticas, fisiográficas, bióticas e por fatores de origem antrópica como a exploração madeireira que pode comprometer o processo de regeneração natural (Calegário 1998).

Embora estudos relacionados com a regeneração natural de cerradão sejam essenciais na compreensão da dinâmica dessa fitofisionomia fortemente ameaçada, ainda são escassos os trabalhos sobre essa temática. Nesse contexto, este trabalho analisou a composição florística e as estruturas fitossociológicas vertical e horizontal do estoque da regeneração natural de um remanescente de cerradão localizado em uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo.

Material e métodos

Para a elaboração deste trabalho foi selecionado um remanescente de cerradão com 1.735,55 ha, denominado Oitocentos Alqueires, localizado a Sudoeste da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), município de Luís Antônio, SP (figura 1). A área do Oitocentos Alqueires esteve incluída na Unidade de Produção Estação Experimental de Luís Antônio (EELA) de 1966 até 2002, quando então foi incorporada a EEJ como área de proteção integral.

As áreas de cerradão da EEJ sofreram intervenções exploratórias com abate seletivo de madeira de interesse comercial que resultaram na variação espacial da vegetação. Mesmo após 20 anos da interrupção da exploração madeireira, ainda podem ser verificadas alterações na composição florística e na estrutura fitossociológica das áreas de cerradão no âmbito da EEJ, decorrentes dos impactos deste tipo de manejo (Pereira-Silva *et al.* dados não publicados).

Com a finalidade de compreender a dinâmica da regeneração foram empregadas 25 parcelas permanentes de 250 m², dispostas em uma trilha de 2.700 m visitada periodicamente durante os anos de 2001 e 2002.

A diversidade florística e a equabilidade foram estimadas através do índice de diversidade de Shannon (H') (Ricklefs 1993) e do índice de equabilidade de Pielou (1975), respectivamente. O valor de H' varia em função do número de espécies e a equabilidade em função da distribuição de indivíduos entre as espécies (Pires O'Brien & O'Brien 1995).

Para levantamento da regeneração natural foram consideradas categorias de altura da vegetação com particularidades e critérios sugeridos por Finol (1971). Deste modo, a estratificação do componente da regeneração foi estabelecida em três classes: inferior ($h < 1,0$ m e $DAS > 1,0$ cm); média ($1,0 < h < 3,0$ m); e superior ($h > 3,0$ m e $DAS < 6,0$ cm). As classes de altura foram definidas em intervalos de 0,5 m com base na equação de Spiegel (1976).

Essa estratificação torna possível a análise do parâmetro fitossociológico da Classe Relativa de Tamanho da Regeneração Natural (CRTRN) que permitirá expressar a taxa de regeneração natural (RN) e o Índice de Valor de Importância Ampliado da Regeneração Natural (IVIARN) das espécies amostradas. Assim, foram estimados os seguintes parâmetros fitossociológicos da regeneração natural (Calegário 1998):

$$DA_i = N_i/ha;$$

$$DR_i = (DA_i/DA_t) \cdot 100;$$

$$FA_i = P_i/P_t;$$

$$FR_i = (FA_i/FA_t) \cdot 100;$$

$$AbS_i = CAS^2/4\pi;$$

$$DoA_i = AbS_i/ha;$$

$$DoR_i = (AbS_i/AbS_t) \cdot 100;$$

$$IVC_i = DR_i + DoR_i;$$

$$IVI_i = IVC_i + FR_i;$$

$$VF_i = n_{ie} / N_{te} \cdot 100;$$

$$CATRN_i = [VF (CT1) \cdot n_{ie} (CT1)] + [VF (CT2) \cdot n_{ie} (CT2)] + [VF (CT3) \cdot n_{ie} (CT3)];$$

$$CRTRN_i = (CATRN_i / CATRN_t) \cdot 100;$$

$$IVIARN_i = IVI_i + CRTRN_i;$$

$$RN_i = (DR_i + FR_i + CRTRN_i) / 3;$$

Onde:

DA_i = densidade absoluta para a i-ésima espécie;

N_t = número total de indivíduos amostrados;

DR_i = densidade relativa para a i-ésima espécie;

DA_t = soma das dos valores de densidade absoluta;

FA_i = frequência absoluta para a i-ésima espécie;

P_i = número total de unidades amostrais em que ocorreu a i-ésima espécie;

P_t = número total de unidades amostradas;

FR_i = frequência relativa para a i-ésima espécie;

FA_t = soma dos valores de frequência absoluta;

AbS_i = área basal da i-ésima espécie;

DoA_i = dominância absoluta da i-ésima espécie;

CAS = circunferência a altura do solo;

AbS_t = soma dos valores de área basal;

ha = hectare;

DoR_i = dominância relativa da i-ésima espécie;

IVC_i = índice de valor de cobertura da i -ésima espécie;

IVI_i = índice de valor de importância da i -ésima espécie;

VF_i = valor fitossociológico da i -ésima classe de tamanho da regeneração natural;

n_{ie} = número de indivíduos em cada classe de tamanho da i -ésima espécie;

N_{ie} = número total de indivíduos observados;

$CATR N_i$ = classe absoluta de tamanho da regeneração natural;

CT1, CT2 e CT3 = classes de tamanho da regeneração natural;

$CATR N_t$ = soma dos valores da classe absoluta de tamanho da regeneração natural;

$CRTR N_i$ = classe relativa de tamanho da regeneração natural;

$IVIARN_i$ = índice de valor de importância ampliado da regeneração natural;

RN_i = taxa de regeneração natural da i -ésima espécie;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ espécies.

Resultados e Discussão

Em um total de 0,625 ha, foram amostrados 4.206 indivíduos, 114 espécies, 72 gêneros e 39 famílias representativos do componente da regeneração natural do cerradão (tabela 1).

As famílias que predominaram em riqueza no levantamento florístico da área do Oitocentos Alqueires (vide capítulo 1) também predominaram no levantamento do componente da regeneração natural, destacando-se Leguminosae (17 espécies), Rubiaceae (12 espécies), Myrtaceae (11 espécies), Vochysiaceae (9 espécies) e Melastomataceae (7 espécies) (tabela 1).

A distribuição dos intervalos de classe de altura indicou que a classe média de tamanho é a mais densa, com maior ocorrência de indivíduos entre 1,5 e 2,0 m (figura 1). A estratificação das 114 espécies amostradas também mostrou uma densidade maior de plantas na classe média, além de indicar a coexistência de espécies nas três classes. A sobreposição das classes de tamanho possibilitou a elaboração de um perfil representativo do componente da regeneração natural do cerradão da área do Oitocentos Alqueires (figura 2).

A densidade total dos indivíduos em regeneração foi de 6.729,60 ind.ha⁻¹, com maior densidade na classe média (4.912,0 ind.ha⁻¹) e menor na classe superior (700,80 ind.ha⁻¹). Na classe inferior, foi verificada uma baixa densidade (1.296, 11 ind.ha⁻¹) em relação à classe média (teste t, $p < 0,05$). A maior concentração de indivíduos na classe média garante a manutenção das espécies no local em função do maior número de jovens em relação aos adultos (Mantovani 1993).

As diferentes classes de altura apresentaram áreas basais significativamente distintas (teste ANOVA, $p < 0,05$). As maiores áreas basais foram verificadas nas classes superior (5,41 m². ha⁻¹) e média (4,52 m². ha⁻¹) em função dos altos valores de DAS dos indivíduos de maior porte que compõem essas classes, enquanto que o menor valor de área basal ocorreu na classe inferior (0,36 m². ha⁻¹).

O estudo da produção anual de serapilheira da área do Oitocentos Alqueires (Cianciaruso 2003) indicou que a produtividade nessa comunidade de cerradão (5.647,98 kg.ha⁻¹) é muito semelhante à observada em florestas tropicais (Rebello *et al.* 1992, Leitão Filho 1993). O valor de contribuição foliar na produção total (4.081,35 kg.ha⁻¹. ano⁻¹ ou 72,26%) está dentro da média apresentada para os ecossistemas de todo o mundo (60-76%) (Bray & Gorham 1964).

As maiores produções de serapilheira ocorreram em meses representativos das estações secas na região (julho, agosto e setembro) e perfizeram 47% da produtividade total desta comunidade. Com base no valor da constante de decomposição ($K = 0,84$) foi estimado que o tempo para ciclagem total do material foliar é de um ano e nove meses (Cianciaruso 2003).

A camada de serapilheira bloqueia a luz e reduz as flutuações de temperatura sobre o solo, inibindo a germinação de sementes e dificultando a penetração da radícula das plântulas (Beatty & Sholes 1988). Além disso, os inibidores químicos produzidos pela decomposição influenciam negativamente no estabelecimento inicial das plantas recém germinadas (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1994), reduzindo o incremento de indivíduos jovens na comunidade. Outros fatores, como as estiagens no inverno (Franco *et al.* 1996) também dificultam o estabelecimento das plântulas (Thibau 2000). Provavelmente, a alta produtividade, aliada à estiagem, aos períodos de

temperaturas mais baixas e à decomposição podem estar dificultando o processo de regeneração natural da área de cerradão em estudo. Esta consideração pode ser evidenciada pelos valores relativamente baixos de densidade e a área basal do estrato inferior em relação ao estrato médio.

Estudo da regeneração natural, quando comparado com as análises que consideram indivíduos de maior porte e adultos, não têm considerado os parâmetros relativos à dominância pelo fato dos diâmetros não serem valores expressivos nesse nível de abordagem (Calegário 1998). Entretanto, para a análise das estruturas horizontal e vertical da regeneração natural foi estimado o parâmetro de dominância relativa (DoR) que permitiu a estimativa do IVI e do IVIARN.

A análise da regeneração natural permitiu expressar a importância que cada espécie possui no estoque da comunidade do cerradão, considerando a densidade, a frequência e a classe de tamanho das espécies. Das 114 espécies, as mais representativas da comunidade em termos de taxa de regeneração natural (RN) foram *Siparuna guianensis*, *Xylopia aromatica*, *Myrcia lingua*, *Casearia arborea*, *Miconia albicans* e *Didymopanax vinosum*. Essas seis espécies perfizeram 58,92% do IVIARN total e apresentaram os maiores valores de DoR (36,72%), DR (50,76%) e FR (21,79%) (tabela 2).

A família Leguminosae apresentou uma taxa de RN de 10,36%, sendo que as espécies *Diptychandra aurantiaca* e *Copaifera langsdorffii* representaram 50% desse valor. Monimiaceae, representada apenas por *S. guianensis*, apresentou a maior taxa de RN (16,44%), está bem representada na classe média e é dominante na classe superior da regeneração natural (tabela 2). Essa espécie também apresentou as maiores taxas de RN em área de floresta semidecídua secundária residual com vários estádios sucessionais na região de Viçosa, MG (Volpato 1994), marcando presença em outras áreas de cerrado *L. s.* (Cesar *et al.* 1988, Fina 1999) e áreas de floresta semidecídua no estado de São Paulo (Bernacci & Leitão-Filho 1996, Araújo *et al.* 1997).

Algumas espécies como *Acosmium dasycarpum* e *Dimorphandra mollis* não apresentaram indivíduos na fase jovem e conseqüentemente tiveram uma taxa de RN tendendo ao zero. Espécies de importante interesse econômico como *Hymenaea stigonocarpa* e *Caryocar brasiliense*

apresentaram poucos indivíduos jovens, representados pela baixa DA (6,4 ind.ha⁻¹ e 3,2 ind.ha⁻¹, respectivamente) (tabela 2). Essas quatro espécies podem estar defasadas na área de estudo em função das intervenções exploratória de abate seletivo que a área sofreu no passado (E.F.L., Pereira-Silva *et al.*, dados não publicados), embora espécies como *H. stigonocarpa* apresentem, como padrão, poucos indivíduos regenerantes não possuindo curva do tipo J invertido (P.Y. Kageyama, dados não publicados).

Espécies como *M. albicans*, *D. vinosum*, *Coussarea hydrangeaeifolia*, *Alibertia macrophyla*, *Campomanesia pubescens*, *Strychnos bicolor*, *Bauhinia holophylla* e *Erythroxylum pelleterianum* são importantes no estoque da regeneração natural. A comparação do IVIARN dessas espécies com os valores de IVIA dos indivíduos presentes nas classes superiores como *Pterodon pubescens*, *C. langsdorffii* e *Ocotea corymbosa* (E.F.L., Pereira-Silva *et al.*, dados não publicados), revela que as espécies ocorrentes no componente da regeneração natural são representadas por indivíduos de pequeno porte, mesmo na fase adulta. Nessas condições, muitas outras espécies apresentam este padrão de tamanho no componente da regeneração natural na área do Oitocentos Alqueires por serem resultantes de crescimento vegetativo por xilopódios ou por rebrota de cepas e outras estruturas adaptadas.

O índice de diversidade (3,37 nat. ind⁻¹) e o de equabilidade (0,4) indicam uma distribuição desigual de indivíduos por espécies e uma alta dominância de espécies das classes superior e média da regeneração, como observado para *X. aromatica*, *M. lingua*, *S. guianensis* e *D. aurantiaca*. Para o estrato arbóreo adulto da área do Oitocentos Alqueires, estes valores indicaram a dominância de outras espécies como *P. pubescens*, *O. corymbosa* e *Tapirira guianensis* (E.F.L., Pereira-Silva *et al.*, dados não publicados). Deste modo, esses resultados demonstram que o estrato arbóreo adulto e as classes de tamanho da regeneração são dominados por diferentes espécies, que pôde ser comprovado pelos maiores valores de IVIA (E.F.L., Pereira-Silva *et al.*, dados não publicados) e de IVIARN que revelaram a importância das espécies nas estruturas vertical e horizontal do cerrado (tabela 2).

A maioria das populações da comunidade de cerradão da área do Oitocentos Alqueires, aparentemente, não demonstra problemas de regeneração. Esse aspecto fica evidenciado pelo maior número de indivíduos regenerantes ocorrentes nas classes média e superior. Entretanto, a serapilheira e as condições climáticas de estiagem e de baixas temperaturas podem estar inibindo a germinação e o estabelecimento de plantas jovens e, provavelmente influenciando na rebrota dos indivíduos. Assim, a análise da regeneração natural em cerradão demonstrou ser essencial na compreensão da dinâmica florestal e no estabelecimento da sobrevivência e crescimento da fitofisionomia do cerradão.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor, ao engenheiro agrônomo Carlos Scatena Zanato, pesquisador do Instituto Florestal e administrador das Estações Ecológica de Jataí e Experimental de Luís Antônio, pela colaboração e apoio na elaboração das atividades de pesquisa deste trabalho e ao COTEC do Instituto Florestal pela autorização desta pesquisa junto à Estação Ecológica de Jataí.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, G.M., GUIMARÃES, A.J.M. & NAKAJIMA, J.N. 1997. Fitossociologia de um remanescente de mata mesófila semidecídua urbana, Bosque John Kennedy, Araguari, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 1:67-77.
- BARREIRA, S., SCOLFORO, J.R.S., BOTELHO, S.A. & MELLO, J.M. 2002. Estudo da estrutura da regeneração natural e da vegetação adulta em um cerrado *senso stricto* para fins de manejo florestal. *Scientia Forestalis* 61:64-78.
- BARROS, D.P. 1965, 1966. Regeneração de espécies florestais em São Simão através da talhadia. *Silvicultura* 4/5:171-179.
- BASTA, S.B.D. & BASTA, F. 1984. Estudos morfológicos das sementes e do desenvolvimento de plântulas de *Keilmeyera coriacea* Mart. *Brasil Florestal* 58:25-30.
- BERNACCI, L.C. & LEITÃO FILHO, H.F. 1996. Flora fanerogâmica da floresta da Fazenda São Vicente, Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 2:149-164.
- BERTONI, J.E.A. 1992. Reflorestamento com essências nativas e a regeneração natural do cerrado. *Revista do Instituto Florestal* 3:706-709.
- BEATTY, S.W. & SHOLES, O.D.V. 1988. Leaf litter effect on plant species composition of deciduous forest tree fall pits. *Canadian Journal of Forest Research* 18:553-559.
- BRAY, J.R. & GORHAM, E. 1964. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research* 2:101-157.
- CALEGÁRIO, N. 1998. Estudo da regeneração natural visando a recuperação de áreas degradadas e o manejo florestal. *In* Manejo florestal (J.R.S. Scolforo, ed.). UFLA/FAEPE, Lavras, p.301-314.
- CESAR, O., PAGANO, S.N., LEITÃO FILHO, H.F, MONTEIRO, R., SILVA, O.A., MARINIS, G. & SHEPHERD, G.J. 1988. Estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de uma área de vegetação de cerrado no município de Corumbataí (Estado de São Paulo). *Naturalia* 13:91-101.

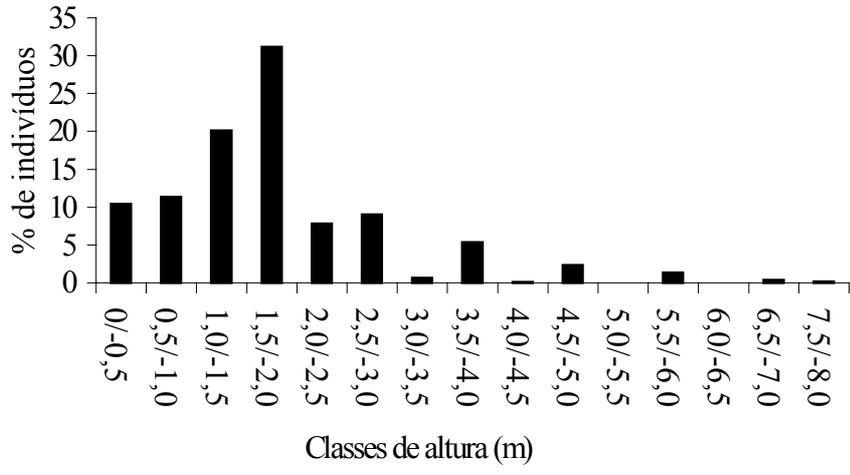
- CIANCIARUSO, M.V. 2003. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em cerrado na Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio, SP. Monografia. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- COUTINHO, L. M. 2002. O bioma cerrado. *In* Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois (A.L. Klein, ed.). Editora da UNESP, São Paulo, p.77-91.
- DURIGAN, G., SARAIVA, I.R., GURGEL GARRIDO, L.M.A., GARRIDO, M.A.O. & PECHE FILHO, A. 1987. Fitosociologia e evolução da densidade da vegetação do cerrado, Assis, SP. Boletim Técnico do Instituto Florestal 41:59-78.
- DURIGAN, G., FRANCO, G.A.D.C., PASTORE, J.A. & AGUIAR, O.T. 1997. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. Revista do Instituto Florestal 9:71-85.
- FINA, B.G. 1999. Florística e fitossociologia em uma área de cerrado, Município de Pirassununga, SP. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- FINOL, H.U. 1971. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas virgenes tropicales. Revista Forestal Venezolana 14:29-42.
- FRANCO, A.C., NARDOTO, G.B. & SOUZA, M.P. 1996. Estabelecimento e crescimento da *Dalbergia miscolobium* Benth. em áreas de campo sujo e cerrado no DF. *In* Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga (H.S. Miranda, S.H. Saito & B.F.S. Dias, coords.). UnB/ECL, Brasília, p.53-60.
- HOFFMANN, W.A. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savana. *Journal of Ecology* 84:383-393.
- KLINK, C.A., MACEDO, R.H. & MUELLER, C.C. 1995. De grão em grão o cerrado perde espaço. Cerrado: Impactos do processo de ocupação. *In* Documento para discussão (E.S. Martins & C.J.R. Alho, eds.). WWF & PRÓCER, Brasília.
- LABORIAU, L.G., VÁLIO, I.F.M. & HERINGER, E.P. 1964. Sobre o sistema reprodutivo de plantas do cerrado. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 36:449-464.

- LEITÃO FILHO, H.F. 1993. Ecologia da mata atlântica em Cubatão. Editora UNICAMP/UNESP, São Paulo.
- MANTOVANI, W. 1993. Estrutura e dinâmica da floresta atlântica na Juréia, Iguape-SP. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- OLIVEIRA, P.E. & SILVA, J.C.S. 1993. Reproductive biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in cerrados of central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 9:67-79.
- OLIVEIRA, A.D., LEITE, A.N., BOTELHO, S.A., SCOLFORO, J.R.S. 1998. Avaliação econômica da vegetação de cerrado submetida a diferentes regimes de manejo e de povoamentos de eucalipto plantado em monocultivo. *Revista Cerne* 4:34-56.
- PEREIRA-SILVA, E.F.L., HARDT-VIEIRA, E.A., SANTOS, J. E. (dados não publicados). Florística e fitossociologia da vegetação arbórea de cerradão de uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo.
- PIELOU, E.C. 1975. The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination. Wiley-Interscience, New York.
- PIRES-O'BRIEN, M.J. & O'BRIEN, C.M. 1995. Ecologia e modelamento de florestas tropicais. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Serviço de informação e documentação, Belém.
- RATHCKE, B. & LACEY, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematic* 16:179-214.
- REBELLO, C.F., MORAES, R.M., VARJABEDIAM, R., STRUFFALDI DE VUONO, Y. & DELLITI, W. 1992. Ciclagem de nutrientes na floresta pluvial tropical da serra do mar do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP – Dados preliminares. *Revista do Instituto Florestal* 4:493-494.
- RICKLEFS, R.E. 1993. Economia da Natureza. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- SPIEGEL, M.P. 1976. Estatística. Editora McGraw-Hill, São Paulo.
- THIBAU, E.C. 2000. Produção sustentada em florestas: conceitos, tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações. *Compêndio*, Belo Horizonte.

- VÁZQUEZ-YANES, C. & OROZCO-SEGOVIA, A. 1994. Signals for seeds to sense and respond gaps. *In* Exploitation of environmental heterogeneity by plants. Academic Press, New York, p.209-236.
- VIANA, V.M. & PINHEIRO, L.A.F.V. 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. Série Técnica IPEF 32:25-42.
- VOLPATO, M.M.L. 1994. Regeneração natural em uma floresta secundária no domínio de mata atlântica: uma análise fitossociológica. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Figura 1. Distribuição da frequência dos indivíduos (%) por classe de altura (m) do componente da regeneração natural da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP.

Figura 2. Perfil estratificado do componente da regeneração natural da área de cerradão do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP.



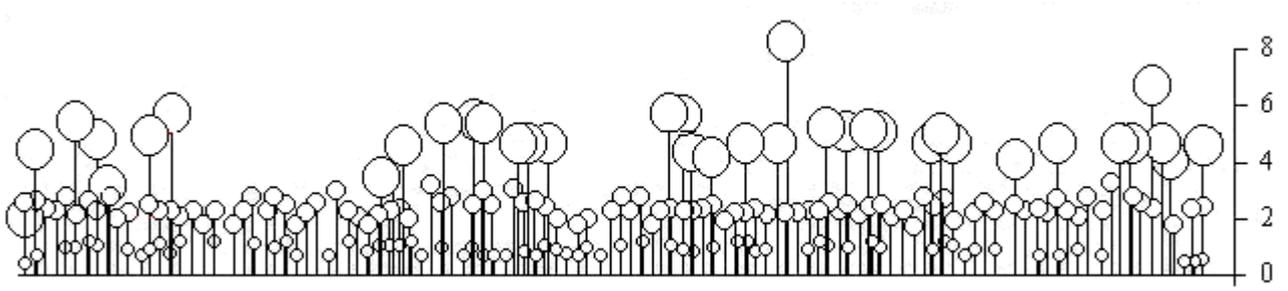


Tabela 1. Famílias, gêneros e espécies de Magnoliophyta arbustivas e arbóreas do componente da regeneração natural amostrados na área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP.

Famílias	Espécies
ANACARDIACEAE	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.
ANNONACEAE	<i>Annona coriacea</i> Mart. <i>Annona crassiflora</i> Mart. <i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hil.) Benth. & Hook.f. <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. <i>Hancornia speciosa</i> Gomes
ARALIACEAE	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch. <i>Didymopanax vinosum</i> (Cham. & Schltld.) Marchal
ARACEAE	<i>Gochnatia pulchra</i> (Spreng.) Canbrera <i>Vernonia</i> sp. 1
ARECACEAE	<i>Syagrus petraea</i> (Mart.) Becc.
BIGNONIACEAE	Bignoniaceae sp. 1 <i>Cybistax antisyphillitica</i> (Mart.) Mart. <i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC. <i>Tabebuia</i> sp. 2
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A.Robyns
CARYOCARACEAE	<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.
CHRYSOBALANACEAE	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook.f. <i>Licania humilis</i> Cham. & Schltld.
COMBRETACEAE	<i>Terminalia brasiliensis</i> (Cambess.) Eichler
CONNARACEAE	<i>Connarus suberosus</i> Planch.

(cont.)

Famílias	Espécies
EBENACEAE	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A. St.-Hil. <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.
EUPHORBIACEAE	<i>Maprounea guianensis</i> Aublet <i>Pera glabrata</i> (Schott) Müll. Arg.
FLACOURTIACEAE	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb. <i>Casearia sylvestris</i> Sw.
LAURACEAE	Lauraceae sp.1 <i>Ocotea corymbosa</i> (Meissn.) Mez <i>Ocotea pulchella</i> (Ness.) Mez
LEGUMINOSAE	<i>Bauhinia holophylla</i> (Bong.) Steud.
CAESALPINIOIDEAE	<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf. <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. <i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne <i>Macherium acutifolium</i> Vogel <i>Senna rugosa</i> (G. Don) H. S. Irwin & Barneby
LEGUMINOSAE	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev
FABOIDEAE	<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth. <i>Andira</i> sp. 1 <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.

(cont.)

Famílias	Espécies
	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke
LEGUMINOSAE	<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.
MIMOSOIDEAE	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.
	<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.
LOGANIACEAE	<i>Strychnos bicolor</i> Progel
	<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.
MALPHIGHIACEAE	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> (L.) H.B.K.
	<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.
	<i>Byrsonima verbacifolia</i> (L.) Rich
MELASTOMATACEAE	<i>Leandra aurea</i> (Cham.) Cogn.
	<i>Leandra lacunosa</i> Cogn.
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana
	<i>Miconia langsдорffii</i> Cogn.
	<i>Miconia ligustroide</i> (DC.) Naud.
	<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.
	<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn.
MIRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i> Aubl.
MONIMIACEAE	<i>Siparuna guianensis</i> Aublet
MORACEAE	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul
	<i>Ficus</i> sp. 1
MYRSINACEAE	<i>Rapanea guianensis</i> Aublet
MYRTACEAE	<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O. Berg
	<i>Eugenia aurata</i> O. Berg

(cont.)

Famílias	Espécies
	<i>Eugenia puniceifolia</i> (H. B. K.) DC.
	<i>Eugenia</i> sp. 1
	<i>Myrcia rostrata</i> DC.
	<i>Myrcia bella</i> Cambess.
	<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg.) Matos
	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.
	<i>Myrcia uberabensis</i> O. Berg.
	<i>Psidium</i> sp. 2
	<i>Psidium</i> sp. 3
NYCTAGINACEAE	<i>Guapira noxia</i> (Neto) Lundell
	<i>Guapira opposita</i> Vell. Reitz
OCHNACEAE	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.
PROTEACEAE	<i>Roupala montana</i> Aubl.
RUBIACEAE	<i>Alibertia macrophyla</i> Schum
	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.
	<i>Coussarea hydrangeaefolia</i> Benth. & Hook.
	<i>Paulicourea rigida</i> H.B.K.
	<i>Psychotria capitata</i> Ruiz & Pav.
	<i>Psychotria hoffmanseggiana</i> (Willd ex. Roem & Schult) M. Arg.
	<i>Psychotria prunifolia</i> (HBK) Steyerm.
	<i>Psychotria</i> sp. 1
	<i>Psychotria tricoloba</i> M. Arg.
	<i>Rudgea viburnoides</i> Benth.
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K. Schum.

(cont.)

Famílias	Espécies
RUTACEAE	<i>Metrodorea</i> sp. 1
SAPOTACEAE	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. <i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk. Sapotaceae sp. 1
STYRACACEAE	<i>Styrax camporum</i> Pohl
THEACEAE	<i>Kilmeyera variabilis</i> Mart. <i>Kilmeyera</i> sp. 1
VERBENACEAE	<i>Aegiphila lhotzhyana</i> Cham.
VOCHYSIACEAE	<i>Qualea cordata</i> Spreng. <i>Qualea grandiflora</i> Mart. <i>Qualea jundiahy</i> Warm. <i>Qualea parviflora</i> Mart. <i>Vochysia rufa</i> Mart. <i>Vochysia tucanorum</i> Mart. Vochysiaceae sp. 1 Vochysiaceae sp. 2 Vochysiaceae sp. 3
MORFOESPÉCIES	Indeterminada 1 Indeterminada 2 Indeterminada 3 Indeterminada 4 Indeterminada 5

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos das estruturas horizontal e vertical estimados para o componente da regeneração natural das espécies amostradas na área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP, em ordem decrescente de Índice de Valor de Importância Ampliado da Regeneração Natural (IVIARN), em que DA = Densidade Absoluta (ind.ha^{-1}), DR = Densidade Relativa (%), DoR = Dominância Relativa (%), FR = Frequência Relativa (%), IVC = Índice de Valor de Cobertura, IVI = Índice de Valor de Importância, RN = Índice de Regeneração Natural e PSoR = Posição Sociológica Relativa (%).

	Espécies	DA	DR	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	RN	IVIARN
1	<i>Siparuna guianensis</i>	960	14,27	6,23	3,71	20,50	24,21	31,33	16,44	55,54
2	<i>Xylopia aromatica</i>	861	12,79	10,64	3,86	23,43	27,29	19,98	12,21	47,27
3	<i>Miconia albicans</i>	582	8,65	3,80	3,86	12,46	16,32	17,44	9,98	33,76
4	<i>Didymopanax vinosum</i>	440	6,54	2,84	3,71	9,38	13,09	6,11	5,45	19,20
5	<i>Myrcia lingua</i>	354	5,25	11,05	3,71	16,31	20,02	2,71	3,89	22,72
6	<i>Casearia arborea</i>	219	3,26	2,16	2,94	5,42	8,35	3,85	3,35	12,20
7	<i>Tapirira guianensis</i>	16	0,24	16,95	1,08	17,19	18,27	0,01	0,44	18,28
8	<i>Diptychandra aurantiaca</i>	232	3,45	5,95	3,25	9,40	12,64	1,29	2,66	13,93
9	<i>Psychotria hoffmanseggiana</i>	125	1,85	0,74	0,62	2,60	3,22	4,17	2,21	7,38
10	<i>Ocotea corymbosa</i>	192	2,85	1,88	3,09	4,74	7,83	1,55	2,50	9,37
11	<i>Copaifera langsdorffii</i>	189	2,81	1,43	3,25	4,23	7,48	1,59	2,55	9,07
12	<i>Coussarea hydrangeaefolia</i>	235	3,50	1,99	1,85	5,48	7,34	1,46	2,27	8,79
13	<i>Roupala montana</i>	163	2,43	1,90	3,25	4,32	7,57	1,08	2,25	8,65
14	<i>Miconia rubiginosa</i>	203	3,02	1,38	3,40	4,40	7,80	0,85	2,42	8,65
15	<i>Rudgea viburnoides</i>	165	2,45	2,64	2,78	5,09	7,87	0,80	2,01	8,67
16	<i>Alibertia macrophyla</i>	165	2,45	2,53	2,47	4,98	7,45	0,76	1,89	8,21
17	<i>Virola sebifera</i>	168	2,50	1,28	2,01	3,77	5,78	0,95	1,82	6,73
18	<i>Psychotria capitata</i>	90	1,33	0,42	0,62	1,75	2,37	1,73	1,23	4,10

(cont.)

	Espécies	DA	DR	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	RN	IVIARN
19	<i>Pouteria torta</i>	93	1,38	1,89	2,01	3,27	5,28	0,39	1,26	5,67
20	<i>Vatairea macrocarpa</i>	75	1,12	2,63	1,85	3,75	5,60	0,20	1,06	5,80
21	<i>Pterodon pubescens</i>	61	0,90	2,19	2,47	3,09	5,57	0,15	1,18	5,72
22	<i>Campomanesia pubescens</i>	72	1,07	0,25	2,01	1,32	3,33	0,18	1,09	3,51
23	<i>Rapanea guianensis</i>	70	1,05	0,41	1,08	1,46	2,54	0,25	0,79	2,79
24	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	45	0,67	0,72	1,55	1,38	2,93	0,08	0,77	3,01
25	<i>Annona coriacea</i>	58	0,86	0,40	1,39	1,25	2,65	0,13	0,79	2,78
26	<i>Syagrus petraea</i>	59	0,88	0,94	0,46	1,82	2,28	0,18	0,51	2,46
27	<i>Anadenanthera falcata</i>	34	0,50	0,77	1,39	1,27	2,66	0,03	0,64	2,69
28	Sapotaceae sp. 1	19	0,29	0,08	2,01	0,36	2,37	0,08	0,79	2,45
29	<i>Kielmeyera</i> sp. 1	72	1,07	0,65	0,46	1,72	2,18	0,11	0,55	2,30
30	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	6	0,10	1,85	0,31	1,94	2,25	0,00	0,14	2,25
31	<i>Psidium</i> sp. 3	2	0,02	2,03	0,15	2,05	2,21	0,00	0,06	2,21
32	<i>Ouratea spectabilis</i>	21	0,31	0,60	1,24	0,91	2,14	0,01	0,52	2,15
33	<i>Tocoyena formosa</i>	22	0,33	0,29	1,39	0,62	2,01	0,01	0,58	2,03
34	<i>Qualea parviflora</i>	19	0,29	0,37	1,24	0,66	1,89	0,01	0,51	1,90
35	<i>Vochysia tucanorum</i>	29	0,43	0,31	0,93	0,73	1,66	0,03	0,46	1,69
36	<i>Strychnos bicolor</i>	37	0,55	0,10	0,93	0,64	1,57	0,03	0,50	1,60
37	<i>Qualea grandiflora</i>	11	0,17	0,83	0,62	0,99	1,61	0,00	0,26	1,62
38	<i>Erythroxylum pelleterianum</i>	21	0,31	0,07	1,08	0,38	1,46	0,01	0,47	1,47
39	<i>Bauhinia holophylla</i>	18	0,26	0,10	1,08	0,36	1,44	0,01	0,45	1,45
40	<i>Pouteria ramiflora</i>	13	0,19	0,30	0,93	0,49	1,42	0,00	0,37	1,42
41	<i>Stryphnodendron obovatum</i>	21	0,31	0,14	0,93	0,45	1,38	0,01	0,42	1,39
42	<i>Styrax camporum</i>	16	0,24	0,32	0,77	0,55	1,33	0,01	0,34	1,34

(cont.)

	Espécies	DA	DR	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	RN	IVIARN
43	<i>Bowdichia virgilioides</i>	13	0,19	0,22	0,93	0,41	1,34	0,01	0,37	1,34
44	<i>Amaioua guianensis</i>	21	0,31	0,24	0,62	0,55	1,17	0,05	0,32	1,21
45	<i>Miconia ligustroide</i>	24	0,36	0,13	0,77	0,49	1,26	0,02	0,38	1,27
46	<i>Casearia sylvestris</i>	16	0,24	0,12	0,93	0,36	1,29	0,01	0,39	1,29
47	<i>Byrsonia intermedia</i>	19	0,29	0,17	0,77	0,46	1,23	0,01	0,36	1,24
48	<i>Ocotea pulchella</i>	18	0,26	0,22	0,62	0,49	1,10	0,01	0,30	1,12
49	<i>Acosmium dasycarpum</i>	11	0,17	0,28	0,62	0,45	1,07	0,01	0,27	1,08
50	<i>Byrsonima verbacifolia</i>	10	0,14	0,29	0,62	0,43	1,05	0,00	0,25	1,05
51	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	13	0,19	0,21	0,62	0,40	1,02	0,00	0,27	1,02
52	<i>Connarus suberosus</i>	11	0,17	0,26	0,46	0,42	0,89	0,00	0,21	0,89
53	<i>Licania humilis</i>	5	0,07	0,33	0,46	0,40	0,86	0,00	0,18	0,86
54	<i>Eriotheca gracilipes</i>	13	0,19	0,15	0,46	0,34	0,80	0,01	0,22	0,82
55	<i>Psychotria tricoloba</i>	22	0,33	0,05	0,15	0,38	0,54	0,10	0,19	0,63
56	<i>Platymenia reticulata</i>	13	0,19	0,12	0,46	0,31	0,78	0,01	0,22	0,79
57	<i>Strychnos pseudoquina</i>	2	0,02	0,62	0,15	0,64	0,80	0,00	0,06	0,80
58	<i>Aegiphila lhotzhyana</i>	21	0,31	0,28	0,15	0,59	0,75	0,01	0,16	0,76
59	<i>Couepia grandiflora</i>	6	0,10	0,21	0,46	0,31	0,77	0,00	0,19	0,77
60	<i>Duguetia furfuracea</i>	13	0,19	0,05	0,46	0,24	0,70	0,02	0,22	0,72
61	<i>Qualea jundiahy</i>	6	0,10	0,17	0,46	0,27	0,73	0,00	0,19	0,73
62	<i>Vochysia rufa</i>	5	0,07	0,16	0,46	0,23	0,69	0,00	0,18	0,69
63	<i>Senna rugosa</i>	8	0,12	0,07	0,46	0,19	0,66	0,00	0,19	0,66
64	<i>Metrodorea</i> sp. 1	13	0,19	0,07	0,31	0,26	0,57	0,03	0,18	0,59
65	<i>Byrsonia coccolobifolia</i>	6	0,10	0,05	0,46	0,14	0,61	0,00	0,19	0,61
66	<i>Eugenia puniceifolia</i>	6	0,10	0,04	0,46	0,13	0,60	0,00	0,19	0,60

(cont.)

	Espécies	DA	DR	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	RN	IVIARN
67	<i>Maprounea guianensis</i>	6	0,10	0,03	0,46	0,13	0,59	0,00	0,19	0,59
68	<i>Terminalia brasiliensis</i>	14	0,21	0,06	0,31	0,27	0,58	0,00	0,18	0,58
69	<i>Caryocar brasiliense</i>	3	0,05	0,22	0,31	0,27	0,58	0,00	0,12	0,58
70	<i>Miconia langsdorffii</i>	14	0,21	0,03	0,31	0,24	0,55	0,01	0,18	0,56
71	<i>Psychotria prunifolia</i>	10	0,14	0,03	0,31	0,17	0,48	0,03	0,16	0,51
72	<i>Hancornia speciosa</i>	6	0,10	0,14	0,31	0,24	0,55	0,00	0,14	0,55
73	<i>Pera glabrata</i>	8	0,12	0,06	0,31	0,18	0,49	0,00	0,14	0,49
74	Vochysiaceae sp. 3	13	0,19	0,03	0,15	0,22	0,37	0,04	0,13	0,41
75	<i>Guapira opposita</i>	5	0,07	0,04	0,31	0,11	0,42	0,00	0,13	0,42
76	<i>Myrcia tomentosa</i>	3	0,05	0,06	0,31	0,11	0,42	0,00	0,12	0,42
77	<i>Didymopanax morototoni</i>	5	0,07	0,03	0,31	0,10	0,41	0,00	0,13	0,41
78	<i>Annona crassiflora</i>	3	0,05	0,04	0,31	0,09	0,40	0,00	0,12	0,40
79	<i>Leandra aurea</i>	3	0,05	0,03	0,31	0,08	0,39	0,00	0,12	0,39
80	Lauraceae sp. 1	3	0,05	0,01	0,31	0,06	0,37	0,00	0,12	0,37
81	<i>Qualea cordata</i>	3	0,05	0,01	0,31	0,05	0,36	0,00	0,12	0,36
82	Indeterminada 4	13	0,19	0,00	0,15	0,19	0,34	0,00	0,12	0,35
83	Indeterminada 2	2	0,02	0,02	0,31	0,04	0,35	0,00	0,11	0,35
84	<i>Andira humilis</i>	8	0,12	0,01	0,15	0,13	0,28	0,01	0,10	0,29
85	<i>Jacaranda caroba</i>	3	0,05	0,10	0,15	0,15	0,30	0,00	0,07	0,30
86	<i>Dalbergia miscolobium</i>	6	0,10	0,02	0,15	0,12	0,27	0,01	0,09	0,28
87	<i>Guapira noxia</i>	2	0,02	0,08	0,15	0,11	0,26	0,00	0,06	0,26
88	<i>Psychotria</i> sp. 1	5	0,07	0,01	0,15	0,08	0,24	0,01	0,08	0,25
89	<i>Tibouchina stenocarpa</i>	5	0,07	0,02	0,15	0,10	0,25	0,00	0,08	0,25
90	<i>Paulicourea rigida</i>	5	0,07	0,00	0,15	0,08	0,23	0,01	0,08	0,24

(cont.)

	Espécies	DA	DR	DoR	FR	IVC	IVI	PSoR	RN	IVIARN
91	<i>Kielmeyera variabilis</i>	2	0,02	0,06	0,15	0,08	0,24	0,00	0,06	0,24
92	<i>Macherium acutifolium</i>	3	0,05	0,03	0,15	0,07	0,23	0,00	0,07	0,23
93	<i>Gochnatia pulchra</i>	2	0,02	0,05	0,15	0,07	0,22	0,00	0,06	0,22
94	<i>Myrcia rostrata</i>	2	0,02	0,04	0,15	0,07	0,22	0,00	0,06	0,22
95	Indeterminada 1	3	0,05	0,01	0,15	0,06	0,22	0,00	0,07	0,22
96	Vochysiaceae sp. 2	2	0,02	0,02	0,15	0,05	0,20	0,00	0,06	0,20
97	Indeterminada 3	1	0,00	0,05	0,15	0,05	0,20	0,00	0,05	0,20
98	<i>Tabebuia</i> sp. 2	2	0,02	0,02	0,15	0,04	0,20	0,00	0,06	0,20
99	<i>Psidium</i> sp. 2	2	0,02	0,02	0,15	0,04	0,20	0,00	0,06	0,20
100	<i>Cybistax antisyphilitica</i>	2	0,02	0,01	0,15	0,04	0,19	0,00	0,06	0,19
101	<i>Diospyros hispida</i>	2	0,02	0,01	0,15	0,03	0,19	0,00	0,06	0,19
102	<i>Leandra lacunosa</i>	2	0,02	0,01	0,15	0,03	0,19	0,00	0,06	0,19
103	<i>Erythroxylum suberosum</i>	2	0,02	0,01	0,15	0,03	0,18	0,00	0,06	0,18
104	<i>Ficus</i> sp. 1	2	0,02	0,00	0,15	0,03	0,18	0,00	0,06	0,18
105	<i>Myrcia bella</i>	2	0,02	0,00	0,15	0,03	0,18	0,00	0,06	0,18
106	<i>Myrcia uberabensis</i>	2	0,02	0,00	0,15	0,03	0,18	0,00	0,06	0,18
107	<i>Andira</i> sp. 1	2	0,02	0,00	0,15	0,03	0,18	0,00	0,06	0,18
108	<i>Eugenia aurata</i>	2	0,02	0,00	0,15	0,03	0,18	0,00	0,06	0,18
109	Bignoniaceae sp. 1	2	0,02	0,00	0,15	0,03	0,18	0,00	0,06	0,18
110	Indeterminada 5	2	0,02	0,00	0,15	0,03	0,18	0,00	0,06	0,18
111	<i>Vernonia</i> sp. 1	2	0,02	0,00	0,15	0,03	0,18	0,00	0,06	0,18
112	<i>Eugenia</i> sp. 1	1	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,05	0,15
113	Vochysiaceae sp. 1	1	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,05	0,15
114	<i>Dimorphandra mollis</i>	1	0,00	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00	0,05	0,15

CAPÍTULO 3

ATIVIDADE DE NITRATO REDUTASE E CONTEÚDO DE NITROGÊNIO
EM FOLHAS DE ESPÉCIES LENHOSAS DE UM CERRADÃO, LUÍS
ANTÔNIO, SP

Atividade de nitrato redutase e conteúdo de nitrogênio em folhas de espécies lenhosas de um cerrado, Luís Antônio, SP.

ERICO FERNANDO LOPES PEREIRA-SILVA^{1,2}, JOSÉ EDUARDO DOS SANTOS¹, ELISA ALVES HARDT-VIEIRA³ e MARCOS PEREIRA MARINHO AIDAR⁴

Título resumido – Atividade de nitrato redutase e conteúdo de nitrogênio foliares

¹Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Caixa Postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil.

²Autor para correspondência: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Hidrobiologia, Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental, Caixa Postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil; e-mail: candeia@email.com

³Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil.

⁴Instituto de Botânica, Seção de Fisiologia e Bioquímica de Plantas, 01061-970 São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO – (Atividade de nitrato redutase e conteúdo de nitrogênio em folhas de espécies lenhosas de um cerradão, Luís Antônio, SP). Baseado na fitossociologia e na taxa de regeneração natural da área de estudo foram selecionadas 30 espécies para determinação da atividade da nitrato redutase (ANR) e do conteúdo de nitrogênio foliares. O solo pôde ser caracterizado como ácido, distrófico, álico, deficiente em nutrientes, com pouca disponibilidade de nitrogênio e predominância de NH_4^+ em relação ao NO_3^- . Os conteúdos de nitrogênio foliar e nitrogênio do solo apresentaram alta correlação ($R^2 = 0,77$) e a ANR das 30 espécies mostrou correlação negativa em relação ao conteúdo NO_3^- do solo ($r = -0,31$). Isso sugere que a atividade da enzima não está relacionada com o conteúdo de NO_3^- no solo e provavelmente as plantas da área de estudo estejam utilizando outras fontes de nitrogênio, além do NO_3^- , provavelmente NH_4^+ , que inclusive foi o íon predominante em relação ao NO_3^- no solo. Apesar da baixa oferta de NO_3^- e dos valores relativamente maiores de NH_4^+ no solo, provavelmente as espécies de Leguminosae desenvolvem associação de micorriza e, particularmente as subfamílias Faboideae e Mimosoideae, desenvolvem nodulação. Entretanto, em Mimosoideae, os baixos valores de nitrogênio foliar indicam a inexistência de nodulação em *Dimorphandra mollis*. Isso pode ser explicado pela preferência de Leguminosae em adquirir nitrogênio do meio sem necessariamente desenvolver algum tipo de associação com organismos assimiladores de nitrogênio. As 30 espécies apresentaram uma diversificação nas estratégias de assimilação de nitrogênio utilizando como fonte, provavelmente, NO_3^- , NH_4^+ , micorriza e nodulação. Quanto à taxa de nitrogênio foliar é importante ressaltar que das dez espécies com maior conteúdo de nitrogênio foliar, sete são Leguminosae, indicando que esta família possui uma adaptação eficiente na assimilação de nitrogênio. A baixa correlação da concentração de íons NO_3^- do solo com a ANR confirma a hipótese de que as espécies da área de estudo possuem estratégias para otimizar a assimilação de nitrogênio, provavelmente utilizando NH_4^+ na indisponibilidade de NO_3^- , além de disporem de outros mecanismos assimilatórios como nodulação e associações de micorrizas.

Key words - nitrate reductase activity, cerradão, shrub and arboreous species, NO_3^- , NH_4^+

Introdução

As várias formas de nitrogênio orgânico são importantes fontes de nutrição para as comunidades de plantas de uma grande amplitude climática e edáfica (Schmidt *et al.* 1999). Em ecossistemas savânicos neotropicais a principal fonte de nitrogênio provém da atividade simbiótica microorganismo-leguminosa (Kozovits *et al.* 1995) e, apesar dos solos dessas áreas apresentarem concentração de nitrogênio 24 a 80 vezes superior a concentração de biomassa das árvores, apenas uma fração desse elemento está disponível para assimilação, o que pode limitar o desenvolvimento e a produtividade da vegetação (Sarmiento 1984). No entanto, espécies vegetais de savana desenvolveram mecanismos que evitam a perda de nitrogênio, resultando em uma progressiva adaptação às condições de baixas quantidades do elemento, permitindo adaptação às condições do ambiente (Fernandes & Rossiello 1995).

O cerrado apresenta características como solos profundos, bem drenados, bem estruturados, com alta taxa de lixiviação e baixa fertilidade (Kirkbride Júnior 1984). Essa baixa fertilidade do solo pode refletir em baixas quantidades de nutrientes nas espécies nativas (Araújo & Haridasan 1988), o que as leva a desenvolver estratégias para aumentar a eficiência de uso (Bustamante *et al.* 1997). A fixação biológica de N_2 é uma das estratégias que as plantas de cerrado encontraram para compensar as perdas líquidas de nitrato (NO_3^-) e de amônia (NH_4^+) por lixiviação, desnitrificação enzimática, volatilização provocada pela passagem de fogo, entre outros fatores (Medina 1992). Arens (1958) foi o primeiro a propor que a característica aparentemente escleromorfa das plantas de cerrado está relacionada à relativa falta de nitrogênio assimilável, o que provavelmente resulta no escleromorfismo oligotrófico. Conclui ainda que a vegetação de cerrado está relacionada com a deficiência de minerais, estando adaptada a essa condição.

A assimilação de nitrogênio pode ser feita pelas raízes sob a forma fixada de íons NH_4^+ ou NO_3^- (Pires-O'Brien & O'Brien 1995), entretanto, as plantas também podem reduzir NO_3^- na parte aérea que é transportado via xilema, embora possa existir preferência na redução em um dos dois sítios (Bustamante *et al.* 1997) em função das características que cada espécie apresenta em relação

às estratégias de regeneração em florestas tropicais (Aidar *et al.* 2003) e também de acordo com os grupos taxonômicos a que pertencem (Giller 2001 *apud* Aidar *et al.* 2003). Essa preferência, apesar de ser geneticamente controlada, pode ser modificada através de mudanças nos sítios de redução (Andrews 1986).

De um modo geral as plantas se desenvolvem melhor em composições mistas de nitrogênio, assimilando nitrogênio mineral (NO_3^- e NH_4^+), óxidos de nitrogênio (NO_x), íons NH_4^+ voláteis, nitrogênio molecular (N_2 da fixação simbiótica) e nitrogênio orgânico de acordo com os custos energéticos de cada um desses compostos (Stewart *et al.* 1993, Marschner 1995). A assimilação dessas diferentes formas de nitrogênio segue preferencialmente a seqüência $\text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^- > \text{N}_2$ (Pate 1983), com a concentração de NO_3^- não sendo uniforme em diferentes partes das plantas e se acumulando em ordem crescente nas flores, frutos, grãos, raízes, pecíolos e caules (Maynard *et al.* 1976). A redução do nitrato é proporcionalmente maior nas folhas do que nas raízes, em função da disponibilidade de poder redutor, de energia e de esqueletos de carbono produzidos pela fotossíntese (Harris *et al.* 2000).

Na assimilação do NO_3^- , a primeira reação de redução é catalisada pela enzima nitrato redutase, considerada fator limitante na incorporação do nitrogênio mineral em compostos orgânicos (Robertson & Vitousek 1981). Essa enzima forma um grupo prostético com molibdênio (Yaneva *et al.* 2000), sendo sensível à disponibilidade de água (Franco *et al.* 1991) e às variações de temperatura (Hatch & McDuff 1991) e de luz. Entretanto a estabilidade dessa enzima, tanto *in vitro* como *in vivo*, facilita o seu uso em ensaios laboratoriais com raízes e folhas de plantas superiores (L'vov & Safaraliev 1988) e a sua atividade indica o desempenho dos processos metabólicos envolvidos no crescimento vegetal (Yaneva *et al.* 2000).

Os níveis de nitrato redutase estão associados às taxas fotossintéticas (Wallsgrave *et al.* 1983) e a sua atividade é induzida pela presença de NO_3^- (Smith & Rice 1983). Em comunidades florestais as espécies pioneiras ou de locais com elevada luminosidade apresentam níveis relativamente altos de atividade da enzima, reduzindo o NO_3^- transportado das raízes para as folhas

via xilema, enquanto que as espécies clímax ou de ambientes com menor luminosidade, como sub-bosques, apresentam níveis relativamente baixos de atividade da nitrato redutase nas folhas e nas raízes e assimilam NH_4^+ como fonte de nitrogênio (Stewart *et al.* 1988, Stewart *et al.* 1990, Aidar *et al.* 2003). No entanto, para muitas espécies a atividade dessa enzima é baixa ou não detectável devido ao baixo teor de NO_3^- nas folhas, nas raízes ou solo (Andrews 1986).

Comunidades florestais tropicais apresentam um gradiente na atividade da nitrato redutase nas folhas e no conteúdo de NO_3^- na seiva do xilema, que decresce desde as espécies pioneiras até as espécies das fases mais avançadas do processo de sucessão. Isso indica que a caracterização da aquisição e do transporte de nitrogênio são ferramentas importantes na classificação das espécies arbóreas tropicais em diferentes estratégias de regeneração na comunidade (Aidar *et al.* 2003).

Considerando a importância da caracterização do metabolismo primário do nitrogênio em comunidades florestais, este trabalho avaliou o conteúdo de nitrogênio no solo, a assimilação de NO_3^- via atividade da nitrato redutase (ANR) e o conteúdo de nitrogênio foliar como indicadores da condição nutricional na vegetação arbustivo-arbórea de cerradão em uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo. Para tanto, foi considerado que a assimilação de NO_3^- e a concentração de nitrogênio foliares podem auxiliar na identificação das principais estratégias de uso de nitrogênio pelas diferentes espécies lenhosas de cerradão.

Material e métodos

Este trabalho foi realizado em um remanescente de cerradão da Estação Ecológica de Jataí, localizada no município de Luís Antônio, SP. Foi estabelecida uma amostra composta por 30 espécies arbustivas e arbóreas da comunidade de cerradão, ocorrentes em 11 parcelas de 250 m² dispostas em um transecto de 2.700 m (figura 1).

Nas 11 parcelas onde foram selecionadas as espécies foi amostrado solo na profundidade de 0-20 cm e determinadas as quantidades de NO_3^- e de NH_4^+ (% de peso seco - PS). Foram realizadas também análises químicas de macronutrientes como N (% PS), P (mg/dm³), S (mg/dm³), K, Ca, Mg, Al e de micronutrientes como Cu, B, Fe, Mn, Zn (mg/dm³) e determinadas as variáveis de

qualidade do solo: matéria orgânica (MO), pH (CaCl_2), acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$ - $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) ($\text{mmol}_c/\text{dm}^3$) e saturação de bases (V%).

Para as análises de atividade da nitrato redutase (ANR) e da determinação do nitrogênio foliar foi necessária a divisão da vegetação em três estratos: inferior - $h < 4,0$ m, médio - $4,0 < h < 8,0$ m e superior - $h > 8,0$ m, selecionando, em média, os três indivíduos mais altos de cada espécie em cada um dos estratos. De cada indivíduo foram recolhidos ramos de folhas no período das 09:00 às 11:00 do mês de dezembro de 2003, em dias de luminosidade para assegurar a atividade enzimática.

Com as informações da estrutura fitossociológica vertical, a qual considerou os três estratos deste remanescente de cerradão, as 30 espécies lenhosas selecionadas (tabela 1) representaram 77,25% do índice de valor de importância ampliado (IVIA). Quando considerada a estrutura horizontal, portanto, sem estratificação da vegetação, representaram 70,84% do índice de valor de importância (IVI) e 84,1% da área basal total das 114 espécies amostradas na área do Oitocentos Alqueires (vide capítulo 1).

Os ramos das espécies selecionadas foram resfriados para o transporte do campo ao laboratório, e foram retiradas as folhas do terço médio de cada ramo, lavadas em água deionizada, pesadas (0,1 g) e colocadas em 2,5 ml de solução de incubação composto de tampão fosfato 0,1 M de KH_2PO_4 (pH = 7,5) contendo KNO_3 1,0 N e 1,5% (v/v) de n-propanol (Stewart *et al.* 1986). Para a otimização do processo de incubação foi utilizado Triton-X100 0,1 M para diluição de membranas e infiltração à vácuo por duas vezes em períodos de três minutos sob pressão de 15 cm de Hg. Para o ensaio de determinação da ANR, os fragmentos foliares de cada espécie ficaram incubados por 60 minutos sob vácuo e na ausência de luz em temperatura de 30°C. Após os 60 minutos a reação foi inibida com ácido sulfânílico 1% em ácido clorídrico 1,0 N. Em 1,0 ml da solução de incubação foi adicionado 1,0 ml de n-2 naftilelilenodiaminodihidrocloreto (NED) a 0,02% (p/v) sob descanso por um período de 30 minutos. NED é um reagente que em contato com a solução produz uma reação de cor rósea, indicando a presença de nitrito que é proporcional à ANR. Depois de paralisado o

ensaio, foi feita leitura em espectrofotômetro na faixa de absorvância de 540 nm. A unidade de ANR foi expressa em $\mu\text{Kat g}^{-1}\text{PF}$ (peso fresco) ou $\text{nmol NO}_2 \cdot \text{s}^{-1} \text{g}^{-1}\text{PF}$, o que equivale a absorção/15 (extinção de 1000 nmol NO_2 por 1000ml) * 1/0,1(para 100 mg PF) * 2,5 (2,5 ml de solução de incubação) * 1000/60 (incubação de 60 minutos) * 1000/60 (por segundo).

O material foliar restante foi secado em estufa a 60°C durante 24 h e depois triturado em moinho (40 mesh). O nitrogênio foliar foi determinado por titulação após digestão sulfúrica pelo método de Kjeldhal (Mackereth *et al.* 1978). Esse método consiste na digestão da amostra em ácido sulfúrico na presença de sulfato de cobre e sulfato de potássio. Posteriormente foi feita a destilação de NH_4^+ formada na presença de hidróxido de sódio 10 N e água destilada. O produto destilado foi recolhido em uma solução de ácido bórico 2% com indicador misto de vermelho de metila e verde de bromocresol diluídos em álcool etílico e em seguida foi feita a titulação com solução de ácido sulfúrico 0,02 N, indicando o conteúdo de nitrogênio foliar para cada espécie.

Resultados e Discussão

O solo da área do Oitocentos Alqueires pode ser caracterizado como ácido ($\text{pH} = 3,75 \pm 0,02$, $p < 0,05$), distrófico, álico, deficiente de nutrientes como fósforo, cálcio e magnésio, com pouca disponibilidade de nitrogênio e predominância de NH_4^+ em relação ao NO_3^- (tabela 2).

As concentrações de NO_3^- são dificilmente notadas em solos de savana devido à alta competição por esse íon entre as raízes e os microorganismos (Kozovits *et al.* 1995). Além disso, as plantas parecem ter desenvolvido uma estratégia de sobrevivência, aumentando a habilidade de absorver NO_3^- nesses solos pobres (Fernandes & Rossiello 1995). Em períodos secos há maior indisponibilidade de NO_3^- devido ao ressecamento do solo, provocando a diminuição nas concentrações de NH_4^+ em função da absorção deste íon pelas plantas (Pires O'Brien & O'Brien 1995).

O nitrogênio foliar de comunidades naturais pode apresentar relação com o nitrogênio disponível no solo (Handley *et al.* 1999) e com a ausência ou presença de micorrizas nas raízes (Högberg 1997). Para o remanescente de cerradão estudado, os conteúdos de nitrogênio foliar e

nitrogênio do solo apresentaram alta correlação ($R^2 = 0,77$) (figura 2), assim como em estudos em Floresta Ombrófila Densa Montana ($R^2 = 0,93$) (Aidar 2000).

A maior parte das plantas é capaz de suprir suas necessidades de nitrogênio utilizando as formas NO_3^- e NH_4^+ que podem ser assimiladas em função do pH do solo (Larcher 2000). O NO_3^- é considerado a principal fonte de nitrogênio mineral assimilável pelas raízes das plantas superiores, embora existam evidências de que NH_4^+ possa predominar em algumas situações (Stewart *et al.* 1993). Em solos ácidos do cerrado (Kozovits *et al.* 1995), em que há predominância da NH_4^+ como forma nitrogenada no solo, as espécies vegetais estão adaptadas a esta condição utilizando esse íon preferencialmente (Fernandes & Rossiello 1995).

A ANR das 30 espécies mostrou correlação negativa em relação ao conteúdo NO_3^- do solo ($r = -0,31$), indicando que a atividade da enzima não está relacionada com o conteúdo desse íon no solo. Provavelmente as plantas da área de cerradão do Oitocentos Alqueires estejam utilizando outras fontes de nitrogênio, além do NO_3^- . Resultados similares foram obtidos em área de cerrado *Stricto sensu* (Kozovits *et al.* 1995) e em Floresta Ombrófila Densa Montana (Aidar 2000).

Entre as espécies de Leguminosae amostradas, *Pterodon pubescens* (Faboideae) apresentou uma baixa ANR ($27,63 \pm 25,38 \text{ pKat.g}^{-1}\text{PF}$, $p < 0,05$), embora tenha tido o segundo maior conteúdo de nitrogênio foliar ($3,27 \pm 0,02\%$, $p < 0,19$) dessa família e o terceiro entre todas as espécies (tabela 2). Esses resultados sugerem que outras fontes de nitrogênio estão sendo utilizadas, provavelmente NH_4^+ , que inclusive foi o íon predominante em relação ao NO_3^- no solo. Embora a espécie apresente normalmente uma baixa ocorrência de micorriza (Carneiro *et al.* 1998), isso sugere que essa espécie utiliza outras formas de assimilar nitrogênio, tal como essa associação simbiótica.

P. pubescens apresentou uma taxa de regeneração natural (RN) pouco representativa (1,18%) na comunidade. Isso foi confirmado por um baixo índice de valor de importância ampliado da regeneração natural (IVIARN) (5,72) que considera a representatividade vertical por estrato de cada espécie na comunidade (vide capítulo 2). Portanto, os indivíduos adultos, ocorrentes em sua

maioria no dossel da vegetação (figura 3), possivelmente estariam utilizando outras fontes de nitrogênio, além do NO_3^- , tal como o íon NH_4^+ e micorriza. *P. pubescens* é uma espécie típica de cerrado, isso sugere, portanto que a espécie possui um mecanismo eficiente na assimilação de nitrogênio, utilizando todas as fontes disponíveis.

Dimorphandra mollis (Mimosoideae) apresentou quantidades médias de nitrogênio foliar ($2,51 \pm 0,36\%$, $p < 0,19$) e baixa ANR ($1,74 \pm 0,23 \text{ pKat.g}^{-1}\text{PF}$, $p < 0,05$) (tabela 2) e apesar desses valores obtidos serem relativamente menores que o de *P. pubescens* (teste-t, $p < 0,05$), essa Mimosoideae provavelmente utiliza NH_4^+ como fonte de nitrogênio. Em áreas de cerrado *Stricto sensu* e de campo cerrado, *D. mollis* apresentou valores superiores de ANR ($27 \text{ pKat.g}^{-1}\text{PF}$) (Stewart *et al.* 1992), mas ainda relativamente baixos.

D. mollis é uma espécie que ocasionalmente pode não apresentar nodulação (Cordeiro 2002) apesar de ser uma nodulante típica de cerrado (Halliday 1984), além de não desenvolver micorriza (Carneiro *et al.* 1998). Esses aspectos devem ser considerados, pois as Leguminosae preferem assimilar nitrogênio mineral ocorrente no solo a incorporar nitrogênio por fixação (Dobereiner 1984) ou por outro tipo de associação. Fica evidenciado que espécies de Leguminosae como *D. mollis*, consideradas fixadoras potenciais, podem não apresentar nodulação, nodular sazonalmente ou ainda, buscar outros mecanismos de assimilação de nitrogênio quando as condições ambientais se tornam adversas (Cordeiro 2002).

Diptychandra aurantiaca e *Platymenia reticulata* apresentaram valores de ANR foliar que evidenciam uma preferência no uso de NO_3^- (tabela 2), indicando que são espécies que provavelmente não realizam mutualismo com outros organismos assimiladores de nitrogênio.

Dentro da família Leguminosae existem outras espécies que também provavelmente utilizam NH_4^+ , como *Bowdichia virgilioides* (Faboideae), *Hymmenaea stigonocarpa*, *Bauhinia holophylla* e *Copaifera langsdorffii* (Caesalpinioideae), que embora tenham baixa ocorrência de nodulação (Faria *et al.* 1984) e uma baixa ou nenhuma incidência de micorriza (Carneiro *et al.*

1998), apresentaram para a área de estudo, valores altos de nitrogênio foliar e valores baixos de ANR em relação às suas famílias (tabela 2).

Bowdichia virgilioides provavelmente seja a Caesalpinioideae que utiliza relativamente melhor as fontes de nitrogênio de NH_4^+ e de NO_3^- , evidenciado pelos valores de nitrogênio foliar ($3,19 \pm 0,07\%$) e de ANR ($114,05 \pm 3,11 \text{ pKat.g}^{-1}\text{PF}$, $p < 0,05$) (tabela 2), além da ocorrência de nodulação (Faria *et al.* 1984) o que reitera essa hipótese. Entretanto, apresenta uma baixa incidência ou ausência de micorriza (Carneiro *et al.* 1998), não sendo esse, provavelmente, um dos mecanismos para assimilação de nitrogênio utilizado por essa espécie.

H. stigionocarpa apresentou baixos valores de DA (8 ind.ha^{-1}), de taxa de RN (0,14%), e de IVIARN (2,25), caracterizando uma espécie com dificuldades de regeneração, provavelmente em decorrência da atividade de abate seletivo ocorrido no passado (E. F. L. Pereira-Silva *et al.*, dados não publicados) ou como padrão de crescimento da espécie, havendo poucos indivíduos regenerantes na população (P.Y. Kageyama, dados não publicados*). Entretanto, o maior valor de nitrogênio foliar entre as Leguminosae ($3,79 \pm 0,07\%$, $p < 0,05$) sugere o uso de NH_4^+ por essa espécie, uma vez que a ANR foliar foi relativamente baixa (tabela 2) assim como a incidência de micorriza (Carneiro *et al.* 1998).

Copaifera langsdorffii apresentou um alto valor de DA (286 ind.ha^{-1}) e os valores de IVIARN (9,07) e a taxa de RN (2,55%) indicam seu estabelecimento e ocorrência nos três estratos do cerradão (figura 4), com predominância no estrato superior da vegetação (vide capítulo 2). Essas informações aliadas à baixa ANR ($4,94 \pm 0,65 \text{ pKat.g}^{-1}\text{PF}$) (tabela 2) revela uma provável preferência no uso de NH_4^+ como fonte de nitrogênio, influenciando positivamente a coexistência dessa espécie no cerradão. Para essa espécie, deve ser considerada a preferência de Leguminosae em utilizar nitrogênio sem estabelecimento de associação simbiótica (Dobereiner 1984), já que

*Paulo Y. Kageyama é professor e pesquisador do Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Reprodução e Genética de Espécies Arbóreas (LARGEA) da ESALQ-USP, Piracicaba, SP.

apresenta ausência de nodulação (Faria *et al.* 1984) e baixa incidência de micorriza (Carneiro *et al.* 1998).

Bauhinia holophylla foi uma espécie que predominou no estrato inferior do cerradão, apresentando baixos valores de taxa de RN (0,45%), de IVIARN (1,45) e de dominância relativa (DoR), o que a colocou como exclusiva do estrato inferior da comunidade (figuras 3 e 4). A ocorrência dessa espécie no estrato com pouca luminosidade e os valores de nitrogênio foliar ($3,21 \pm 0,15\%$) e de ANR ($43,00 \pm 4,33 \text{ pKat.g}^{-1}\text{PF}$) evidenciam que esta espécie apresenta uma baixa assimilação de NO_3^- e provavelmente assimila NH_4^+ como observado para espécies de outros ambientes (Stewart *et al.* 1988, Stewart *et al.* 1990, Aidar *et al.* 2003). Essa hipótese também foi constatada para *Coussarea hydrangeaefolia* (Rubiaceae), predominante no estrato médio, com níveis relativamente baixos de ANR e a maior taxa de nitrogênio foliar (tabela 2) em relação às 30 espécies analisadas.

Ainda com relação à família Leguminosae, as espécies nodulantes de Mimosoideae *Anadenathera falcata* e de Caesalpinioideae *Vatairea macrocarpa* apresentaram não somente baixos valores de ANR, como também um baixo conteúdo de nitrogênio foliar, evidenciando que a nodulação pode estar sendo dificultada neste ambiente, mas provavelmente é uma alternativa para complementação nutricional dessas espécies. Essas duas espécies estão representadas nos três estratos da regeneração natural, entretanto, predominam no estrato médio sendo, portanto, espécies estabelecidas na comunidade (E.F.L. Pereira-Silva *et al.* dados não publicados) que apresentam como estratégia de aquisição de nitrogênio a nodulação.

Dentre as várias famílias que compõem a flora do cerrado, Leguminosae destaca-se por sua representatividade e sua importância dentro da fixação simbiótica de nitrogênio (Cordeiro 2002). Entretanto, fatores edáficos, como o pH, a deficiência de cálcio, toxidez de alumínio e Mn (tabela 1), e fatores climáticos, como altas temperaturas e deficiência hídrica, afetam sensivelmente essa associação e a própria sobrevivência dos nódulos (Cordeiro 2002).

Apesar da baixa oferta de NO_3^- e os valores relativamente maiores de NH_4^+ no solo da área de estudo (tabela 2), provavelmente as espécies de Leguminosae desenvolvem associação simbiótica com organismos fixadores de nitrogênio. Particularmente, as subfamílias Faboideae e Mimosoideae, que apresentam maior incidência de espécies com capacidade para associação simbiótica (Cordeiro 2002).

Independente do tipo de fitofisionomia de cerrado *Lato sensu*, há alguns fatores que afetam a nodulação. A forma e a intensidade com esses fatores se manifestam é que podem determinar sua maior ou menor importância no processo de nodulação (Cordeiro 2002). A decomposição da serapilheira na área de estudo (vide capítulo 2) pode ser um fator limitante para as associações simbióticas. A produção de compostos fenólicos resultantes da decomposição pode inibir o crescimento de populações microbianas associadas à fixação de nitrogênio e à nitrificação (Kuiters 1990) e essa impossibilidade levaria as espécies a procurarem outras fontes de assimilação de nitrogênio como provavelmente NH_4^+ (Larcher 2000).

Analisando o perfil da regeneração natural das 30 espécies (figura 4) pode-se observar que as Caesalpinioideae *C. langsdorffii*, *D. aurantiaca*, *V. macrocarpa* e as Mimosoideae *A. falcata* e *P. reticulata* estão presentes nos três estratos e equivalem, respectivamente a 28,8% e 3,48% do total de regeneração da comunidade (vide capítulo 2). Estas espécies apresentaram uma diversificação nas estratégias de assimilação de nitrogênio utilizando como fonte, provavelmente, NO_3^- , NH_4^+ , micorriza e nodulação.

Uma espécie bem representada no estrato superior (figura 3) e presente na regeneração natural (figura 4) foi *Roupala montana* que apresentou valores de ANR e de nitrogênio foliar que sugerem uma dificuldade na assimilação de nitrogênio, assim como outras espécies, como *Xylopia aromatica* e *Siparuna guianensis*, que apresentaram baixa concentração de nitrogênio foliar (tabela 2).

Caryocar brasiliense, espécie componente do estrato superior do cerrado, apresenta baixa incidência de micorriza (Carneiro *et al* 1998) e foi pouco representativa na regeneração natural da

comunidade (vide capítulo 2). Para esta espécie, os valores de ANR e de nitrogênio foliares obtidos (tabela 2) indicam a utilização de NO_3^- como fonte de nitrogênio.

A espécie *Byrsonima intermedia*, predominante do estrato inferior e presente no estrato médio, apresentou baixo valor de nitrogênio foliar, embora tenha o maior valor de ANR entre as 30 espécies analisadas (tabela 2), sugerindo uma assimilação preferencial de NO_3^- , mesmo quando pouco presente no solo. As espécies que têm habilidades em assimilar esse íon podem ser utilizadas como indicadoras de nitrificação e da disponibilidade de NO_3^- no solo (Schmidt *et al.* 1999). Em outras comunidades florestais os baixos níveis de ANR mostram que o NO_3^- não é a fonte preferencial de nitrogênio para as plantas enquanto que altos níveis de atividade enzimática poderiam indicar o contrário (Erskine *et al.* 1996, Turnbull *et al.* 1996).

Famílias como Myrtaceae, Proteaceae e Melastomataceae ocorrentes na área do Oitocentos Alqueires apresentaram baixo valor de nitrogênio foliar (tabela 2) e confirmam as observações em cerrado *Stricto sensu* (Prado & Moraes 1997) e em florestas tropicais (Schmidt & Stewart 1998, Aidar *et al.* 2003). Essas famílias estão representadas nos três estratos da regeneração natural da comunidade, embora Melastomataceae seja dominante no estrato inferior e Myrtaceae predomine no estrato médio e esteja presente no estrato inferior. Proteaceae está representada por *Roupala montana*, uma espécie em risco de extinção no estado de São Paulo (D.O.E 1998), que predomina no estrato superior e está presente nos estratos médio e inferior da comunidade do cerradão (figura 4).

A fixação biológica de nitrogênio pode ser considerada como um processo de adaptação a situações de desequilíbrio, em que as espécies de Leguminosae típicas de cerrado podem vir a desempenhar importante papel na reabilitação ou restauração desse tipo de vegetação (Cordeiro 2002). Ainda, o conhecimento da dependência de micorriza pelas espécies arbóreas tropicais possibilita avanços nos processos de recuperação florística de áreas degradadas, bem como facilita o desenvolvimento de tecnologias para reflorestamento e entendimento da dinâmica populacional e estruturação das comunidades (Carneiro *et al.* 1998).

Apesar da baixa concentração de nitrogênio no solo, as Leguminosae apresentaram valores altos desse elemento nas folhas. Entretanto, em Mimosoideae, os baixos valores de nitrogênio foliar indicam a inexistência de nodulação em *D. mollis*, o que provavelmente esteja relacionado com a hipótese de que Leguminosae apresenta preferência em adquirir nitrogênio do solo sem necessariamente desenvolver associação com outros organismos assimiladores (Dobereiner 1984).

Foi possível evidenciar que algumas espécies, ocorrentes predominantemente no estrato superior da comunidade, atendem à hipótese de que maiores quantidades de luz estão relacionadas à uma alta ANR. Foi constatada também a hipótese de que em situações de baixa luminosidade, como nos estrato médio e inferior do cerradão, a ANR é relativamente baixa e o NH_4^+ seria a principal fonte assimilável de nitrogênio para algumas espécies.

A evidência de ANR e do conteúdo de nitrogênio foliar das espécies de Leguminosae, associada à disponibilidade de nitrogênio no solo, indicam uma menor utilização de NO_3^- como fonte de nitrogênio, sugerindo que NH_4^+ seria a principal fonte, uma vez que algumas espécies são consideradas como não nodulantes. As Leguminosae nodulantes apresentaram baixos valores de ANR e de nitrogênio foliar, evidenciando que a nodulação provavelmente está dificultada como importante fonte de assimilação de nitrogênio.

Quanto à taxa de nitrogênio foliar é importante ressaltar que das dez primeiras espécies com maior conteúdo de nitrogênio foliar (tabela 2), sete são Leguminosae, indicando que esta família possui uma eficiente adaptação na assimilação de nitrogênio. A baixa correlação da concentração de íons NO_3^- do solo com a ANR confirmam a hipótese de que as espécies da área de estudo possuem estratégias para otimizar a assimilação de nitrogênio, provavelmente utilizando NH_4^+ na indisponibilidade de NO_3^- , além de disporem de outros mecanismos assimilatórios como nodulação e associações de micorrizas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor, ao Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, do Laboratório de Limnologia do SHS da Escola de

Engenharia de São Carlos-USP, pela colaboração na realização das análises de nitrogênio foliar, ao técnico ambiental Edson Aparecido Jacinto da Silva, pelo apoio técnico nas campanhas de campo e ao engenheiro agrônomo Carlos Scatena Zanato, pesquisador do Instituto Florestal e administrador das Estações Ecológica de Jataí e Experimental de Luís Antônio, pela colaboração e apoio na elaboração das atividades de pesquisa deste trabalho.

Referências bibliográficas

AIDAR, M.P.M. 2000. Ecofisiologia das estratégias de utilização de nitrogênio em árvores da floresta neotropical. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

AIDAR, M.P.M., SCHMIDT, S., MOSS, G., STEWART, G.R. & JOLY, C.A. 2003. Nitrogen use strategies of neotropical rainforest trees in threatened Atlantic Forest. *Plant Cell and Environment* 26:389-399.

ANDREWS, M. 1986. The partitioning of nitrate assimilation between root and shoot of higher plants. *Plant Cell and Environment* 9:511-519.

ARAÚJO, G.M. & HARIDASAN, M. 1988. A comparison of nutrient status of two forests on dystrophic and mesotrophic soils in the cerrado region of central Brazil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 19:1075-1089.

ARENS, K. O. 1958. O cerrado como vegetação oligotrófica. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo* 224:57-77.

BUSTAMANTE, M.M.C., KOZOVITS, A.R., SILVA, L.F., DUARTE, G.F. & CASTRO, A.A. 1997. Assimilação de nitrato e taxas fotossintéticas de três espécies lenhosas de cerrado. *In* Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado (L.L. Leite & C.H. Saito, org.). UnB, Brasília, p.49-53.

CARNEIRO, M.A.C., SIQUEIRA, J.O., MOREIRA, F.M.S., CARVALHO, D., BOTELHO, S.A. & JUNIOR, O.J.S. 1998. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. *Cerne* 1:129-145.

CORDEIRO, L. 2002. Fixação de nitrogênio em leguminosas ocorrentes no cerrado. *In* Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois (A. L. Klein, org.). UNESP, São Paulo, p.131-145.

DOBEREINER, J. 1984. Nodulation and nitrogen fixation in legume trees. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 19:83-90.

- D.O.E. 1998. Espécies da flora ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Seção I. 108:23.
- ERSKINE, P.D., STEWART, G.R., SCHMIDT, S., TURNBULL, M.H., UNKOVICH, M. & PATE, J.S. 1996. Water availability – a physiological constraint on nitrate utilization in plants of Australian semi-arid mulga woodlands. *Plant Cell Environ* 19:1149-1159.
- FERNANDES, M.S. & ROSSIELO, O.P. 1995. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. *Critical Reviews in Plant Sciences* 14:111-148.
- FRANCO, A.C., BALL, E. & LUTTGE, U. 1991. The influence of nitrogen, and water stress on CO₂ exchange and organic acid accumulation in the tropical C₃ - CAM tree, *Clusia minor*. *Journal of Experimental Botany* 238:597-638.
- HALLIDAY, J. 1984. Integrated approach to nitrogen fixing tree germplasm development. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 19:91-117.
- HANDLEY, L.L., AUSTIN, A.T., ROBINSON, D., SGRIMGEOUR, C.M., RAVEN, J.A., HEATON, T.H.E., SCHMIDT, S. & STEWART, G.R. 1999. The ¹⁵N natural abundance ($\delta^{15}\text{N}$) of ecosystem samples reflects measures of water availability. *Australian Journal Plant Physiology* 26:185-199.
- HARRIS, N., FOSTER, J.M., KUMAR, A. 2000. Two cDNAs representing alleles of nitrate reductase gene of potato (*Solanum tuberosum* L.cv. Désirée): sequence analysis, genomic organization and expression. *Journal of Experimental Botany* 51:1017-1026.
- HATCH, D.J. & MACDUFF, J.H. 1991. Concurrent rates of N₂ fixation, nitrate and ammonium uptake by white clover in response to growth at different root temperature. *Annals of Botany* 67:265-274.
- HÖGBERG, P. 1997. ¹⁵N natural abundance in soil-plant systems. *New Phytologist* 137:179-203.
- KIRKBRIDE JÚNIOR, J. H. 1984. Leguminosas do cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 19:23-46.

- KOZOVITS, A.R., BUSTAMANTE, M.M.C., SILVA, L.F., DUARTE, G.F., CASTRO, A.A. & MAGALHÃES, J.R. 1995. Nitrate and ammonium in soil and its assimilation by woody species in a cerrado area subjected to prescribed fires. *In* Impacts of fires in cerrado and restinga (H.S. Miranda, C.H. Saito & B.F.S. DIAS, eds.). UnB/ECL, Brasília.
- KUITERS, A.T. 1990. Role of phenolic substances from decomposing forest litter in plant-soil interactions. *Acta Botanica Neerlandica* 4:329-348.
- L'VOV, N.P. & SAFARALIEV, P.M. 1988. Methods of determining nitrate reductase activity in plants. *Soviet Plant Physiology* 35:154-157.
- LARCHER, W. 2000. *Ecofisiologia vegetal*, RiMa, São Carlos.
- MACKERETH, F.J.H., HERON, J. & TALLING, J.F. 1978. *Water Analysis: some revised methods for limnologists*. Scientific Publications, London.
- MARSCHNER, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London.
- MAYNARD, D.N., BARKER, A.V., MINOTTI, P.L. & PECK, N.H. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Advances in Agronomy* 28:71-118.
- MEDINA, E. 1992. Tropical nutrition: Tropical savanas. *Progress in botany* 53:237-253.
- PATE, J.S. 1983. Patterns of nitrogen metabolism in higher plants and their ecological significance. *In* Nitrogen as an ecological factor (J.A. Lee, S. McNeil & I.H. Rorison, eds.). Blackwell, Oxford.
- PEREIRA-SILVA, E.F.L., HARDT-VIEIRA, E.A., SANTOS, J. E. (dados não publicados). Florística e fitossociologia da vegetação arbórea de cerrado de uma Unidade de Conservação do estado de São Paulo.
- PIRES-O'BRIEN, M.J. & O'BRIEN, C.M. 1995. *Ecologia e modelamento de florestas tropicais*. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Serviço de informação e documentação, Belém.
- PRADO, C.H.B.A. & MORAES, J.A.P.V. 1997. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of cerrado vegetation under field conditions. *Photosynthetica* 33:103-112.
- ROBERTSON, G.P. & VITOUSEK, P.M. 1981. Nitrification potentials in primary and secondary succession. *Ecology* 62:376-386.

- SARMIENTO, G. 1984. The ecology of tropical savannas. Harvard University Press, Cambridge.
- SCHMIDT, S. & STEWART, G.R. 1998. Transport, storage and mobilization of nitrogen by trees and shrubs in the wet/dry tropics of northern Australia. *Tree Physiology* 18:403-410.
- SCHMIDT, S., STEWART, G.R. & ASHWATH, N. 1999. Monitoring plant physiological characteristics to evaluate mine site revegetation: A case study from the wet-dry tropics of northern Australia. *Plant and Soil* 215:73-84.
- SIQUEIRA, O.J. 1994. Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. Embrapa, Brasília.
- SMITH, J.L. & RICE, E.L. 1983. Differences in nitrate reductase activity between species of different stages in old-field succession. *Oecologia* 57:43-48.
- STEWART, G.R., POPP, M., HOLZAPFEL, I., STEWART, J.I. & DICKIE-ESKEW, A. 1986. Localization of nitrate reduction in ferns and its relationship to environment and physiological characteristics. *New Phytologist* 104:373-384.
- STEWART, G.R., HEGARTY, E.E. & SPECHT, R.L. 1988. Inorganic nitrogen assimilation in plants of Australian rainforest communities. *Physiology Plant* 74:26-33.
- STEWART, G.R., GRACIA, C.A, HEGARTY, E.E. & SPECHT, R.L. 1990. Nitrate reductase and chlorophyll content in sun leaves of subtropical Australian closed-forest (rainforest) and open-forest communities. *Oecologia* 82:544-551.
- STEWART, G.R., JOLY, C.A & SMIRNOFF, N. 1992. Partitioning of inorganic nitrogen assimilation between the roots and shoots of cerrado and forest trees of contrasting plant communities of South East Brazil. *Oecologia* 91:511-517.
- STEWART, G.R., PATES, J.S. & UNKOVICH, M. 1993. Characteristics of inorganic nitrogen assimilation of plants in fire-prone Mediterranean type vegetation. *Plant, Cell and Environment* 16:351-363.

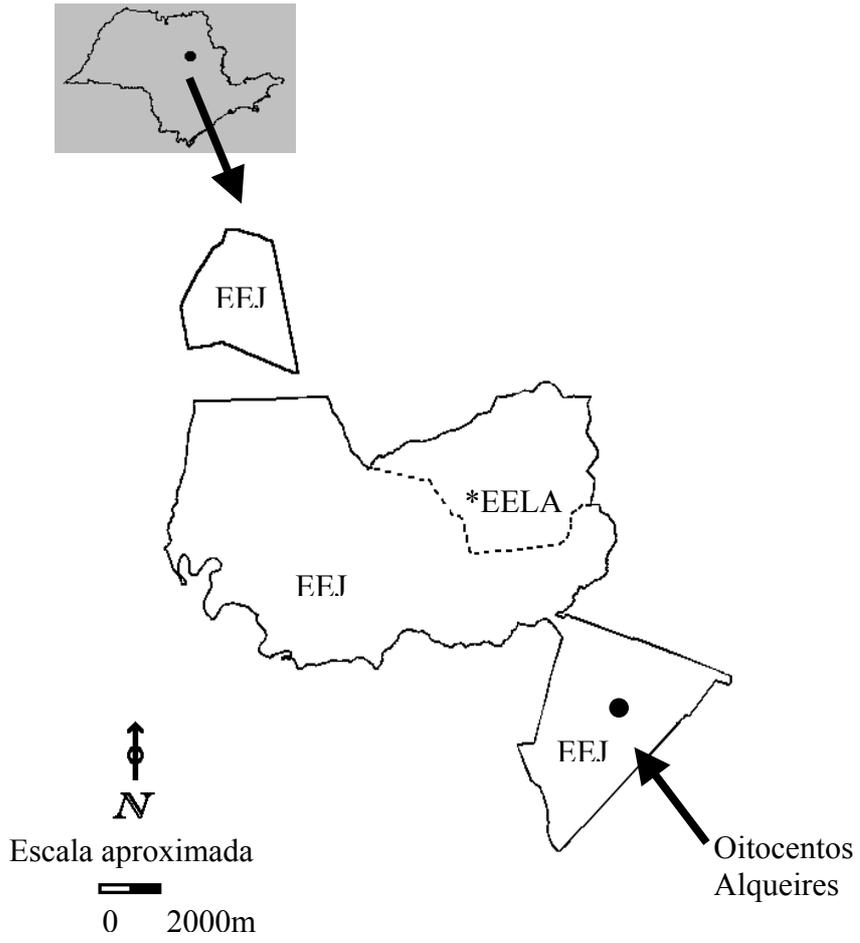
- TURNBULL, M.H., SCHMIDT, S., ERSKINE, P.D., RICHARDS, S. & STEWART, G.R. 1996. Root adaptation and nitrogen source acquisition in natural ecosystems. *Tree Physiology* 16:941-948.
- WALLSGROVE, R.M., KEYS, A.J., LEA, P.J. & MIFLIN, B.J. 1983. Photosynthesis, photorespiration and nitrogen metabolism. *Plant, Cell and Environment* 6:301-309.
- YANEVA, I.A., BAYDANOVA, V.D. & VUNKOVA-RADEVA, R.V. 2000. Nitrate reductase activation state in leaves of molybdenum-deficient winter wheat. *Journal of Plant Physiology* 157:495-501.

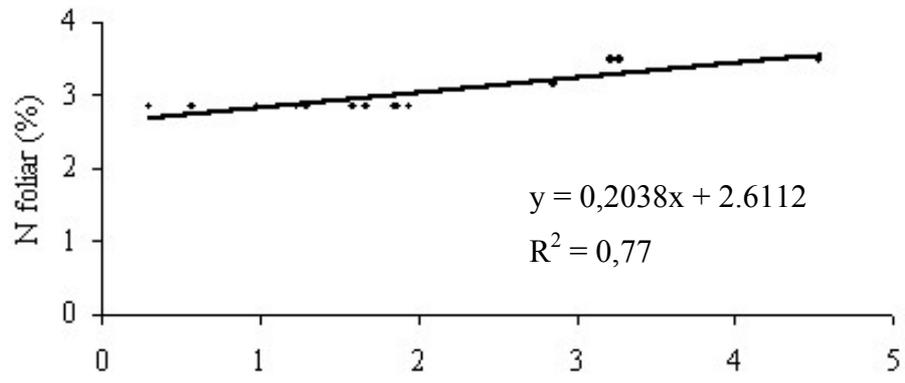
Figura 1. Localização da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), Luís Antônio, SP e do remanescente de cerrado do Oitocentos Alqueires. *EELA – Estação Experimental de Luís Antônio.

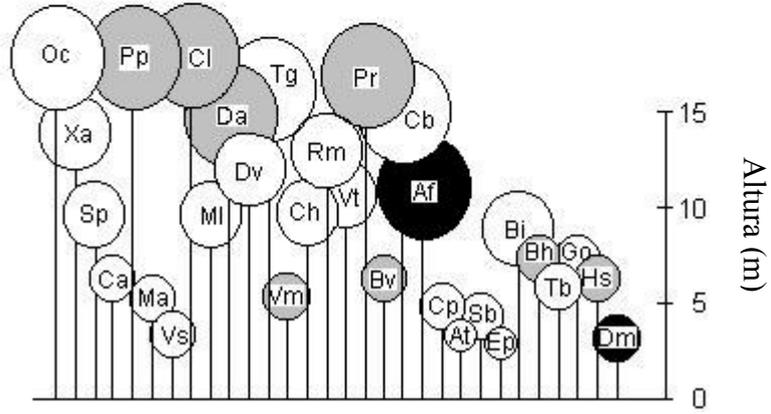
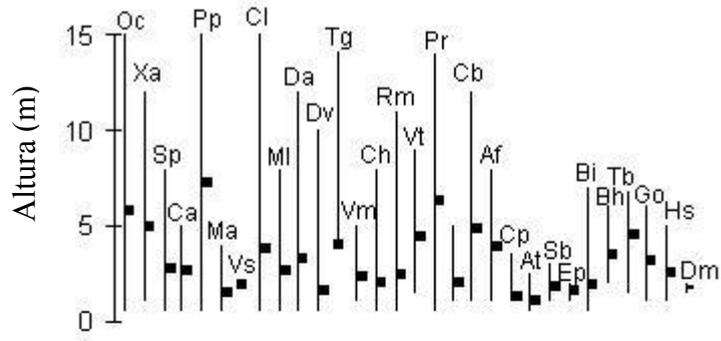
Figura 2. Correlação entre as concentrações de nitrogênio foliar (%) e o nitrogênio disponível no solo (%) da área de cerrado do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP.

Figura 3. Perfil da distribuição vertical das 30 espécies, e seus respectivos Códigos Florísticos (CF), selecionadas para a análise de atividade de nitrato redutase (ANR) e de nitrogênio foliar na área de cerrado do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP.

Figura 4. Estratificação em classes de altura do componente da regeneração natural das 30 espécies selecionadas para a análise de atividade de nitrato redutase (ANR) e de nitrogênio foliar na área de cerrado do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP.







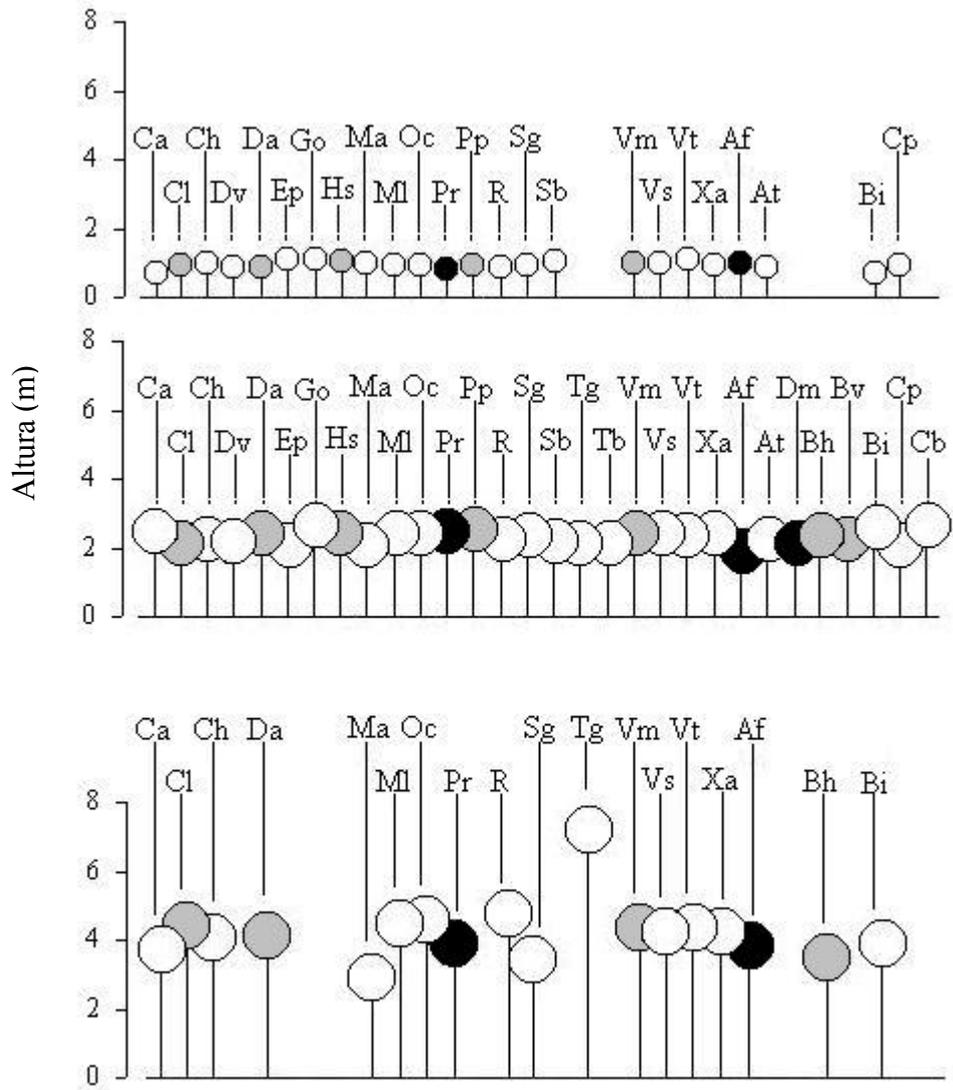


Tabela 1. Valores de macronutrientes para dez parcelas selecionadas: fósforo (P - mg/dm³), enxofre (S - mg/dm³), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) - (mmol_c/dm³); de micronutrientes: cobre (Cu), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) - (mg/dm³); e de variáveis de qualidade do solo: acidez potencial (H + Al - mmol_c/dm³), matéria orgânica (MO - g/dm³), pH (CaCl₂), soma de bases (SB - mmol_c/dm³), capacidade de troca de cátions (CTC - mmol_c/dm³) e saturação de bases (V%), nitrogênio total (N - %), nitrato (NO₃⁻) e amônia (NH₄⁺) - (%), na profundidade de 0-20 cm do solo da área do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP.

	P (Resina)	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	N(NH ₄ ⁺)	N(NO ₃ ⁻)	N
Parcelas	mg/dm ³	g/dm ³	Ca Cl ₂				mmol _c /dm ³				%		mg/dm ³					%	%	
01	10	37	3,8	2,1	5	4	58	14,6	11,1	69,1	16	0,39	0,7	165	5,5	0,7	17	9,49	21,64	12,07
03	5	29	3,7	2,0	1	1	55	14,3	4,0	59,0	7	0,39	1	163	4,3	0,4	9	8,61	16,21	9,48
05	2	30	3,8	1,2	1	1	52	13,6	3,2	55,2	6	0,3	0,9	123	4,1	0,4	7	10,34	8,10	11,21
07	2	22	3,8	1,6	1	1	52	13,8	3,6	55,6	6	0,25	1,3	130	2,2	1	9	10,34	8,10	7,76
11	2	27	3,7	1,1	1	1	55	16,0	3,1	58,1	5	0,26	0,6	140	1,7	0,4	9	8,61	5,43	9,48
13	3	29	3,7	1,1	1	1	58	15,0	3,1	61,1	5	0,28	0,8	165	2,2	0,3	9	8,61	8,10	7,76
15	3	25	3,7	0,9	1	1	52	13,0	2,9	54,9	5	0,28	0,6	132	2,1	0,4	7	9,49	8,10	7,76
19	1	27	3,7	0,9	1	1	52	14,0	2,9	54,9	5	0,35	0,6	180	1,4	0,3	8	7,76	5,43	7,76
21	2	29	3,8	0,8	1	1	52	12,8	2,8	54,8	5	0,22	0,6	166	1	0,2	9	7,76	5,43	7,76
23	2	30	3,8	1,1	1	1	52	14,3	3,1	55,1	6	0,25	1	129	4,6	0,4	7	9,49	2,67	9,48
25	4	30	3,8	1,3	1	1	55	11,9	3,3	58,3	6	0,23	1,1	135	4	0,5	9	9,49	10,77	9,48

Tabela 2. Valores médios e de desvio padrão de atividade da nitrato redutase (ANR) e de nitrogênio foliar (N foliar) das espécies lenhosas e suas respectivas famílias amostradas no remanescente de cerradão do Oitocentos Alqueires, Estação Ecológica de Jataí, Luís Antônio, SP. Chave da espécie (Chave); dominância no estrato (Do) (inferior $h < 4,0$ m, médio $4,0 < h < 8,0$ m e superior $h > 8,0$ m); número de indivíduos analisados (N); índice de valor de importância ampliado (IVIA) atividade de nitrato redutase (ANR - $\text{pKat.g}^{-1}\text{PF}$) e taxa nitrogênio foliar (N foliar - %).

Espécie	Família	Chave	Do	N	IVIA	ANR	N foliar
						$\text{pKat.g}^{-1}\text{PF}$	%
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. Ex Hayne	Leguminosae Caesalpinioideae	(Hs)	médio	2	1,02	$84,06 \pm 8,19$	$3,79 \pm 0,07$
<i>Pterodon pubescens</i> Benth.	Leguminosae Faboideae	(Pp)	superior	3	29,13	$27,63 \pm 25,38$	$3,27 \pm 0,02$
<i>Bauhinia holophylla</i> (Bong.) Steud.	Leguminosae Caesalpinioideae	(Bh)	inferior	3	1,37	$43,00 \pm 4,33$	$3,21 \pm 0,15$
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Leguminosae Faboideae	(Bv)	médio	2	2,27	$114,05 \pm 3,11$	$3,19 \pm 0,07$
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Leguminosae Caesalpinioideae	(Dm)	inferior	2	0,20	$1,74 \pm 0,23$	$2,51 \pm 0,36$
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.	Leguminosae Caesalpinioideae	(Da)	superior	3	14,89	$114,48 \pm 8,62$	$1,94 \pm 0,04$
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Leguminosae Caesalpinioideae	(Cl)	superior	3	15,52	$4,94 \pm 0,65$	$1,87 \pm 0,02$
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Leguminosae Faboideae	(Vm)	médio	3	8,30	$9,96 \pm 5,38$	$1,59 \pm 0,28$
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Leguminosae Mimosoideae	(Pr)	superior	3	3,43	$145,35 \pm 7,75$	$1,29 \pm 0,01$

(cont.)

Espécie	Família	Chave	Do	N	IVIA	ANR	N foliar
						pKat.g ⁻¹ PF	%
<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	Leguminosae Mimosoideae	(Af)	médio	3	3,39	8,41 ± 1,69	0,57 ± 0,02
<i>Coussarea hidhrangeaefolia</i> Benth. & Hook.	Rubiaceae	(Ch)	médio	3	5,85	39,30 ± 26,03	4,53 ± 0,38
<i>Guapira opposita</i> Vell. Reitz	Nyctaginaceae	(Go)	médio	2	0,53	205,41 ± 12,77	2,85 ± 0,10
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	(Xa)	médio	3	34,34	85,45 ± 34,30	2,68 ± 0,13
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	Caryocaraceae	(Cb)	superior	3	1,69	127,29 ± 5,13	1,85 ± 0,10
<i>Terminalia brasiliensis</i> (Camb.) Eichler	Combretaceae	(Tb)	médio	1	1,37	35,20 ± 9,17	1,67 ± 0,12
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	Flacourtiaceae	(Ca)	médio	3	20,75	172,45 ± 28,04	1,62 ± 0,44
<i>Didymopanax vinosum</i> (Aublet.) Decne. & Planch.	Araliaceae	(Dv)	inferior	3	11,23	9,88 ± 0,22	1,60 ± 0,07
<i>Virola sebifera</i> Aublet	Miristicaceae	(Vs)	inferior	3	11,12	89,31 ± 18,59	1,56 ± 0,05
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	Malphighiaceae	(Bi)	médio	3	0,90	230,65 ± 117,58	1,53 ± 0,10
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Apocynaceae	(At)	médio	3	2,23	10,73 ± 0,76	1,23 ± 0,19
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meissn.) Mez	Lauraceae	(Oc)	superior	3	44,84	14,05 ± 22,63	1,14 ± 0,10
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Melastomataceae	(Ma)	inferior	3	14,78	48,48 ± 4,58	1,13 ± 0,10

(cont.)

Espécie	Família	Chave	Do	N	IVIA	ANR	N foliar
						pKat.g ⁻¹ PF	%
<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg.) Matos	Myrtaceae	(Ml)	médio	3	17,09	10,58 ± 3,05	0,98 ± 0,01
<i>Roupala montana</i> Aublet	Proteaceae	(R)	superior	3	7,02	41,52 ± 14,48	0,66 ± 0,12
<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A. St.-Hil.	Erythroxylaceae	(Ep)	inferior	3	1,27	15,82 ± 3,98	0,53 ± 0,05
<i>Strychnos bicolor</i> Progel	Loganiaceae	(Sb)	inferior	1	1,60	145,20 ± 2,95	0,49 ± 0,07
<i>Tapirira guianensis</i> Aublet	Anacardiaceae	(Tg)	superior	3	15,11	42,53 ± 29,65	0,48 ± 0,08
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	Vochysiaceae	(Vt).	médio	3	3,48	5,02 ± 0,11	0,42 ± 0,03
<i>Siparuna guianensis</i> Aublet	Monimiaceae	(Sg)	médio	3	31,12	90,01 ± 19,84	0,36 ± 0,10
<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O. Berg.	Myrtaceae	(Cp)	inferior	2	3,16	59,51 ± 5,24	0,30 ± 0,14

CONCLUSÃO GERAL

A vegetação da área de estudo pode ser caracterizada como cerrado, embora tenha sido registrada a ocorrência de espécies comuns à floresta estacional semidecídua. Além disso, o alto valor de diversidade indicou, através da equabilidade, a dominância de alguns grupos de espécies em função da distribuição desigual dos indivíduos entre as espécies.

Os fundamentos dos parâmetros fitossociológicos verticais permitiram valorar as espécies através da Posição Sociológica Relativa (PSoR) e do Índice de Valor de Importância Ampliado (IVIA), os quais juntamente com a estrutura fitossociológica horizontal, denotada pelo Índice de Valor de Importância (IVI), evidenciaram a heterogeneidade e a irregularidade dos estratos do cerrado e a importância de cada uma das espécies em cada uma dos estratos da comunidade.

A análise da regeneração natural foi essencial na compreensão do estabelecimento, da sobrevivência e do crescimento das espécies de cerrado. A maioria das populações, aparentemente, não demonstra problemas de regeneração e esse aspecto fica evidenciado pelo grande número de indivíduos regenerantes ocorrentes especialmente no segundo estrato do componente da regeneração natural. Entretanto, fatores como a quantidade e decomposição da serapilheira e as condições climáticas de estiagem e de inverno podem estar inibindo a germinação e influenciando a rebrota.

A análise fitossociológica vertical e horizontal, a caracterização da regeneração natural e as análises a respeito do potencial de assimilação de nitrogênio com base na atividade da nitrato redutase (ANR) e no conteúdo de nitrogênio foliares sugerem que as Leguminosae apresentam uma eficiente adaptação para assimilação desse elemento, provavelmente utilizando todas as fontes disponíveis e que algumas espécies utilizam, além do NO_3^- , íons NH_4^+ de acordo com a posição no estrato.

A análise da ANR e de conteúdo de nitrogênio foliares sugere que a atividade da enzima não está relacionada com o conteúdo de NO_3^- no solo e possivelmente as plantas da área de estudo

utilizam outras fontes de nitrogênio, além do NO_3^- , provavelmente NH_4^+ , que inclusive foi o íon predominante em relação ao NO_3^- no solo. Ainda, quanto ao conteúdo de nitrogênio foliar é importante ressaltar que das dez primeiras espécies com maior conteúdo de nitrogênio foliar, sete são Leguminosae, indicando que esta família possui uma eficiente adaptação na assimilação de nitrogênio.

A baixa correlação da concentração de NO_3^- do solo com a ANR confirma a hipótese de que as espécies da área de estudo possuem estratégias para otimizar a assimilação de nitrogênio, possivelmente utilizando NH_4^+ na indisponibilidade de NO_3^- , além de disporem de outros mecanismos assimilatórios como associações de micorrizas e nodulação.