



MAPEAMENTO, FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA TRANSIÇÃO CAMPO-
FLORESTA NA VEGETAÇÃO (CERRADO) DO PARQUE NACIONAL DE
SETE CIDADES, NORDESTE DO BRASIL

Maria Edileide Alencar Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Fernando Roberto Martins

Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato (a)
Maria Edileide
Alencar Oliveira
e aprovada pela Comissão Julgadora.

Fernando R. Martins

Tese apresentada ao Instituto de Biologia da
Universidade Estadual de Campinas para obtenção
do título de Doutor em Biologia Vegetal

Campinas, SP

2004

NIDADE BC
* CHAMADA T/UNICAMP
OL4m
EX
OMBO BC/ 58465
ROC 16-117-04
D X
REÇO R\$ 11,00
ATA 22-06-09
CPD

CM00198316-2

IB ID 317718

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP**

OL4m

Oliveira, Maria Edileide Alencar

Mapeamento, florística e estrutura da transição campo-floresta na
vegetação (cerrado) do parque nacional de sete cidades, nordeste do Brasil
/ Maria Edileide Alencar Oliveira.--
Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Fernando Roberto Martins

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas .
Instituto de Biologia.

1. Cerrado. 2. Savanas. 3. Piauí. I. Martins, Fernando Roberto.
- II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia.
- III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

BANCA EXAMINADORA:

Data: 08/03/2004

Prof. Dr. Fernando Roberto Martins (orientador)

Fernando R. Martins

Prof. Dr. Everardo Valadares de Sá Barretto Sampaio

Everardo V. S. Barretto Sampaio

Prof. Dr. John Du Vall Hay

John Du Vall Hay

Profa. Dra. Kikyo Yamamoto

Kikyo Yamamoto

Prof. Dr. George John Shepherd

George John Shepherd

Profa. Dra. Luiza Sumiko Kinoshita

Prof. Dr. Flávio Antonio Maës dos Santos

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que sem ele não teria chegado até aqui;

Aos meus pais que acreditaram e sempre estiveram ao meu lado nesta longa jornada acadêmica, e por estar sempre alegres mesmo pela ausência constante;

Ao Prof. Dr. Fernando Roberto Martins, meu orientador, pela oportunidade, confiança, incentivo, apoio e orientação, principalmente pelas "broncas" que foram fundamentais na minha formação humana, acadêmica e profissional;

Ao Prof. Dr. Antonio Alberto Jorge Farias Castro por sua contribuição desde o início de minha formação acadêmica, ainda na graduação, e pelo interesse, sugestões e discussões nas diversas etapas deste projeto;

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado do Piauí (CEFET - PI) e a Unidade Descentralizada de Ensino de Floriano (UNED) por permitirem meu afastamento para cursar o doutorado. Como pessoas "especiais" gostaria de agradecer à Profa. Rita Martins de Cássia (Diretora Geral) e ao Prof. Santílio Alves da Costa Silva (Gerente de Ensino, *in memoriam*);

Ao Prof. Dr. João Roberto dos Santos por participar deste projeto me ensinando a olhar a vegetação do Parque por meio de um "alvo" desconhecido para mim, e pela sua tão calorosa hospitalidade nas inúmeras viagens a São José dos Campos;

À Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (FBPN) que acreditou neste trabalho ainda no início;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro concedido;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado concedida através do Curso de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da UNICAMP;

Aos Professores Everardo Valadares, John Hay e Kikyo Yamamoto pela leitura dos manuscritos, sugestões e discussões durante a fase de pré-banca e banca;

Ao Prof. Dr. George Shepherd pelas sugestões, revisão do abstract e disponibilidade em participar da banca examinadora;

Ao Prof. Dr. Flavio Antonio Maës dos Santos e Dr. Pedro Luís Rodrigues de Moraes pelos inúmeros esclarecimentos em estatística;

À todos os taxonomistas (anexo 1) que foram fundamentais no desenvolvimento deste trabalho e sem os quais ficaríamos devendo muito ao conhecimento da flora;

Aos colegas e amigos Rigoberto Albino, Roseli Barros, Gardene Souza, Maura Rejane, José Lindomar, meu irmão, Marcelo Mesquita e Francisco de Assis pelo auxílio e companhia no trabalho de campo;

A todos os funcionários da Superintendência Estadual do IBAMA/MMA no Piauí (Escritório do Parque Nacional de Sete Cidades e de Teresina) por propiciarem todas as condições necessárias para o desenvolvimento deste estudo e pela constante disponibilidade em nos ajudar;

À Sub-Comissão de Biologia Vegetal do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (UNICAMP), através de Ana Tozzi, ao Departamento de Botânica (UNICAMP), pela oportunidade oferecida para a realização de meus estudos e o desenvolvimento do projeto de tese;

Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Botânica (UNICAMP) pelo companheirismo, pelo auxílio em várias etapas do projeto de tese e pelo compartilhamento de conhecimentos e discussões fundamentais em minha formação;

Aos colegas e amigos Rose Oliveira, Roque Cielo, Alessandra Caiafa, Flávio Nunes, Aneliza Miranda, Dani Bertani, Flaviana Maluf, Marisa Gesteira, Valério Melo, Talita Fontoura, Bruno Zacarias, Karin dos Santos, Rita Portela,

Archimedes Granjeiro e Vanessa Rosseto, todos do laboratório de Ecologia (UNICAMP) pelas muitas horas em que ficamos neste espaço;

Aos vários amigos do laboratório de Taxonomia (UNICAMP) por todas as oportunidades, especialmente, ao Leonardo Meireles, Christiano Verola, Lidyane Aona, Andréa Flores e Rodrigo Schültz;

À Ana Lúcia pelo auxílio no laboratório e sua disponibilidade sempre que necessária;

Aos fiéis "mateiros" (guias de campo) Sr. Aderson e, depois, Sr. Romão por permitirem que eu conhecesse um pouco da vegetação do Parque;

Ao Darley Fiácrio pelo companheirismo, colaboração, atenção, incentivo e paciência, às vezes pouca, presentes em todas as etapas de desenvolvimento deste projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO GERAL	1
ABSTRACT	3
INTRODUÇÃO GERAL	5
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8

Capítulo 1 - Classificação e caracterização dos tipos vegetacionais do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí	10
Resumo	10
Introdução	11
Material e métodos	12
Resultados e discussão	15
Agradecimentos	20
Referências bibliográficas	21

Capítulo 2 - Mapeamento da vegetação da porção oriental da bacia do Parnaíba, NE do Brasil utilizando imagens TM/Landsat e dados quantitativos	30
Resumo	30
Introdução	31
Material e métodos	33
Resultados	36
Discussão	41
Agradecimentos	43
Referências bibliográficas	44

Capítulo 3 - Estrutura, relações florísticas e diversidade na transição campo - floresta no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil	55
Resumo	55
Introdução	56
Material e métodos	57
Resultados	60
Discussão	64
Agradecimentos	67
Referências bibliográficas	68
 Capítulo 4 - Relações solo-vegetação numa transição campo - floresta no Nordeste do Brasil	 86
Resumo	86
Introdução	87
Material e métodos	88
Resultados	90
Discussão	94
Agradecimentos	98
Referências	99
 Capítulo 5 - Flora vascular do Parque Nacional de Sete Cidades, estado do Piauí, NE do Brasil	 116
Resumo	116
Introdução	117
Área de estudo	119
Métodos	120
Resultados	121
Discussão	122
Agradecimentos	125
Referências	126

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1* - Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí, NE do Brasil e suas principais vias de acesso. (Fonte: Della Fávera 1999, modificado)..... 26
- Figura 2* - Balanço hídrico anual segundo Thornthwaite & Mather (1955, 1957 *apud* Nimer & Brandão 1985) para o Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira, Piauí, NE do Brasil. P = precipitação, EP = evapotranspiração potencial, ER = evapotranspiração real, EXC = excedente hídrico e DEF = déficit hídrico. 25
- Figura 3* - Tipos fisionômicos encontrados no Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí (Ribeiro & Walter 1998). A) Campo limpo. B) Cerrado rupestre. C) Cerrado típico. D) Cerradão. E) Mata de galeria inundável. F) Mata seca semi-decídua. Tipos fisionômicos. 26

Capítulo 2

- Figura 1* - Localização da área de estudo no NE do Brasil e estado do Piauí, Parque Nacional de Sete Cidades (04° 02'-08'S e 41° 40'-45'W). Imagens TM/Landsat 5 (Composição Colorida 3B/4G/5R)..... 50
- Figura 2* - Mapa temático dos tipos de vegetação encontrados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. 50
- Figura 3* - Tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. A) Floresta tropical semidecídua. B) Floresta aberta latifoliada perenifólia. C) Floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada. D) Cerrado aberto latifoliado perenifólio. E) Cerrado extremamente xeromórfico. F) Campo graminóide cespitoso médio. 52

Capítulo 3

- Figura 1* - Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí, NE do Brasil e suas principais vias de acesso. (Fonte: Della Fávera 1999, modificado). 75
- Figura 2* - Tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. A) Campo graminóide cespitoso médio. B) Cerrado típico ou *sensu stricto* - s.s. C) Cerradão. D) Floresta estacional semidecídua. 75

<i>Figura 3</i> - Variação da densidade absoluta (ind./ha) de quatro espécies ocorrentes nos tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. GR - campo graminóide, CS - cerrado s.s., CE - cerradão e FL - floresta estacional semidecídua.	76
<i>Figura 4</i> - Distribuição dos diâmetros (≥ 3 cm) e das alturas (m) das espécies arbustivo-arbóreas amostradas nos tipos fisionômicos do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Cada caixa ("box-plot") contém 50% dos dados, o maior estreitamento da caixa representa a mediana e o intervalo de confiança. As linhas horizontais superior e inferior representam, respectivamente, os limites superiores do terceiro (75%) e do primeiro (25%) quartis. As linhas verticais indicam o primeiro e o quarto quartis, exceto os valores extremos (*) e muito extremos ($\square$). Se os intervalos de confiança de distribuições diferentes não se sobrepõem, significa que as medianas diferem ao nível de 5% de significância (Wilkinson 1990). 1 - campo graminóide (n = 42 indivíduos), 2 - cerrado s.s., (n = 732), 3 - cerradão (n = 343) e 4 - floresta estacional semidecídua (n = 1399). Caixas ("box-plot") seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$); gl = 3.	76
<i>Figura 5</i> - Diagrama da DCA das parcelas nos eixos 1 e 2. Quatro grupos vegetacionais foram distinguidos no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. GR = campo graminóide, CS = cerrado típico, CE = cerradão e FL = floresta estacional semidecídua.	77
<i>Figura 6</i> - Diagrama da DCA das espécies nos eixos 1 e 2, nos tipos fisionômicos amostrados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. As espécies estão identificadas por números (Tabelas 2 e 5).	77
<i>Figura 7</i> - Esquema da classificação feita pelo TWINSpan dos tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.	78

Capítulo 4

<i>Figura 1</i> - Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí, NE do Brasil e suas principais vias de acesso. (Fonte: Della Fávera 1999, modificado).	105
<i>Figura 2</i> - Tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. A) Campo graminóide cespitoso médio. B) Cerrado s.s. C) Cerradão. D) Floresta estacional semidecídua.	105

Figura 3 - Diagrama de ordenação das parcelas e variáveis ambientais (setas) nos três primeiros eixos produzidos pela análise de correspondência canônica (CCA) da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. As 73 parcelas encontram-se classificadas em quatro tipos fisionômicos: GR = campo graminóide (°), CS = cerrado típico (△), CE = cerradão (●) e FL = floresta estacional semidecídua (▲). As variáveis ambientais estão listadas na tabela 5. 106

Figura 4 - Diagrama de ordenação das espécies nos três primeiros eixos produzidos pela análise de correspondência canônica (CCA) em quatro tipos fisionômicos do cerrado no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Os nomes completos das 84 espécies estão na tabela 2..... 107

Capítulo 5

Figura 1 - Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí, NE do Brasil e suas principais vias de acesso. (Fonte: Della Fávera 1999, modificado). 131

Figura 2 - Porcentagem de espécies nas famílias mais ricas na flora do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Leg = Leguminosae, Big = Bignoniaceae, Poa = Poaceae, Ast = Asteraceae e Rub = Rubiaceae. As outras 82 famílias compreendem 64,6% do número total de espécies. 131

Figura 3 - Espectro biológico dos tipos fisionômicos da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Ph = fanerófitos, Ch = caméfitos, H = hemicriptófitos, G = geófitos, Th = terófitos, Wo = trepadeira lenhosa, Hc = trepadeira herbácea, He = hemiparasita e Hp = holoparasita (Raukiaer 1934; Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). Tipos florestais (FI - floresta ocasionalmente inundada; FL - floresta estacional semidecídua; CE - cerradão), savânicos (CS - cerrado s.s.; CR - cerrado rupestre) e campestre (GR - campo graminóide). 132

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 - Classificação dos tipos vegetacionais estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, segundo as propostas da UNESCO (1973), IBGE (1992) e de Ribeiro & Walter (1998). 28

Tabela 2 - Características ambientais, da vegetação e área ocupada (ha e %) dos tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. 29

Capítulo 2

Tabela 1 - Cobertura total (ha e % de ocupação) de cada tipo de vegetação representada no mapa (Fig. 2) segundo as propostas da UNESCO (1973) e Ribeiro & Walter (1998). 54

Tabela 2 - Tipos de vegetação com suas principais populações, densidade, riqueza de espécies, número de amostras testes e acurácia (%) estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil (UNESCO 1973). 54

Capítulo 3

Tabela 1 - Tipos fisionômicos, área amostral e componentes de diversidade no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. S = número de espécies/famílias (F), H' = índice de diversidade ($\text{nats.indivíduo}^{-1}$) e variância, J = índice de equabilidade e D = índice de dominância. 79

Tabela 2 - Espécies lenhosas amostradas ($\text{DNS} \geq 3 \text{ cm}$) no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Os números da coluna referem-se aos da tabela 5. 80

Tabela 3 - Dez espécies com os maiores valores de importância (VI) amostradas nos tipos fisionômicos do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. n_i = número de indivíduos, DeR , DoR e FeR = densidade, dominância e frequência relativas (%). 82

Tabela 4 - Densidade, área basal, diversidade e riqueza (média $\pm$ desvio padrão) dos tipos fisionômicos do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Valores seguidos por letras diferentes não são estatisticamente diferentes (Tukey, $p < 0,05$); $gl = 3$ 83

Tabela 5 - Matriz resultante da TWINSpan para espécies e parcelas na área de estudo. O lado esquerdo apresenta a sequência dos números e nomes das espécies, os quais são abreviados com as quatro primeiras letras de seus gêneros e as três primeiras da espécie, ver tabela 2. 84

Capítulo 4

<i>Tabela 1</i> - Principais tipos fisionômicos no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil, segundo a proposta da UNESCO (1973). Perfis esquemáticos da vegetação na figura 2.	108
<i>Tabela 2</i> - Espécies lenhosas amostradas com mais de cinco indivíduos ($DNS \geq 3$ cm) no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.	109
<i>Tabela 3</i> - Comparações múltiplas das propriedades dos solos (0 - 20 cm) de quatro tipos de vegetação (0,73 ha) no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Análise de variância (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), com valores em cada linha seguidos por letras iguais não são significativamente diferentes. M.O. = matéria orgânica, H + Al = acidez total, m = saturação de alumínio, S = soma de bases, V = saturação de bases e CTC = capacidade de troca catiônica. Valores das medianas (md) e variação (intervalo de confiança).	111
<i>Tabela 4</i> - Resumo da análise de correspondência canônica (CCA) e teste de permutação de Monte Carlo das 73 parcelas, 84 espécies e nove variáveis ambientais em quatro tipos fisionômicos do cerrado no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.	112
<i>Tabela 5</i> - Análise de correspondência canônica (CCA) das 73 parcelas, 84 espécies e nove variáveis ambientais em quatro tipos fisionômicos do cerrado no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Correlações internas (intra-set) e entre os conjuntos de dados (inter-set) para os dois primeiros eixos de ordenação e matriz de correlações ponderadas entre as variáveis. Correlações $> 0,5$ são indicadas em negrito.	113
<i>Tabela 6</i> - Propriedades químicas dos solos de estudos realizados no gradiente de cerrado no NE e SE do Brasil. M.O. = matéria orgânica e m = saturação de alumínio.	114
<i>Anexo 1</i> - Propriedades físicas e químicas analisadas de 73 amostras de solos (0 - 20 cm) de quatro tipos de vegetação estudadas no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Média ($\pm$ desvio padrão). M.O. = matéria orgânica, H + Al = acidez total, m = saturação de alumínio, S = soma de bases, V = saturação de bases e CTC = capacidade de troca catiônica.	115

Capítulo 5

Tabela 1 - Lista florística e classes de formas de vida das espécies registradas nas fisionomias de cerrado do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Ch = caméfitos, G = geófitos, H = hemicriptófitos, Hc = trepadeira herbácea, He = hemiparasita, Hp = holoparasita, Ph = fanerófitos, Th = terófitos e Wo = trepadeira lenhosa. 1 = Floresta ocasionalmente inundada, 2 = Floresta estacional semidecídua, 3 = Cerradão, 4 = Cerrado s.s., 5 = Cerrado rupestre, 6 = Campo

graminóide. # = número do coletor (M.E. Alencar); em negrito, outros coletores. O asterisco (*) indica espécies invasoras (Mendonça et al. 1998).	133
<i>Tabela 2</i> - Comparação entre o espectro normal de Raunkiaer (esperado) e o espectro das formas de vida dos principais tipos fisionômicos da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades (observado), NE do Brasil. OBS = observado, ESP = esperado, Ph = fanerófito, Ch = caméfito, H = hemicriptófito, G = geófito e Th = therófito.	146
<i>Anexo 1</i> - Taxonomistas/instituições (herbários) a que pertencem. Siglas do Index Herbariorum (Holmgren 1990, Mori <i>et al.</i> 1989, www.nybg.org/bsci/ih)	147

RESUMO GERAL

O Brasil possui uma das mais ricas savanas (cerrados) neotropicais do mundo, colocando-o como um dos detentores de megadiversidade do planeta ("hotspots"). Este estudo teve como principal objetivo contribuir para o conhecimento da flora e estrutura dos cerrados marginais do Brasil (Grupo NE), no Parque Nacional de Sete Cidades - PNSC (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W), municípios de Brasileira e Piracuruca (bacia do Parnaíba), estado do Piauí. O trabalho foi desenvolvido durante dois anos, abrangendo três etapas: i) mapeamento orbital, descrição, caracterização e classificação da vegetação; ii) análise quantitativa e listagem da flora (florística e fitossociologia); e iii) relações entre os solos e a vegetação. Por meio de técnicas de processamento de imagens foi feito o mapeamento utilizando imagem TM/Landsat (Bandas TM3, TM4 e TM5) e uma classificação (Bhattacharya), e depois confirmadas as classes temáticas no campo. Na descrição e caracterização das principais fisionomias foi dada ênfase às espécies mais abundantes e tipos de solos ocorrentes na área. As coletas de material botânico feitas através de caminhadas assistemáticas, concomitantes ao levantamento fitossociológico durante as estações chuvosa e seca, incluíram ervas, subarbustos, arbustos, árvores e lianas. Para o levantamento fitossociológico foram instaladas 73 parcelas (100 m², cada) utilizando a amostragem estratificada aleatória numa transecção iniciada no campo graminóide e encerrada na floresta estacional semidecídua (transição campo-floresta). Em cada parcela foram incluídos indivíduos lenhosos, inclusive cipós, com diâmetro ao nível do solo ≥ 3 cm. Os solos foram mapeados através da abertura de trincheiras e coleta de uma alíquota simples (0 - 20 cm), por parcela, para que fossem feitas as análises físicas e químicas, objetivando estabelecer relações entre a vegetação e variáveis pedológicas. No PNSC foram descritos seis tipos fisionômicos, com os savânicos (cerrado aberto latifoliado perenifólio = cerrado s.s. e cerrado extremamente xeromórfico = cerrado rupestre) totalizando 48,1% da área, seguidos dos florestais (floresta aberta latifoliada perenifólia = cerradão, floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada = mata de galeria inundável e floresta tropical semidecídua = mata seca semidecídua) com 36% e campestre (campo graminóide cespitoso médio = campo limpo) com 14,3% da área da reserva. O uso integrado de dados de sensoriamento remoto e de campo possibilitou a discriminação das comunidades vegetais com boa acuidade ($kappa = 0,582$). Nas 73 parcelas instaladas foram registrados 2516 indivíduos, pertencentes a 139 espécies e 36 famílias. Densidade, área basal total e diversidade decresceram na ordem: floresta estacional semidecídua (FL) > cerradão (CE) > cerrado s.s. (CS) > campo graminóide (GR). Na floresta estacional semidecídua ocorreram 15 espécies de lianas (10,8% do total amostrado) que ocuparam 2,36 m²/ha (7,8%) da área basal total.

Bignoniaceae, Leguminosae e Myrtaceae foram as famílias mais importantes em abundância e riqueza de espécies nos tipos estudados. *Campomanesia aromatica* e *Ephedranthus pisocarpus* (tipo FL), *Plathymenia reticulata* e *Piptadenia moniliformis* (CE), *Terminalia fagifolia* e *Magonia pubescens* (CS) e por fim, *Vatairea macrocarpa*, no tipo GR, foram as populações mais abundantes e com maiores valores de importância (IVI) na área. O TWINSpan e a DCA mostraram resultados coerentes, evidenciando três grupos vegetacionais na área: florestais, savânicos e campestres. Estes três grupos relacionaram-se na forma de um *continuum* estrutural-vegetacional, com limites na maioria graduais, mas às vezes abruptos. Na escala de paisagem, os cerrados marginais do NE estão submetidos à variação espacial nas condições ambientais de solos, disponibilidade hídrica e topografia, e esta variação expressou-se no complexo mosaico de comunidades. Buscando esclarecer as relações entre características dos solos e a distribuição espacial das fisionomias na área (transição campo-floresta), foi utilizada a análise direta de gradientes (CCA), onde os três primeiros eixos canônicos explicaram 15,1% da variação dos dados. O conteúdo de areia total, argila, alumínio, matéria orgânica, fósforo e pH do solo foram identificados como os fatores ambientais preponderantes na composição das comunidades vegetais estudadas. O eixo 1 estaria indicando o gradiente de fertilidade e de textura que condiciona o estabelecimento das florestas (CE e FL), num extremo, e a ocorrência das formações savânico-campestre (CS e GR), no outro extremo. Os parâmetros edáficos estiveram correlacionados com o tipo de vegetação, mas outros fatores como flutuações sazonais do lençol freático, regime e drenagem de água do solo, condições microclimáticas e nível de perturbação (fogo) parecem também influenciar na variação de nutrientes dos solos nas diferentes classes de fisionomias. No levantamento florístico foram coletadas 439 espécies, pertencentes a 281 gêneros e 87 famílias. Deste total, oito espécies foram consideradas invasoras e três são espécies novas para a ciência. A proporção de espécies do estrato herbáceo-subarbustivo para o arbustivo-arbóreo foi de 1:1,6. As famílias mais ricas foram Leguminosae, Bignoniaceae, Poaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, Malpighiaceae e Apocynaceae, as quais representaram 51,3% do total de espécies. O espectro biológico dos tipos de vegetação (floresta estacional semidecídua - FL, cerradão - CE, cerrado s.s. - CS, cerrado rupestre - CR e campo graminóide cespitoso médio - GR) no PNSC foi significativamente diferente do normal de Raunkiaer ($\chi^2_{FL} = 35,3$; $\chi^2_{CE} = 19,2$; $\chi^2_{CS} = 64,6$; $\chi^2_{CR} = 20,4$; $\chi^2_{GR} = 15,8$; gl = 4; $p < 0,05$), exceto o da floresta ocasionalmente inundada - FI ($\chi^2_{FI} = 3,15$; gl = 4; $p < 0,05$). Os resultados poderão subsidiar estratégias de desenvolvimento sustentável, fornecendo conhecimentos básicos para a preservação e conservação dos cerrados.

ABSTRACT

Brazil has one of the richest neotropical savannas (cerrados) in the world, including some of the most important megadiversity hotspots. The main aim of this study was to contribute to knowledge about the flora and the structure of the marginal cerrados in Brazil (NE group) in the Sete Cidades National Park - SCNP (04° 02' - 08'S and 41° 40' - 45'W), in the towns of Brasileira and Piracuruca (Parnaíba river basin), state of Piauí. The present study was carried out over two years in three phases: i) orbital mapping, description, characterization and classification of the vegetation; ii) quantitative analysis and a list of the flora (floristic and phytosociological); and iii) relations between the soils and the vegetation. The mapping was done through image processing techniques using TM/Landsat image (TM2, TM4 and TM5 bands), a classification (Bhattacharya), and then the thematic classes were confirmed in the field. In the description of the main physiognomies emphasis was given to the most abundant species and soil types occurring in the area. Collection of botanical material was done both in the rainy and the dry seasons and included herbs, sub-shrubs, shrubs, trees and lianas gathered in non-systematic trips together with phytosociological study. For the phytosociological study, 100 m² plots were installed using random stratified sampling, totaling 0,73 ha of area of a transect beginning in the grassland and ending in the semideciduous seasonal forest (forest-grassland transition). In each plot woody individuals including lianas with a diameter ≥ 3 cm at ground level were studied. The soils were mapped using soil pits and the collection of a simple aliquot (0 - 20 cm) in each plot for the chemical and physical analyses, aimed at establishing relations between the vegetation and pedological variables. Six physiognomical types were described in the SCNP, with the savanna (evergreen broad-leaved sclerophyllous shrubland = *cerrado s.s.* and deciduous subdesert shrubland with succulents = *cerrado rupestre*) totaling 48,1% of the area, followed by the forest (evergreen broad-leaved woodland = *cerradão*, tropical ombrophilous alluvial occasionally flooded forest = *mata de galeria inundável* and tropical semideciduous forest = *mata seca semidecídua*) with 36% and grassland (medium tall grassland consisting mainly of bunch grasses = *campo limpo*) with 14,3% of the reserve's area. The integrated use of remote sensing and field data made possible the discrimination of the vegetal communities with good accuracy ($kappa = 0,582$). In the 73 plots installed, 2516 individuals were recorded belonging to 139 species and 36 families. The density, total basal area and diversity decreased from the semideciduous seasonal forest (FL) > *cerradão* (CE) > *cerrado s.s.* (CS) > grassland (GR). In the semideciduous seasonal forest we found 15 (10,8%) lianas species, comprising 2,36 m²/ha (7,8%) of the total basal area. Bignoniaceae, Leguminosae and Myrtaceae were the most abundant in

species richness among the types studied. *Campomanesia aromatica* and *Ephedranthus pisocarpus* (FL type), *Plathymania reticulata* and *Piptadenia moniliformis* (CE), *Terminalia fagifolia* and *Magonia pubescens* (CS) and finally, *Vatairea macrocarpa*, in the GR type, were the most abundant populations and had the greatest importance values (IV) in the area. The TWINSpan and the DCA show coherent results with three vegetational groups in the area: forest, savanna and grassland. These three groups are related in a structural-vegetational continuum mostly with gradual limits, but sometimes the transition abrupt. At the landscape scale, the marginal *cerrados* of the NE are subject to spatial variations in environmental conditions of the soil, hydric availability and topography, and these variations were expressed in the complex community patchwork. In an attempt to clarify the relations between soil characteristics and the spatial distribution of the physiognomies in the area (forest-grassland transition), gradient direct analyses (CCA) was used. The three first axes explained 15,1% of the data variation. The content of total sand, clay, aluminium, organic matter, phosphorus and pH of the soil were identified as preponderant environmental factors in the composition of the plant communities studied. Axis 1 appears to indicate a fertility gradient and soil texture that determine the establishment of forests (CE and FL) at one extreme and the occurrence of savanna-grassland formations (CS and GR) at the other. Edaphic parameters were correlated with the vegetation types, but other factors such as seasonal fluctuations of the water table, soil water, regime and drainage, microclimatic conditions and the disturbance level (fire) also seem to influence the variation of nutrients in the soil in the different physiognomical classes. In the floristic study, 439 species were collected, belonging to 281 genera and 87 families. This material was deposited at the TEPB/UFPI, UEC/UNICAMP and HUEFS/UEFS herbaria. Out of this total, eight species were considered as weeds, and three are new species. The proportion of species from the herbaceous to the woody stratum was of 1:1.6. The richest families were Leguminosae, Bignoniaceae, Poaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, Malpighiaceae and Apocynaceae, representing 51.3% of the species total. The biological spectrum of vegetation types the SCNP (tropical semi-deciduous forest = FL; evergreen broad-leaved woodland = CE; evergreen broad-leaved sclerophyllous shrubland = CS; deciduous subdesert shrubland with succulents = CR and medium tall grassland consisting mainly of bunch grasses = GR) was significantly different from Raunkiaer's normal spectrum ($\chi^2_{FL} = 35,3$; $\chi^2_{CE} = 19,2$; $\chi^2_{CS} = 64,6$; $\chi^2_{CR} = 20,4$; $\chi^2_{GR} = 15,8$; $df = 4$; $p < 0,05$), except the tropical ombrophilous alluvial occasionally flooded forest = FI ($\chi^2_{FI} = 3,15$; $df = 4$; $p < 0,05$) being phanerophytes, hemicryptophytes and chamaephytes the most important classes in the area. Our results could contribute to sustainable development strategies, providing basic knowledge for the preservation and conservation of the savannas.

INTRODUÇÃO GERAL

O domínio dos cerrados é o segundo maior do país, estendendo-se em todas as regiões do Brasil com estação seca definida e precipitação intermediária variando de 750 - 800 mm do lado mais seco até 2.000 mm no outro (Eiten 1972, 1977). No seu limite N-SE é circundado pela floresta amazônica e atlântica e no NO-NE pela caatinga e chaco. No Brasil Central, a vegetação dos cerrados cobre 90% da área, também ocorrendo em áreas disjuntas do norte, nordeste e sudeste do país. Os cerrados brasileiros são uma das mais ricas savanas do mundo, sendo cerca de 40% de suas espécies endêmicas (Solbrig 1996, Myers et al. 2000).

A classificação da vegetação dos cerrados tem sofrido falta de uniformidade ou continuidade no emprego de suas denominações (sistemas de classificação), o que tem criado uma série de problemas na comparação dos dados, tornando sua conceituação e terminologia bastante confusa (Coutinho 1978). É sabido que os cerrados apresentam marcante variação fisionômica e florística e há tentativas de elaboração de sistemas de classificação que possam conter toda a sua variação fisionômica (Eiten 1972, Ribeiro & Walter 1998).

Ratter et al. (2002) publicaram a mais recente atualização da flora lenhosa em áreas de cerrado, particularmente das situadas no centro-oeste ou norte da abrangência do cerrado. A escolha daquelas áreas decorreu da inexistência de levantamentos e por haver indicações de que seriam áreas de excepcional biodiversidade ("hotspots"). Os resultados mostraram que o padrão de diversidade da vegetação lenhosa do cerrado parece estar restrito a 300 espécies mais comuns (espécies peculiares) e a um elevado número de espécies raras (espécies acessórias). Mais recentemente, Durigan et al. (2003) estabeleceram os principais padrões fitogeográficos do cerrado de São Paulo, numa perspectiva regional.

Estudos abordando a diversidade alfa e beta da vegetação de cerrado têm importantes consequências para o planejamento e conservação, uma vez que poderão subsidiar as ações de estabelecimento das futuras áreas de proteção que possam representar adequadamente a diversidade daquela vegetação (Joly et al. 1999, Ratter et al. 2000, 2002). Estes últimos autores apontam como os lugares com os maiores números de espécies os situados na periferia do domínio do Cerrado, próximo à transição com a floresta amazônica ("hotspots" de biodiversidade). Contudo, apesar de suas localizações, a diversidade está constituída de espécies características do cerrado.

No Brasil, os cerrados têm sido considerados como a última fronteira produtora de grãos (Castro 1996, Ratter et al. 1997). A crescente ocupação das paisagens naturais por atividades antrópicas tem sido uma das maiores ameaças à biodiversidade (Ehrlich 1997). Atualmente, 67%

das áreas de cerrado foram consideradas como “altamente modificadas”, restando somente 20% em seu estado original (Mittermeier et al. 1999). Destas últimas, as maiores áreas foram encontradas no setor da Bacia Parnaibana, considerada um dos supercentros de biodiversidade do cerrado - cerrados marginais (Castro 1996), mas que também tem recebido grande interferência antrópica. Para esses cerrados, a ausência de um conhecimento mínimo da flora tem dificultado a sua caracterização, bem como a seleção de estratégias de gerenciamento numa perspectiva de desenvolvimento sustentável.

No Nordeste, os cerrados têm sua maior concentração nos estados do Piauí e Maranhão, onde revestem, principalmente, o setor da Bacia Parnaibana com uma superfície aproximada de 20 milhões de hectares (Fernandes 1998). Nesses estados, os cerrados assentam-se sobre as bacias sedimentares do mesozóico e paleozóico, onde predominam solos pobres em nutrientes, profundos e lixiviados, de alta saturação por alumínio e baixo pH (Brito 1979, Sampaio et al. 1994). No Piauí, ocupam as porções centro-norte e sudoeste, perfazendo uma área de 8.349.759 ha (33% da área total do estado) em seu domínio puro, além de apresentar extensas áreas de transição com outros tipos vegetacionais (CEPRO 1992, Castro et al. 1998, Castro 1999, 2003).

Para a vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades existem escassos trabalhos (BRASIL 1973, IBDF 1979, Barroso & Guimarães 1980), os quais a caracterizaram ora como cerrado (flora oreádica), ora como caatinga (flora hamadriádica). Barroso & Guimarães (1980) afirmaram que aquela vegetação assemelha-se a um mosaico, predominando o tipo fisionômico cerrado *lato sensu*. No presente trabalho durante suas primeiras excursões de campo esteve inserido no Programa de Fitossociologia e Fitodiversidade dos Cerrados Marginais - (FITCEM/TROPEN/PRPPG/UFPI), possuindo como principal objetivo dar continuidade aos estudos de diversidade em áreas de cerrado iniciados no estado do Piauí por pesquisadores daquele núcleo de pesquisa. Como resultados daquele projeto, mais tarde o Parque Nacional de Sete Cidades foi consolidado e incluído como *site* permanente de pesquisas durante 10 anos com financiamento dado pelo CNPq através do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (CNPq/PELD).

Com base no exposto acima, neste estudo pretende-se investigar a vegetação existente no Parque Nacional de Sete Cidades, municípios de Brasileira e Piracuruca, Piauí, NE do Brasil. Com este fim, objetiva-se classificar e caracterizar os principais tipos fisionômicos da vegetação, estimar a extensão de ocupação de área por fisionomia, esclarecer as variações florísticas e estruturais da vegetação, sugerir quais prováveis variáveis ambientais seriam mais influentes no local e, por fim, fornecer o espectro biológico e a lista florística (flora) vascular da área.

Este trabalho foi escrito na forma de capítulos, e, às vezes, sobreposições de temas são situações inevitáveis. O primeiro capítulo trata da classificação e caracterização dos principais tipos

fisionômicos da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades. Nele foi utilizada a proposta de classificação de Ribeiro & Walter (1998) e foi dada ênfase nas principais espécies e tipos de solos ocorrentes em cada fisionomia. Também relacionou-se a maioria dos estudos realizados na área, numa tentativa de fornecer subsídios para a reformulação da 2ª. edição do Plano de Manejo da reserva, que, em 2004, completa 25 anos de sua publicação.

No segundo capítulo foi feito o mapeamento orbital utilizando imagens TM/Landsat e estimada a cobertura vegetal da área com suas principais fisionomias (florestais, savânicas ou campestres), posteriormente sendo classificada através de um sistema internacional de nomenclatura de vegetação (UNESCO 1973). No processo de classificação foi necessário considerar as diferenças na distribuição da vegetação, composição e dinâmica dos processos ecológicos.

No capítulo três foram abordados aspectos relacionados às variações florísticas, estruturais e de diversidade existentes numa transecção do campo graminóide à floresta estacional semidecídua (transição campo-floresta), totalizando quatro tipos fisionômicos. O principal objetivo foi esclarecer como as comunidades vegetais estavam dispostas no espaço, se por meio de um gradiente (*continuum* vegetacional) ou se na forma de mosaicos de vegetação (*community type*).

Com os esclarecimentos do terceiro capítulo foi utilizada a análise direta de gradientes para buscar as prováveis variáveis ambientais que estariam influenciando no gradiente ecológico na área. Como variáveis utilizadas nesta abordagem foram usadas as propriedades físicas (textura) e químicas (nutrientes) dos solos da área.

Finalmente, no quinto capítulo, com o objetivo de contribuir para o conhecimento da flora dos cerrados marginais do NE foram fornecidos o espectro biológico e a lista da flora vascular da área, com informações das formas de vida e fisionomias em que ocorreram as espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Barroso, G.M. & Guimarães, E.F. 1980. Excursão botânica ao Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. *Rodriguésia* 32: 241-267.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1973. *Projeto RADAM*. v.2. Folha SB.23 Teresina e parte da Folha SB.24 Jaguaribe; vegetação. MME/DNPM, Rio de Janeiro.
- Brito, I.M. 1979. Bacias sedimentares e formações pós-paleozóicas do Brasil. p.41-52: bacias e formações sedimentares do meio norte; p.59-96: as bacias sedimentares do nordeste do Brasil. Interciência, Rio de Janeiro.

- Castro, A.A.J.F. 2003. Survey of the vegetation in the state of Piauí. In: Gaiser, T., Krol, M., Frischkorn, H. & Araújo, J.C. (eds.). *Global change and regional impacts: water availability and vulnerability of ecosystems and society in the semiarid northeast of Brazil*. Springer-Verlag, New York, pp. 117-123.
- Castro, A.A.J.F. 1999. Cerrados do nordeste do Brasil: caracterização, biodiversidade e desastres. *Publicações Avulsas em Ciências Ambientais* 1: 1-19.
- Castro, A.A.J.F. 1996. Cerrados do Brasil e do Nordeste: considerações sobre os fatores ecológicos atuantes, ocupação, conservação e fitodiversidade. *Revista Econômica do Nordeste* 27: 183-205.
- Castro, A.A.J.F., Martins, F.R. & Fernandes, A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, northeastern, Brazil. *Edinburg Journal of Botany* 55: 455-472.
- CEPRO. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. 1992. *Perfil dos municípios*. CEPRO, Teresina.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1: 17-23.
- Durigan, G., Ratter, J.A., Bridgewater, S., Siqueira, M.F. & Corrêa Franco, G.A.D. 2003. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. *Hoehnea* 30: 39-51.
- Ehrlich, P.R. 1997. A perda da diversidade: causas e consequências. In: Wilson, E.O. (ed.). *Biodiversidade*, Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, pp. 27-35.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review* 38: 201-341.
- Eiten, G. 1977. Delimitação do conceito de cerrado. *Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro* 21: 125-134.
- Fernandes, A. 1998. *Fitogeografia brasileira*. Ed. Multigraf, Fortaleza.
- IBDF. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1979. *Plano de Manejo*: Parque Nacional de Sete Cidades. M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), Brasília.
- Joly, C.A., Aidar, M.P.M., Klink, C.A., McGrath, D.G., Moreira, A.G., Moutinho, P., Nepstad, D.C., Oliveira, A.A., Pott, A., Rodal, M.J.N. & Sampaio, E.V.S.B. 1999. Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation. *Ciência e Cultura* 51: 331-348.
- Mittermeier, R.A., Myers, N., Mittermeier, C.G. & Gil, P.R. 1999. *Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Conservation International do Brasil, CEMEX. (Anexo, ed. Heloisa de Oliveira/tradução e revisão Heleine Heringer).
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-845.

- Ratter, J.A., Bridgewater, S. & Ribeiro, J.F. 2002. Biodiversity patterns of woody cerrado vegetation: an overall view. In: Araújo, E.L., Moura, A.N., Sampaio, E.S.B., Gestinari, L.M.S. & Carneiro, J.M.T. (eds.). *Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil*. UFRPE, Brasil/Imprensa Universitária, Recife, pp. 55-57.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. 2000. Woody flora distribution of the cerrado biome: phytogeography and conservation priorities. In: Cavalcanti, T.B. & Walter, B.M.T. (eds.). *Tópicos atuais em botânica: palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica*. EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia/Sociedade Botânica do Brasil, Brasília, pp. 340-342.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. 1997. The brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany Company* 80: 223-230.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. de (eds.). *Cerrado: ambiente e flora*. EMBRAPA - CPAC, Planaltina, pp. 89-166.
- Sampaio, E.V.S.B., Souto, A., Rodal, M.J.N., Castro, A.A.J.F. & Hazin, C. 1994. Caatingas e cerrados do NE: biodiversidade e ação antrópica. In: *Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação*. Fundação Esquel do Brasil, Brasília.
- Solbrig, O.T. 1996. The diversity of the savanna ecosystem. In: Solbrig, O.T., Medina, E. & Silva, J.F. (eds.). *Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective*. Springer, Germany, pp. 1-27.
- UNESCO. 1973. *International classification and mapping of vegetation*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.

**Classificação e caracterização dos tipos vegetacionais do Parque Nacional de Sete Cidades,
Piauí[§]**

MARIA EDILEIDE ALENCAR OLIVEIRA^{1,2} e FERNANDO ROBERTO MARTINS³

RESUMO - (Classificação e caracterização dos tipos vegetacionais do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí). O Piauí está localizado numa área de transição ecológica, submetido a elevada variação espacial e temporal. A vegetação mostra um complexo mosaico de tipos fisionômicos, que inclui desde as caatingas, os mais secos, até as matas de babaquais e florestas estacionais semidecíduas, os mais úmidos. Neste estudo foi feita a classificação, descrição e caracterização das fisionomias da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), com ênfase nas características de tipos de solos e espécies mais abundantes. Foram realizadas coletas mensais de material botânico durante dois anos, incluindo ervas, subarbustos, arbustos, árvores e lianas, através de caminhadas assistemáticas. Do PNSC foram descritos seis tipos fisionômicos, com os savânicos (cerrado típico e cerrado rupestre) totalizando 48,1% da área, seguidos dos florestais (cerradão, mata de galeria inundável e mata seca semidecídua) com 36% e campestre (campo limpo) com 14,3% da área da reserva. Para fornecer subsídios ao planejamento e gerenciamento dos recursos vegetacionais da área, é recomendado que em estudos de vegetação seja feito o uso de propostas de classificação em escalas variadas (regional, nacional e internacional) possibilitando assim o reconhecimento dos tipos de vegetação em paisagem ou em outros níveis de detalhamento.

Palavras-chave: Bacia do Parnaíba, bioma cerrado, NE do Brasil, transição ecológica.

[§] Instruções da Revista Brasileira de Botânica (*Brazilian Journal of Botany*).

1. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal - UNICAMP - Caixa Postal 6109, 13083-970, Campinas, SP, Brasil.

2. Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí - CEFET - Rua Francisco Urquiza Machado, 462, Meladão, CEP 64800-000, Floriano, PI, Brasil. Autor para correspondência: meaoliveira@hotmail.com

3. Instituto de Biologia - Departamento de Botânica - UNICAMP - Caixa Postal 6109, 13083-970, Campinas, SP, Brasil.

Introdução

O estado do Piauí está situado numa área de tensão ecológica, com vegetação de transição ou de ecótonos (IBGE 1992), sofrendo influência de três províncias florísticas: a floresta amazônica, os cerrados e as caatingas (Ducke & Black 1953, Rizzini 1963, Andrade 1968). Em geral, áreas ecotonais têm sido definidas como zonas de transição entre ecossistemas adjacentes, tendo a paisagem o padrão de manchas de vegetação (Fernandes 1998, Bowersox & Brown 2001).

Devido à elevada heterogeneidade espacial e ambiental, a cobertura vegetal do Piauí apresenta-se como um complexo mosaico de tipos vegetacionais que vão desde os mais secos, como as caatingas, distribuídas a leste e sudeste; passando pelos carrascos em sua parte central e nordeste; seguidos dos cerrados em sua porção centro-norte e sudoeste, até os mais úmidos, como as matas de babaquais e florestas estacionais semidecíduas instaladas nos limites dos estados do Piauí e Maranhão e nas depressões da bacia do Parnaíba, em toda a sua extensão (Rizzini 1963, Andrade-Lima 1966, Fernandes 1982, Emperaire 1985, Oliveira *et al.* 1997, Castro 2003).

Em 1961 foi criado o Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), com área de 62,21 km², com objetivos de proteger a diversidade dos recursos hídricos, vegetacionais e paisagísticos ocorrentes na área (IBDF 1979). Os primeiros estudos desenvolvidos no PNSC trataram de aspectos como origem e formação de suas feições geomorfológicas, principalmente a descrição e catalogação de inscrições rupestres (Fortes 1996, M.C.S.M. Lage, dados não publicados). Depois, Barroso & Guimarães (1980) realizaram o primeiro levantamento florístico da área, listando 228 espécies nas várias formas de crescimento. Recentemente, outros estudos vêm sendo desenvolvidos, abrangendo desde os geomorfológicos e levantamentos florísticos e quantitativos dos tipos fisionômicos, de grupos taxonômicos de fanerógamas, briófitas, mixomicetos, fungos zoospóricos e de animais (Digby *et al.* 1996, Mobin 1999, Cavalcanti & Mobin 2001, Rocha *et al.* 2001, Santos 2001, Barros 2002, Castro *et al.* 2002, Mesquita 2002, A.S. Silva, dados não publicados, M.E.A. Oliveira *et al.*, dados não publicados).

O PNSC foi considerado uma das áreas prioritárias de conservação da biodiversidade do cerrado e do pantanal (Brasil 1999) e da caatinga (Brasil 2002) e, recentemente, foi enquadrado na expansão da Reserva da Biosfera da Caatinga (A.A.J.F. Castro, comunicação pessoal). Desde 2002, o PNSC foi selecionado como um dos sítios permanentes de pesquisas dos cerrados marginais do Brasil, tendo recebido apoio financeiro do CNPq através do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (MCT/CNPq/PELD).

Contudo, apesar da importância do PNSC, são escassos os trabalhos sobre sua vegetação, sobre cuja classificação não existe consenso (Brasil 1973, IBDF 1979, Barroso & Guimarães 1980). Esses autores ora a classificaram como cerrado (flora oreádica) ora como transição cerrado/caatinga (flora hamadriádica). Barroso & Guimarães (1980) afirmaram que a vegetação constitui um mosaico de tipos, predominando o cerrado sentido amplo.

Este estudo teve como objetivo classificar, descrever e caracterizar as fisionomias da vegetação do PNSC, com ênfase nas características de tipos de solos e espécies mais abundantes.

Material e métodos

A área de estudo

Localização e histórico. O PNSC localiza-se no NE do estado do Piauí, na área marginal da Província dos Cerrados, abrangendo parte dos municípios de Brasileira e Piracuruca (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W, com altitudes variando de 100 a 290 m), distante 190 km de Teresina (figura 1). Possui como principais vias de acesso a BR-222, trecho Piripiri/Fortaleza, e a BR-343, trecho Teresina/Parnaíba. A área hoje ocupada pelo PNSC foi descrita pela primeira vez pelo Conselheiro Tristão de Alencar Araripe, em 09 de dezembro de 1886, por meio da comunicação "Cidades Petrificadas e Inscrições Lapidares do Brasil" junto ao Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro (Della Fávera 1999, Schwennhagen 2001). A oficialização da criação do PNSC foi feita através do Decreto Federal nº. 50.744, de 8 de junho de 1961, com uma área de 6.221,48 ha, englobando o maior monumento natural da área que é a Serra Negra, na qual em sua extremidade meridional ocorrem as cidades de pedra. O PNSC recebeu este nome devido à presença de sete praças, isto é, de sete grupos de afloramentos areníticos de formas irregulares observados na reserva (IBDF 1979).

Relevo e tipos de solos. O PNSC está inserido na bacia sedimentar do Parnaíba, do Meio-Norte ou do Piauí-Maranhão, localizando-se a uma distância aproximada de 100 km da cuesta da Ibiapaba. Possui como substrato geológico a formação Cabeças (Grupo Canindé), constituída de arenito grosso creme e esbranquiçado, mal selecionado, com grãos subangulares e brilhantes, passando a siltito cinza e arroxeadado, argiloso, com intercalação de folhelho cinza, fissil, contendo localmente rastros e tubos de vermes (Fortes 1996, Santos 2001). As características litológicas, sedimentares e paleontológicas da formação Cabeças pressupõem ambiente deposicional litorâneo. Quatro feições geomorfológicas foram definidas para a área: (1) afloramentos rochosos podendo ser maciços (modelado ruiniforme alto) ou esculpidos (modelado ruiniforme baixo ou lajeado), (2) pavimentos

de blocos, (3) formações arenosas e (4) couraça ferruginosa (Santos 2001). As três últimas foram denominadas de formações superficiais por aquela autora. Das feições ocorrentes no PNSC as mais importantes são os afloramentos rochosos ao norte e as formações arenosas que dominam o restante do Parque. Os técnicos do IBDF (1979) registraram a ocorrência de duas classes principais de solos na área: as Areias Quartzosas e os Solos Hidromórficos, respectivamente Neossolos Quartzarênicos e Planossolos, segundo o sistema brasileiro de classificação de solos da EMBRAPA (1999).

Topografia e drenagem. O Parque possui relevo suave, como toda a bacia sedimentar do Parnaíba, inserindo-se no compartimento regional do Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba (Lima 1987). A topografia dominante são as chapadas planas formando mesas e escarpas abruptas, sendo a feição ruiforme um agrupamento bastante expressivo no PNSC (Ab'Sáber 1977, IBDF 1979, Lima 1987, Fortes 1996, Santos 2001). As formas do relevo apresentam altitudes que variam de 100 a 300 m, esta última correspondendo às serras locais da Descoberta e Negra (Santos 2001). O PNSC possui inúmeras nascentes que formam os rios Piracuruca e Matos, integrantes da sub-bacia do rio Longá com área de 2.843 km² (Rivas 1996). O divisor de águas da área é a falha do Morro do Cochicho, considerado a maior cota altimétrica (Santos 2001). A maior vazão dos rios e riachos ocorre de janeiro a agosto, e no resto do ano, chega a secar total ou parcialmente (IBDF 1979). No período chuvoso, principalmente na porção oeste da área, são originados riachos que formam grandes planícies inundáveis.

Vegetação e fauna. Recentemente foi realizado o mapeamento da vegetação através de imagem TM/Landsat, tendo sido encontrado um padrão em mosaico dos cerrados marginais num contexto de paisagem (M.E.A. Oliveira *et al.*, dados não publicados). Com relação à fauna, os estudos são ainda bastante incipientes, mas já foram iniciados com os grupos das aves e pequenos mamíferos (quirópteros e primatas), principalmente (Digby *et al.* 1996, A.S. Silva, dados não publicados, S.M.M.M. Dantas, dados não publicados). Na área são encontradas espécies de animais da região de cerrado, da caatinga e da floresta latifoliada amazônica, uma fauna que parece ser mais rica que a de cerrado apenas (IBDF 1979). Digby *et al.* (1996) fizeram o primeiro registro da população de sagüi (*Callithrix jacchus*) em três áreas do PNSC. Essa espécie é endêmica do NE do Brasil, com registros anteriores restritos às florestas costeiras semidecíduas dos estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. No PNSC foram identificadas 182 espécies de aves (40 famílias e 151 gêneros), estando duas delas na lista de ameaçadas de extinção: o jacu-verdadeiro (*Penelope jacucaca*) e o ferreiro (*Procnias averano*) segundo A.S. Silva (dados não publicados).

Fogo. Estudos abordando este tema, até o momento, têm sido realizados empiricamente. O fogo na área tem ocorrido acidentalmente, iniciado pelos moradores de áreas limítrofes do Parque. O administrador do Parque, Sr. Francisco Medeiros (comunicação pessoal) afirmou que a cada cinco anos, em média, ocorre fogo na área e sempre na estação seca. O último registro de fogo foi em 1996. Em decorrência desse tempo relativamente longo sem queimar, o estrato herbáceo-subarbustivo chega a alcançar 1,20 cm de altura, às vezes mais, favorecendo sobremaneira a propagação de incêndios (Arruda 2001, Coutinho 2002). O efeito do fogo nas diferentes comunidades vegetais permanece desconhecido na área.

Coleta e análise de dados

Balanço hídrico e classificação climática. Foi elaborado o balanço hídrico normal segundo Thornthwaite & Matter (1955, 1957 *apud* Nimer & Brandão 1985), baseado em dados de temperaturas estimadas por regressão linear (Lima & Ribeiro 1997, Lima & Assunção 2002) e de precipitação com série superior a 30 anos coletados no Posto Meteorológico de Brasileira (04° 07' 54''S e 41° 46' 52''W, 180 m), distante 20 km da área do Parque. Os dados foram fornecidos pelo Departamento de Hidrometeorologia da Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Recursos Hídricos do Piauí (SUDENE 1990). A estimativa do balanço hídrico foi feita através do software BALANÇO HÍDRICO (Varejão-Silva & Reis 1988).

Levantamento florístico. Foram realizadas coletas mensais de material botânico durante dois anos, incluindo ervas, subarbustos, arbustos, árvores e lianas (Font-Quer 1973, Mori *et al.* 1989) através de caminhadas assistemáticas. Foram coletados de oito a dez exemplares de cada espécime e processados através de técnicas usuais de herborização (Mori *et al.* 1989). A identificação do material botânico foi por comparação com outros já identificados e por especialistas. Foi montada e depositada uma coleção no herbário TEPB/UFPI e enviadas duplicatas para os herbários UEC/UNICAMP e HUEFS/UEFS (Holmgren *et al.* 1990). As espécies predominantes em cada tipo vegetacional foram utilizadas na caracterização e classificação da vegetação na área. A lista florística dos principais tipos de vegetação do PNSC foram apresentados em M.E.A. Oliveira *et al.* (dados não publicados).

Classificação da vegetação e do solo. Os tipos vegetacionais foram classificados com base na chave de Ribeiro & Walter (1998), nas propostas da UNESCO (1973) e do IBGE (1992). Na caracterização das classes de solos foram utilizadas análises físicas e químicas de alíquotas simples

de trincheiras abertas (1,0 x 2,0 x 1,6 m) nos tipos vegetacionais, num total de oito (Camargo *et al.* 1986, Lemos & Santos 1996). As análises basearam-se nos métodos da EMBRAPA (1979), feitas no Laboratório de Análise de Solos (LASO), Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, em Teresina. Foi adotado o sistema de classificação de solos da EMBRAPA (1999).

Resultados e discussão

A precipitação média anual foi de 1.557,8 mm (figura 2), com excedente hídrico de 660 mm nos meses mais chuvosos (fevereiro, março e abril) e déficit de 706 mm de junho (14 mm) a dezembro, com o maior déficit em setembro (138 mm). De janeiro a maio, a evapotranspiração potencial foi igual à real, sendo a evapotranspiração potencial anual de 1.603 mm (Varejão-Silva & Reis 1988). Devido à localização geográfica do PNSC em baixas latitudes, predominam médias térmicas anuais superiores a 25°C. A temperatura média anual é de 26,5°C, com pouca variação das médias mensais, ocorrendo as menores temperaturas em maio e junho (média de 25,6°C) e as maiores (média de 28,1°C), em outubro (Lima & Assunção 2002). Os meses de agosto, setembro e outubro registraram as menores precipitações que, associadas às maiores temperaturas, correspondem ao trimestre mais crítico para a ocorrência de fogo no Parque. O índice de umidade (Im) foi de 41,17% e o de aridez (Ia) de 44,04%. O índice hídrico (Ih) foi positivo de 14,74%. O clima é do tipo C₂w₂A'_{4a}' (subúmido úmido com grande deficiência de água, quarto megatérmico e pequena amplitude térmica anual), segundo Thornthwaite & Mather (1955, 1957 *apud* Nimer & Brandão 1985).

No mapeamento da cobertura vegetal do PNSC (M.E.A. Oliveira *et al.*, dados não publicados) foram distinguidos seis tipos vegetacionais (Ribeiro & Walter 1998): florestais (cerradão, mata de galeria inundável e mata seca semidecídua), savânicos (cerrado típico e cerrado rupestre) e campestre (campo limpo). A figura 3 ilustra os tipos vegetacionais no PNSC.

Os tipos vegetacionais foram enquadrados nas propostas de classificação da vegetação em escalas internacional (UNESCO 1973), nacional (IBGE 1992) e regional (Ribeiro & Walter 1998), conforme a tabela 1. Nesta última proposta, foi registrada a ocorrência de 22 fitofisionomias para os cerrados do Brasil, podendo a maioria dos tipos estruturais encontrados ser incluída no domínio dos cerrados. O cerrado típico é a fisionomia que ocupa a maior extensão (37,6% da área), seguido do cerradão (24,3%) e campo limpo (14,3%), como mostra a tabela 2. As formações savânicas (cerrado típico e cerrado rupestre) totalizaram 48,1% da área, seguidas das florestais (cerradão, mata de galeria inundável e mata seca semidecídua) com 36% da área da reserva. A seguir são descritos os

principais tipos vegetacionais do PNSC, associados às suas classes de solos e espécies vegetais mais abundantes.

1. Campo limpo:

Este tipo possui fisionomia predominantemente herbácea, de aspecto robusto, em algumas situações chegando a atingir até 1,5 m de altura, com abundantes populações de Gramineae, Leguminosae, Asteraceae e Amaranthaceae. O campo limpo ocorreu associado aos Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Litólicos e Planossolos. Foi possível distinguir dois subtipos de campo limpo: (a) Campo limpo seco em Neossolos Quartzarênicos, com grande abundância de *Andropogon fastigiatus* Sw., *Aristida longifolia* Trin., *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip, *C. fagonoides* (Vogel) H.S.Irwin & Barneby e *Elephantopus hirtiflorus* DC. (b) Campo limpo úmido em Neossolos Litólicos e Planossolos, havendo flutuação do lençol freático até à superfície ao longo do ano e também impedimento de infiltração da água, ocorrendo como espécies mais abundantes *Gomphrena agrestis* Mart., *Mimosa sensitiva* L. *M. somnians* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Sacciolepis vilvoldes* (Trin.) Chase. Em alguns locais, ocorreram indivíduos arbóreos isolados de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (murici-da-praia), *Hymenaea courbaril* var. *longifolia* (Benth.) Y.T.Lee & Andrade-Lima (jatobá-de-porco) e de *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (amargoso).

2. Cerrado típico:

Esta fisionomia ocupou a maior área no Parque (tabela 2), caracterizando-se pela presença de dois estratos, o herbáceo-subarbustivo e o arbustivo-arbóreo, o último com alturas em torno de 5 m. Tortuosidade dos ramos, ramificação irregular, ritidoma esfoliado corticoso rígido e casca suberosa macia foram aspectos bastante frequentes nas plantas do estrato arbustivo-arbóreo desta fisionomia. Com muita abundância ocorreram *Byrsonima coriifolia* A.Juss. (murici-de-chapada), *B. crassifolia* (L.) Kunth (murici-da-praia), *Curatella americana* L. (sambaíba), *Terminalia fagifolia* Mart. & Zucc. ex Eichler (cascudo), *Himatanthus drasticus* (Mart.) Plumel (janaguba), *Hymenaea courbaril* var. *longifolia* Y.T.Lee & Andrade-Lima (jatobá-de-porco), *Magonia pubescens* A.St.-Hil. (tingui-de-bola), *Qualea grandiflora* Mart. (pau-terra) e *Tocoyena formosa* (Cham. & Schltdl.) K.Schum. subsp. *formosa* (jenipapo). Os Latossolos e Plintossolos foram as principais classes de solos associadas ao cerrado típico.

Com relação ao campo limpo e cerrado típico não houve discordância entre as propostas de classificação da vegetação segundo a UNESCO (1973), o IBGE (1992) ou Ribeiro & Walter (1998), sendo as descrições fisionômicas bastante coincidentes.

3. Cerrado rupestre:

Plantas pouco desenvolvidas de até 2 m de altura e diversas adaptações à seca, ocorrendo em afloramentos rochosos (sedimentares ou ferruginosos), caracterizam este tipo vegetacional, que tem uma flora peculiar. As espécies mais abundantes foram: *Encholirium erectifolium* L.B.Sm. (macambira), *Paepalanthus* sp., *Pilosocereus flavipulvinatus* (Buining & Brederoo) F.Ritter (facheiro), *P. gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & Rowley (xique-xique), *Vellozia tubiflora* (A.Rich.) Kunth (canela-de-ema), *Vernonia grisea* Baker e *Syngonanthus* sp. Às vezes ocorriam indivíduos marcadamente pouco desenvolvidos, de aspecto raquítico, de *Qualea parviflora* Mart. (pau-terra) e *Terminalia fagifolia* Mart. & Zucc. ex Eichler (cascudo), com alturas de 1,5 m, bem abaixo das normalmente encontradas no PNSC para aquelas espécies. Nessas áreas, na estação chuvosa, são formadas pequenas poças d'água, onde são encontradas as espécies insetívoras *Drosera montana* A.St.-Hil. var. *montana*, *Utricularia sandwithii* P.Taylor e *U. subulata* L., com bastante frequência, bem como indivíduos de *Angelonia* sp., *Bacopa angulata* (Benth.) Edwall, *Bulbostylis conifera* (Kunth) C.B.Clarke, *Xyris savanensis* Miq. e *Tocoyena hispidula* Standl.(angelca-branca), esta última um arbusto escandente ocorrendo em grandes populações. Os Neossolos Litólicos estiveram associados ao cerrado típico.

Cerrado rupestre foi uma denominação dada inicialmente ao tipo fisionômico de cerrado assentado sobre afloramentos na região de Salgadeira, Chapada dos Guimarães, Mato Grosso (Oliveira-Filho & Martins 1986). Conforme mostra a tabela 1, o cerrado rupestre não pôde ser enquadrado na proposta de classificação do IBGE (1992). Naquela proposta somente foram descritos quatro tipos fisionômicos para os cerrados no Brasil, não incluindo, portanto, o cerrado rupestre.

4. Cerradão:

Tipo florestal de maior ocorrência na área do Parque, quase sempre contíguo à mata seca semidecídua (tabela 2). Semelhante ao cerrado típico, sua fisionomia tem dois estratos, sendo o herbáceo-subarbustivo bastante escasso, no qual predominou a gramínea *Streptostachys asperifolia* Desv., formando tufo. Nessa fisionomia predominaram árvores altas e retas com alturas de 7 m e troncos de casca fina, lisa ou às vezes rugosa com presença de lenticelas, ou ainda esfoliantes. As espécies mais abundantes nessa fisionomia foram *Aspidosperma discolor* A.DC. (piquiá-de-gomo), *Bowdichia virgilioides* Kunth (sucupira), *Caryocar coriaceum* Wittm. (piqui), *Copaifera coriacea* Mart. (podói), *Parkia platycephala* Benth. (faveira-de-bolota), *Plathymenia reticulata* Benth. (candeia), *Salvertia convallariodora* A.St.-Hil. (pororoca), *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.)

Standl., *T. ochracea* (Cham.) Standl. e *T. serratifolia* (Vahl) G.Nicholson (paus-d'arco). Como classes de solos associadas ao cerradão foram registrados os Latossolos, principalmente, e os Neossolos Litólicos.

5. Mata de galeria inundável:

Este tipo vegetacional está constituído de estreitas faixas de matas que ocorrem às margens dos rios e riachos na área, correspondendo ao tipo de menor extensão dentre os florestais (tabela 2). Possui altura do dossel irregular, variando de 8 a 12 m, grande riqueza de palmeiras e lianas, e presença de herbáceas no sub-bosque. Na estação das chuvas o lençol freático sobe acima da superfície do solo e, ao longo dos meses, vai abaixando e deixando uma considerável camada de serapilheira em sua superfície. A serapilheira é depositada tanto por queda de resíduos quanto por meio do escoamento superficial a partir de tipos vegetacionais adjacentes. São espécies abundantes *Byrsonima sericea* DC. (murici-de-porco), *Clusia panapanari* (Aubl.) Choisy (mirim-brabo), *Humiria balsamifera* (Aubl.) A.St.-Hil. (mirim-branco), *Mauritia martiana* (Mart.) Bureau (buriti), *Ocotea canaliculata* (Rich.) Mez (mescla), *Platonia insignis* Mart. (bacuri), *Tapirira guianensis* Aubl. (pau-pombo) e *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. (bulandi). A liana *Desmoncus* sp. ocorreu com grande frequência. Os solos encontrados apresentam impedimento de infiltração de água, como os Gleissolos.

6. Mata seca semidecídua:

A vegetação apresenta aspecto florestal e fechado, constituída de árvores com alturas em torno de 9 m e abundância de arbustos no sub-bosque. Características marcantes desta fisionomia foram a riqueza de lianas, tanto em número de indivíduos quanto em espécies, a ausência de epífitos e de estrato herbáceo. Na maioria das vezes, esta fisionomia é localmente circundada pelo cerradão. Como espécies mais abundantes foram observadas *Aspidosperma multiflorum* A.DC. e *A. subincanum* Mart. (piquiás), *Campomanesia aromatica* (Aubl.) Griseb. (guabiraba-preta), *Casearia lasiophylla* Eichler e *C. ulmifolia* Vahl ex Vent. (azulões), *Copaifera coriacea* Mart. (podói), *Ephedranthus pisocarpus* R.E.Fr. (cunduru-amarelo), *Piptadenia moniliformis* Benth. (catanduva), *Pterocarpus violaceus* Vogel (pau-de-sangue) e *Thiloa glaucocarpa* (Mart.) Eichler (rama-branca). A mata seca semidecídua ocorreu associada a Argissolos e Neossolos Litólicos.

Nos dois tipos florestais (mata de galeria inundável e mata seca semidecídua), a classificação foi muito semelhante entre as propostas, o mesmo não ocorrendo para o cerradão, que ora foi classificado como um tipo florestal (UNESCO 1973, Ribeiro & Walter 1998) ora como um tipo

savânico (IBGE 1992). Esta discussão já vem de há muito na literatura, liderada por autores como Ferri (1977) e Fernandes (1998). Esses autores consideraram o cerradão como uma vegetação florestal (floresta oreádica de Castro 1994), que se distingue de uma floresta driádica ou naiádica pela composição florística. Por outro lado, Felfili & Silva Júnior (1993) consideram o cerradão como um tipo vegetacional sem individualidade florística. Os resultados deste trabalho parecem concordar com os autores que afirmam ser o cerradão um tipo florestal (Eiten 1977, Castro 1994, Fernandes 1998), mas com relação à florística, o cerradão apresentou espécies exclusivas e compartilhou outras com a mata seca semidecídua (florestal) e o cerrado típico (savânico).

A falta de padronização ou continuidade de uso de uma terminologia adequada para a vegetação dos cerrados tem gerado enormes confusões quanto à possibilidade de conceituação, classificação e comparação daquela vegetação (Coutinho 1978). As propostas de classificação utilizadas para a vegetação do PNSC foram satisfatórias na maioria dos casos. A proposta de classificação de Ribeiro & Walter (1998) para os tipos da região nuclear dos cerrados pareceu adequada para a classificação também dos cerrados marginais (NE do Brasil). Nesta proposta de classificação é possível enquadrar a maioria dos tipos fisionômicos de cerrados conhecidos.

O reconhecimento de tipos vegetacionais pela fisionomia associada as diferentes classes de solos na área mostrou-se proveitoso. Também a caracterização das fisionomias por meio das espécies predominantes no PNSC demonstrou ser de grande valia, como já havia sido apontado por Oliveira-filho & Martins (1986), no estudo da vegetação da região de Salgadeira, Chapada dos Guimarães, Mato Grosso.

Como recomendação deste estudo é importante que seja feito o uso de propostas de classificação da vegetação em escalas variadas (regional, nacional e internacional), possibilitando o reconhecimento dos tipos de vegetação em paisagem ou em outros níveis de detalhamento. Tais situações fornecem subsídios ao planejamento e gerenciamento dos recursos vegetacionais da área.

Vale ressaltar que esta abordagem é de fundamental importância, frente às crescentes pressões antrópicas sofridas pelos cerrados. A vegetação dos cerrados foi considerada como uma das 25 regiões mais ricas em espécies (*hotspots*) do mundo (Mittermeier *et al.* 1999, Myers *et al.* 2000, Silva & Bates 2002) e estando a destruição de habitats entre uma das principais causas da perda de biodiversidade dos ecossistemas (Ehrlich 1997).

Agradecimentos - A todos os funcionários do IBAMA no Parque Nacional de Sete Cidades e Superintendência Estadual em Teresina; ao Sr. Aderson e Sr. Romão, que atuaram como guias de campo; ao CEFET - PI, através de sua diretora geral Profa. Rita Martins de Cássia, pela concessão do afastamento para fazer o curso de doutorado, ao gerente de ensino da UNED/Florianópolis Prof. Santílio Alves da Costa Filho (*in memoriam*), meu muito obrigado; a todos do TROPEN/UFPI, em especial ao Prof. Antonio Alberto Jorge Farias Castro; ao Prof. Francisco Cordeiro (Laboratório de Análise de Solos - LASO/UFPI) pela classificação e análises físicas e químicas dos solos da área; a Francisco de Assis Soares Filho pelo auxílio no preparo do balanço hídrico da área. Este estudo foi parcialmente financiado pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (FBPN - processo n. 0325981) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - processo n. 02/02062-9). Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - processo n. 142014/2000-1) pela concessão de bolsa à primeira autora.

Referências bibliográficas

- AB'SÁBER, A.N. 1977. Topografias ruineformes no Brasil: notas prévias. USP/Instituto de Geografia, São Paulo. (Geomorfologia, 50).
- ANDRADE, G.O. 1968. Gênese do relevo nordestino: estado atual dos conhecimentos. *Est. Univ.* 2/3: 1-13.
- ANDRADE-LIMA, D. 1966. Vegetação. *In* Atlas Nacional do Brasil (IBGE). Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro, cap. 2.11.
- ARRUDA, M.B. (org.). 2001. Ecossistemas brasileiros. Edições IBAMA, Brasília.
- BARROS, R.F.M. 2002. Estudos taxonômicos da tribo *Vernonieae* Cass. (Asteraceae) em áreas de conservação de cerrado do estado do Piauí, Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- BARROSO, G.M. & GUIMARÃES, E.F. 1980. Excursão botânica ao Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. *Rodriguésia* 32:241-267.
- BOWERSOX, M.A. & BROWN, D.G. 2001. Measuring the abruptness and patchy ecotones. *Plant Ecology* 156:89-120.
- BRASIL. 1973. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. v.2. Folha SB.23 Teresina e parte da Folha SB.24 Jaguaribe; vegetação. MME/DNPM, Rio de Janeiro.
- BRASIL. 1999. Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do cerrado e pantanal. MMA/FUNATURA/CI/Fundação BIODIVERSITAS/UnB, Brasília. URL: <http://www.conservation.org.br/>
- BRASIL. 2002. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da caatinga. UFPE/FAD/CI/Fundação BIODIVERSITAS/EMBAPA-Semi-Árido, Brasília. URL: <http://www.biodiversitas.org/caatinga>
- CAMARGO, O.A. de, MONIZ, A.C., JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. 1986. Métodos de análise química e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. IAC, Campinas. (Boletim Técnico, 106).
- CASTRO, N.M.C.F., PÔRTO, K.C., YANO, O. & CASTRO, A.A.J.F. 2002. Levantamento florístico de Bryopsida de cerrado e mata ripícola do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 16:61-76.
- CASTRO, A.A.J.F. 2003. Survey of the vegetation in the state of Piauí. *In* Global change and regional impacts: water availability and vulnerability of ecosystems and society in the semiarid

- northeast of Brazil (T. GAISER, M. KROL, H. FRISCHKORN & J.C. ARAÚJO, eds.). Springer-Verlag, New York, p.117-123.
- CASTRO, A.A.J.F. 1994. Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí - São Paulo) de amostras de cerrado. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UNICAMP, Campinas.
- CAVALCANTI, L. de H. & MOBIN, M. 2001. *Hemitrichia serpula* var. *piauiensis* (Trichiaceae, Myxomycetes) - a new variety from Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 15:133-137.
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17-23.
- COUTINHO, L.M. 2002. O bioma do cerrado. *In* Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois (A.L. KLEIN, org.). Editora UNESP/Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, p.78-91.
- DELLA FÁVERA, J.C. 1999. Sete Cidades National Park, Piauí state, Brazil. *In* Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil (C. SCHOBENHAUS, D.A. CAMPOS, E.T. QUEIROZ, M. WINGE & M. BERBERT-BORN, eds.). Julho de 1999. [citado em 14 de outubro de 2002 - 11:16]. URL: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio025/sitio025.html>
- DIGBY, L., FERRARI, S.F. & CASTRO, A.A.J.F. 1996. Preliminary records of common marmosets (*Callithrix jacchus*) from the Sete Cidades Park, Piauí, Brazil. *Neotropical Primates* 4:53-55.
- DUCKE, A. & BLACK, G.A. 1953. Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 25:1-46.
- EHRLICH, P.R. 1997. A perda da diversidade: causas e consequências. *In* Biodiversidade (E.O. WILSON, ed.). Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, p.27-35.
- EMBRAPA. 1979. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Manual de métodos de análise do solo. EMBRAPA-CNPS, Rio de Janeiro.
- EMBRAPA. 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPS, Brasília/Rio de Janeiro.
- EMPERAIRE, L. 1985. Végétation del'État du Piauí (Brésil). *Compte Rendu Societe de Biogeographi* 60:151-163.
- FELFILI, J. M. & SILVA JÚNIOR, M. C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 9:277-289.
- FERNANDES, A. 1982. A vegetação do Piauí. *In* Anais do CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32 (A.A.J.F. CASTRO, coord.). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 7p.
- FERNANDES, A. 1998. Fitogeografia brasileira. Multigraf, Fortaleza.

- FERRI, M.G. 1977. Ecologia dos cerrados. *In* SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, IV (M.G. FERRI, coord.). Ed. Univ. São Paulo, Livraria Itatiaia Ed. Ltda., São Paulo, Belo Horizonte, p.15-36.
- FORTES, F. 1996. Geologia de Sete Cidades. Fundação Cultural Monsenhor, Teresina.
- FONT-QUER, P. 1973. Diccionario de Botánica. Editorial Labor, S.A., Spain.
- HOLMGREN, P., HOLMGREN, N. & BARNETT, L. 1990. Index Herbariorum. Part I: The Herbaria of the World. International Association for Plant Taxonomy and New York Botanical Garden, New York.
- IBDF. 1979. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN). Plano de Manejo: Parque Nacional de Sete Cidades. Brasília.
- LEMO, R.C. de & SANTOS, R.D. dos. 1996. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3.ed. SBCS/EMBRAPA-CNPS, Campinas, SP.
- LIMA, I.M. de M. 1987. Relevo piauiense: uma proposta de classificação. *Revista CEPRO* 12:55-87.
- LIMA, M.G. de & RIBEIRO, V.Q. 1997. Estimativa das temperaturas do ar para o estado do Piauí. *In* Anais do CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA: agrometeorologia, monitoramento ambiental e agricultura sustentável, X. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Piracicaba. p.436-438.
- LIMA, M.G. de & ASSUNÇÃO, H.F. da. 2002. Estimativa da temperatura do ar no Piauí. UFPI, Teresina.
- MESQUITA, M.R. 2002. Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal (Cerrado Baixo), Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- MITTERMEIER, R.A., MYERS, N., MITTERMEIER, C.G. & GIL, P.R. 1999. Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Conservation International do Brasil/CEMEX, Brasília.
- MOBIN, M. 1999. Physarales (Myxomycetes) do Parque Nacional de Sete Cidades (Piauí), Brasil). *Hoehnea* 26:1-14.
- MORI, S.A., SILVA, L.A.M., LISBOA, G. & CORANDIN, L. 1989. Manual de manejo do herbário fanerogâmico. 2.ed. Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. da & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- NIMER, E. & BRANDÃO, A.M.P.M. 1985. Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática. *Revista Brasileira de Geografia* 47:373-416.

- OLIVEIRA, M.E.A., SAMPAIO, E.V.S.B., RODAL, M.J.N. & CASTRO, A.A.J. 1997. Flora e fitossociologia de uma área de transição carrasco-caatinga de areia em Padre Marcos, Piauí. *Naturalia* 22:131-150.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & MARTINS, F.R. 1986. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais da região da Salgadeira, na Chapada dos Guimarães (MT). *Revista Brasileira de Botânica* 9:207-223.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In* Cerrado: ambiente e flora (S.M. SANO & S.P. ALMEIDA, eds.). EMBRAPA/CPAC, Planaltina, p.89-166.
- RIVAS, M.P. (coord.). 1996. Macrozoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Parnaíba. IBGE, Rio de Janeiro (Série Estudos e Pesquisas em Geociências, 4).
- RIZZINI, C.T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 25:3-65.
- ROCHA, J. R. S., MILANEZ, A. I. & PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A. 2001. O gênero *Pythium* (Oomycota) em área de cerrado no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. *Hoehnea* 28:209-230.
- SANTOS, J.C. 2001. Quadro geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SCHWENNHAGEN, L. 2001. Antiga história do Brasil: de 1100 a.C. a 1500 d.C. *Revista Vidhya* 5. [citado em 11 de novembro de 2002 - 15:00]. URL: <http://www.vidhya-virtual.com>
- SILVA, J.M.C. & BATES, J.M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the south american cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52:225-233.
- SUDENE. 1990. Dados pluviométricos mensais do Nordeste: estado do Piauí. SUDENE, Recife.
- VAREJÃO-SILVA, M.A. & REIS, A.C. de S. 1988. Agrometeorologia e climatologia tropicais (módulo 1.1). ABEAS, Recife.

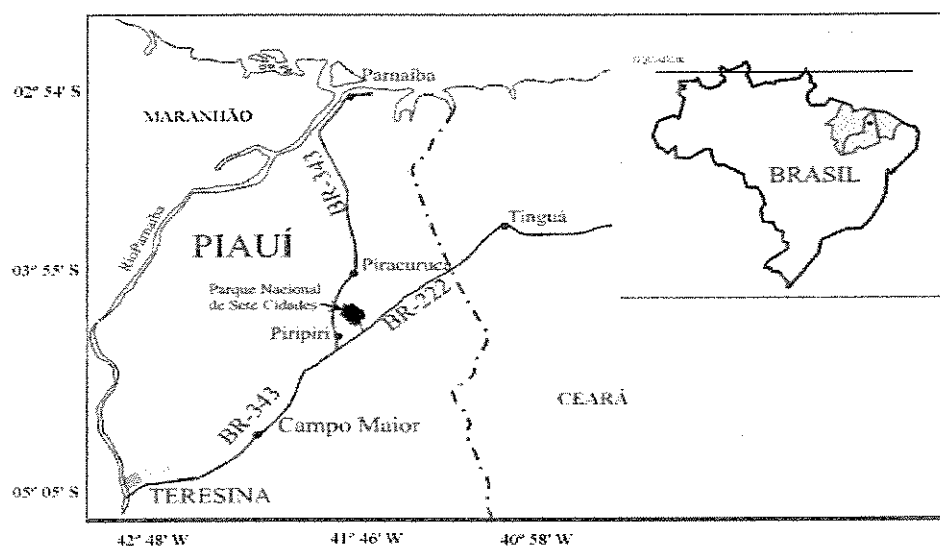


Figura 1. Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí, NE do Brasil e suas principais vias de acesso. (Fonte: Della Fávera 1999, modificado).

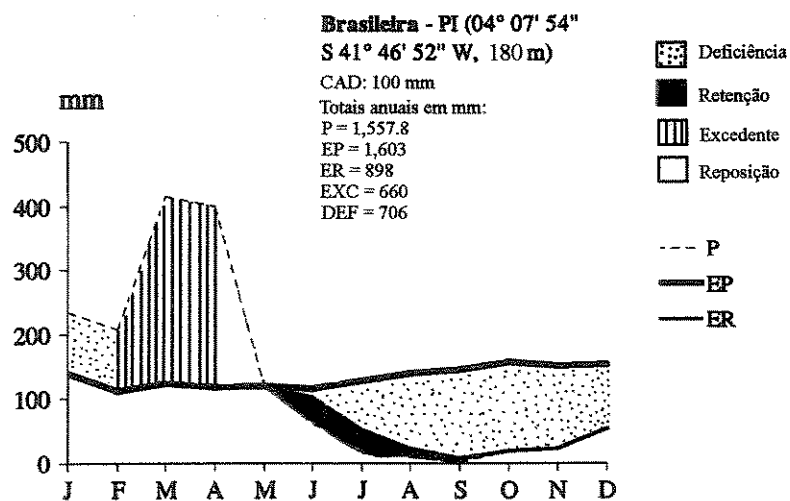


Figura 2. Balanço hídrico anual segundo Thornthwaite & Mather (1955, 1957 *apud* Nimer & Brandão 1985) para o Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira, Piauí, NE do Brasil. P = precipitação, EP = evapotranspiração potencial, ER = evapotranspiração real, EXC = excedente hídrico e DEF = déficit hídrico.



Figura 3. Tipos fisionômicos encontrados no Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí (Ribeiro & Walter 1998). A) Campo limpo. B) Cerrado rupestre. C) Cerrado típico. D) Cerradão. E) Mata de galeria inundável. F) Mata seca semidecídua.

Tabela 1. Classificação dos tipos vegetacionais estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, segundo as propostas da UNESCO (1973), IBGE (1992) e de Ribeiro & Walter (1998).

Sistemas de classificação	Tipos vegetacionais					
	1	2	3	4	5	6
UNESCO	campo graminóide cespitoso médio	cerrado aberto latifoliado perenifólio	cerrado extremamente xeromórfico	floresta aberta latifoliada perenifólia	floresta ocasionalmente inundada	floresta tropical e subtropical semidecídua
IBGE	savana gramíneo-lenhosa	savana arborizada	-	savana florestada	floresta ombrófila densa aluvial	floresta estacional semidecídua submontana
Ribeiro & Walter	campo limpo	cerrado típico	cerrado rupestre	cerradão mesofítico	mata de galeria inundável	mata seca semidecídua

Tabela 2. Características ambientais, da vegetação e área ocupada (ha e %) dos tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.

Tipo vegetacional	Forma da paisagem	Posição na paisagem	Alt. (m)	Tipos de solos	Estrutura da vegetação e espécies dominantes	Área (ha)	Área (%)
Campo limpo	formações arenosas	interfluvial	160 a 240	Neossolo Quartzarênico, Neossolo Litólico e Planossolo	campestre (<i>Andropogon fastigiatus</i> - <i>Chamaecrista desvauxii</i> - <i>Elephantopus hirtiflorus</i>)	887,6	14,3
Cerrado típico	idem	interfluvial	120 a 260	Latossolo e Plintossolo	savânico (<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i> - <i>Terminalia fagifolia</i> - <i>Magonia pubescens</i>)	2.341,7	37,6
Cerrado rupestre	idem	interfluvial	145 a 260	Neossolo Litólico	savânico (<i>Encholirium erectifolium</i> - <i>Pilosocereus gounellei</i> - <i>Vellozia tubiflora</i>)	653,1	10,5
Cerradão	idem	platô	150 a 260	Latossolo e Neossolo Litólico	florestal (<i>Aspidosperma discolor</i> - <i>Piptadenia moniliformis</i> - <i>Terminalia fagifolia</i>)	1.513,3	24,3
Mata de galeria inundável	idem	aluvial	220 a 235	Gleissolo	florestal (<i>Mauritia martiana</i> - <i>Humiria balsamifera</i> - <i>Virola surinamensis</i>)	204,6	3,3
Mata seca semidecídua	idem	platô	145 a 240	Argissolo e Neossolo Litólico	florestal (<i>Aspidosperma multiflorum</i> - <i>Campomanesia aromatica</i> - <i>Ephedranthus pisocarpus</i>)	525,7	8,4

Mapeamento da vegetação da porção oriental da bacia do Parnaíba, NE do Brasil utilizando imagens TM/Landsat e dados quantitativos[§]

Maria Edileide Alencar Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, CP 6109, CEP 13083-970, Campinas, SP, Brasil; E-mail ealencar@unicamp.br

Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí, Rua Francisco Urquiza Machado, 462, Meladão, CEP 64800-000, Floriano, PI, Brasil; E-mail meaoliveira@hotmail.com

Fernando Roberto Martins

Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, CP 6109, CEP 13083-970, Campinas, SP, Brasil; E-mail fmartins@unicamp.br

João Roberto dos Santos

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Av. Astronautas, 1758, CP 515, CEP 12227-010, São José dos Campos, SP, Brasil; E-mail jroberto@ltid.inpe.br

Resumo. Este estudo usou imagens TM/Landsat e levantamentos quantitativos no mapeamento da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W), na porção oriental da bacia do Parnaíba, estado do Piauí, NE do Brasil. Por meio de técnicas de processamento de imagens, com uma classificação do tipo Bhattacharya, foi produzido um mapa com seis tipos de cobertura vegetal. Esse mapa evidenciou um complexo mosaico de tipos estruturais dominados por formações savânicas (cerrado s.s. e cerrado rupestre) que ocupam 48,1% da área, além de campo graminóide, cerradão, floresta ocasionalmente inundada e estacional semidecídua. O uso integrado de dados de sensoriamento remoto e de campo possibilitou a discriminação das comunidades vegetais com boa acuidade ($kappa = 0,582$). Os resultados deste estudo fornecem informações básicas do *status* atual da vegetação da área, bem como subsídio para a elaboração de estudos futuros relacionados à compreensão e previsão de mudanças no padrão de distribuição das comunidades vegetais.

Palavras-Chaves: Bacia do Parnaíba, Bhattacharya, cerrados marginais, mapeamento, parque nacional, Piauí, sensoriamento remoto.

[§] Instruções da *Applied Vegetation Science*.

Introdução

A vegetação do nordeste brasileiro tem sido objeto de interesse de botânicos europeus desde o século 19. Karl Friedrich Philip von Martius, George Gardner (Rizzini 1963; Ferri 1980) e depois Luetzelburg (1922/23) percorreram extensas áreas da região e fizeram as primeiras propostas de classificação da vegetação do nordeste brasileiro. Mais tarde, Rizzini (1963), Andrade-Lima (1966, 1978, 1981), Ferri (1980) e Fernandes & Bezerra (1990) propuseram diferentes sistemas de classificação da vegetação daquela região, os quais se baseavam em critérios tão diversos que, na maioria das vezes, inviabilizam comparações (Fernandes & Bezerra 1990).

Novas técnicas que possam auxiliar no mapeamento e classificação da vegetação de uma dada região têm sido buscadas (Lauver 1997; Martin et al. 1998; Foody 2002). Na década de 1980 o sensoriamento remoto em nível orbital usando sensores de maior resolução espectral, espacial e temporal possibilitou o surgimento de melhores técnicas de extração de informações, que têm revolucionado a modelagem, o mapeamento e a classificação da vegetação. Uma das suas mais comuns aplicações tem sido possibilitar a compreensão da heterogeneidade e dinâmica da paisagem através de mapas temáticos que descrevem a cobertura vegetal de uma área, utilizando uma imagem classificada (Walsh & Davis 1994).

As diversas técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica (SIG) têm sido consideradas como fontes primárias de informações acerca da biodiversidade na escala de paisagem, uma vez que cobrem extensas áreas em intervalos de tempo regulares e com boa resolução espectral (Scott et al. 1987; Matson & Ustin 1991; Ustin et al. 1991; Frederiksen & Lawesson 1992; Walsh & Davis 1994; Chapin et al. 2000; Foody & Cutler 2002; Singh et al. 2002; Zak & Cabido 2000, 2002). Recentemente, a identificação e o mapeamento de padrões espaciais das comunidades vegetais têm recebido novos impulsos frente às questões de mudança climática global, ecologia da paisagem e perda da biodiversidade (Sánchez-Azofeifa et al. 1999; Chapin et al. 2000; Foody 2002; Zak & Cabido 2002).

As imagens TM/Landsat têm adequada característica multiespectral (i.e., aquisição de dados nas faixas do visível, infravermelho próximo e médio) e espacial, com resolução no terreno de 30 x 30 m e têm baixo custo de aquisição. Essas características fazem das imagens TM/Landsat uma das ferramentas mais comumente empregadas em estudos de mapeamento e classificação da vegetação (Frederiksen & Lawesson 1992; Bignelli et al. 1998; Sánchez-Azofeifa et al. 1999). Essas imagens têm sido usadas também no monitoramento e avaliação de áreas atingidas pelo fogo em unidades de conservação (Shimabukuro et al. 1991).

No Brasil a maioria dos estudos utilizando técnicas de sensoriamento remoto na definição de padrões espaciais e atributos da vegetação está concentrada em áreas de florestas tropicais. Porém, estudos em áreas de formações mais secas, como os cerrados e as caatingas, também têm sido realizados (Carvalho 1986; Santos 1988; Maldonado et al. 2002). Abdon (1998), Hernandez Filho et al. (1998) e Silva & Abdon (1998) investigaram as feições savânicas na região do Pantanal. Santos & Shimabukuro (1993) utilizaram imagens mensais NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) derivadas do sensor AVHRR da série de satélites meteorológicos NOAA para monitorar as fenofases dos cerrados nos períodos seco e chuvoso, dos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Minas Gerais, Bahia, Piauí, Maranhão, Rondônia e São Paulo. Pardi Lacruz et al. (1994) empregaram a mesma abordagem para estudar uma zona de contato entre a floresta estacional e os cerrados em área do Mato Grosso. Bitencourt-Pereira & Gontijo (1994) usaram imagens NDVI derivadas da combinação de bandas espectrais do sensor TM/Landsat e SIG para separar unidades fitofisiográficas do Parque Nacional da Serra do Cipó (MG). Becerra & Bitencourt (2003), tratando dados digitais do TM/Landsat através de algoritmos de classificação *fuzzy*, demonstraram a possibilidade de identificar variações de cerrado ao longo de um gradiente contínuo, gerando um mapa com classes discretas de vegetação. Imagens de radar em banda L ($\lambda = 23$ cm) do satélite japonês JERS-1 foram tratadas por Santos et al. (2002) para a estimativa e a cartografia da biomassa em áreas de cerrados nos estados do Mato Grosso e de Roraima. Pinheiro et al. (1998) investigaram a relação dos valores de retro-espalhamento desses dados-radar com valores de umidade do solo e do índice de área foliar, gerando um mapa biofísico dos cerrados do Parque Nacional de Brasília.

Ultimamente, os cerrados da área nuclear têm merecido atenção especial por parte da comunidade científica que lida com imagens de satélite, sobretudo pela disponibilidade atual de novos sensores. Justice et al. (2002) e Ferreira et al. (2003) aplicaram imagens geradas pelo sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) no monitoramento sistemático dos cerrados. Miura et al. (2003) fizeram uma caracterização biofísica das fisionomias do cerrado usando imagens hiperespectrais do EO-1 Hyperion (NASA's Earth Observing-1 plataforma).

A região nordeste do Brasil tem clima semi-árido e os cerrados que lá ocorrem são considerados marginais em relação à área nuclear de cerrados, no Brasil central. Os escassos trabalhos que utilizaram conjuntos de imagens de satélite para estudar a vegetação do nordeste brasileiro estão relacionados aos projetos RADAMBRASIL e "Delimitação e Regionalização do Brasil Semi-Árido" (Brasil 1973; Andrade-Lima 1978; Emperaire 1982). A bacia do Parnaíba engloba os estados do Piauí e Maranhão e sua vegetação sofre a influência de três províncias fitogeográficas: floresta amazônica, cerrados do Planalto Central e caatingas (Ducke & Black 1953;

Rizzini 1963; Emperaire 1985). Trata-se, portanto, de uma área de transição ecológica. No Piauí, as caatingas e os cerrados cobrem a maior área e ocorrem muitas áreas de transição (Fernandes 1982; Emperaire 1985; Castro 2003). Essas áreas de transição têm um padrão de distribuição em mosaico da vegetação (Castro 2003). Devido à grande heterogeneidade espacial que representam, esses ecótonos requerem mais estudos quantitativos e de mapeamento em escala regional.

O Parque Nacional de Sete Cidades localiza-se na bacia do Parnaíba, estado do Piauí, sendo uma das reservas governamentais com vegetação de cerrados, de padrão fisionômico facilmente detectável em escala local. No entanto, em escala de paisagem, esta tarefa é dificultada por causa de mudanças graduais em áreas limítrofes na estrutura e composição da vegetação. Surge então a necessidade de buscar mecanismos que integrem abordagens em escalas variadas e que possam esclarecer esses aspectos, quais sejam, do padrão fisionômico nos limites vegetacionais.

Este estudo teve como principal objetivo fazer o mapeamento básico da paisagem, mediante a identificação dos padrões espaciais das comunidades vegetais do Parque Nacional de Sete Cidades, estado do Piauí, NE do Brasil.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Parque Nacional de Sete Cidades - PNSC (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W), localizado no nordeste do estado do Piauí (Fig. 1). O Parque possui uma área de 6.221,5 ha no Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba (IBDF 1979; Lima 1987). O clima é do tipo $C_2w_2A'_{4a}$ (subúmido úmido com grande deficiência de água, quarto megatérmico e pequena amplitude térmica anual), segundo Thornthwaite & Mather (1955, 1957 *apud* Nimer & Brandão 1985). Há duas estações bem definidas (seca e chuvosa) durante o ano, com temperaturas médias anuais superiores a 25°C. A área possui precipitação média anual de 1.558 mm, com excedente hídrico de 660 mm em fevereiro, março e abril, e déficit de 706 mm durante sete meses (junho a dezembro). A altitude varia de 100 até os 300 m da Serra da Descoberta e Serra Negra. A falha do Morro do Cochicho é o divisor de águas, que no período chuvoso na porção oeste do Parque origina grandes planícies inundadas (Santos 2001).

A vegetação da área apresenta grande variedade de comunidades, distribuindo-se em mosaico, incluídas no domínio do cerrado ou de transição cerrado/caatinga (Brasil 1973; IBDF 1979; Barroso & Guimarães 1980). A grande variação das fisionomias vegetais tem sido relacionada

à heterogeneidade fisiográfica, associada a diferentes classes de solo e de relevo, bem como à ocorrência de fogo (IBDF 1979).

Mapeamento da vegetação

Foram utilizadas as folhas cartográficas do RADAMBRASIL, escala 1:1.000.000 (Brasil 1973) e da SUDENE/DSG Piracuruca (SA.24YC - IV), na escala de 1:100.000. Na elaboração do mapa foram utilizadas composições coloridas do Thematic Mapper - TM/Landsat (Bandas 3B, 4G e 5R - azul, verde e vermelho, respectivamente) na forma digitalizada, de órbita-ponto 219/63, quadrante A, passagem em 23 de agosto de 1998 (período seco), cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Essa combinação de bandas tem sido comumente utilizada na classificação da vegetação (Wittmann et al. 2002).

O tratamento digital da imagem foi feito através de técnicas de pré-processamento, realce, segmentação e classificação, descritas por Pardi Lacruz (1998) e Araújo (1999), utilizando o software SPRING versão 3.6 (INPE 2002). Inicialmente, foi aplicada a correção geométrica na imagem, visando atenuar distorções, isto é, foi feita a reamostragem dos *pixels* em relação à base cartográfica. A imagem obtida foi contrastada com a finalidade de permitir maior discriminação entre os alvos. Mais tarde, a imagem foi segmentada (limiares de similaridade 8 e de área 20) pelo algoritmo por crescimento de regiões, que se baseia no agrupamento de *pixels* com características similares em regiões contínuas (Venturieri & Santos 1998).

Na fase de campo foi utilizada a proposta de classificação da vegetação de Ribeiro & Walter (1998) para o bioma cerrado, por ser esta uma proposta que melhor discrimina as fisionomias de cerrado. A partir desta classificação e com a imagem segmentada foram lançadas 54 amostras de treinamento e 66 amostras testes, previamente tomadas com GPS nos tipos de cobertura identificados para a área. Das amostras adquiridas, algumas delas foram mal classificadas em alguns tipos de cobertura e, neste caso, foi feita a correção contextual. Por último, foi produzida uma classificação supervisionada do tipo Bhattacharya (nível de aceitação de 99%) e calculada a estimativa de área de cada tipo de vegetação.

Após o procedimento de classificação da imagem e conseqüente geração do mapa temático, fez-se uma análise da exatidão desse produto. Métodos estatísticos têm sido empregados para determinar o grau de concordância de uma imagem classificada em relação a dados de referência. Congalton & Green (1999) sugeriram que uma matriz de erro é uma forma efetiva de representar a exatidão do mapa através das exatidões global e individual de cada tipo existente na carta temática. A exatidão global é dada pela soma da diagonal principal em que os valores representam as unidades

de amostras classificadas corretamente em relação à referência, dividida pelo número total de unidades amostrais contempladas na matriz. Uma outra maneira é avaliar a concordância geral (ou global) do mapa temático através de técnicas estatísticas analíticas, como por exemplo a estatística *kappa* ($\hat{k}$) recomendada por Congalton et al. (1983). Este índice $\hat{k}$ representa um coeficiente de concordância para escalas nominais que utiliza a proporção de concordância excluída a casualidade. Esse coeficiente leva em conta os elementos da matriz de erros e não apenas aqueles valores que estão locados na diagonal principal da matriz, ou seja, trata a soma de colunas e linhas (Foody 2002; Thomas et al. 2002). Neste trabalho a acurácia da classificação foi dada por duas medidas: (1) matriz de erros (também denominada de matriz de confusão ou tabela de contingência); (2) coeficiente de concordância *kappa* ($\hat{k}$), cujo valor varia entre 0 e 1, em que o valor 1 representa a máxima concordância entre a imagem classificada e os dados de referência.

Após a avaliação da qualidade temática da classificação, o mapa da vegetação do PNSC foi gerado (escala 1:60.000) e seis perfis esquemáticos dos tipos de cobertura vegetal foram elaborados para representar as principais comunidades vegetais estudadas.

Amostragem e classificação da vegetação

Foram feitos levantamentos da flora e nos tipos de maiores extensões também foram feitos levantamentos da estrutura da vegetação. Nos levantamentos quantitativos foi utilizado o método de parcelas múltiplas (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). Setenta e três parcelas de 100 m² foram instaladas numa transecção ao longo de um gradiente de vegetação. Na alocação das parcelas foi utilizada a amostragem estratificada aleatória (Greig-Smith 1983), tendo sido sorteadas as parcelas que amostrariam cada tipo vegetacional. Foram amostrados os indivíduos vivos, inclusive lianas, com diâmetro do caule no nível do solo (DNS) ≥ 3 cm. Em cada parcela foi registrado o número de indivíduos (densidade) e de espécies (riqueza), e estimadas as alturas das plantas com uma régua. Os aspectos florísticos e estruturais da vegetação foram apresentados em Oliveira et al. (dados não publicados).

Foi usado o sistema UNESCO (1973) de classificação da vegetação sendo utilizada a categoria subformação como a mais exclusiva na área de estudo. Esse sistema baseia-se em critérios fisionômicos e estruturais da vegetação, bem como em informações de clima, de solo e de forma do terreno. No sistema UNESCO (1973), a categoria hierárquica de maior inclusividade é a classe de formação, passando pelas subclasses de formação, grupos de formação, formação e subformação, até

chegar em outras subdivisões. Além do sistema da UNESCO (1973) também foram usados alguns aspectos das propostas de classificação da vegetação do IBGE (1992) e de Ribeiro & Walter (1998).

Na classificação dos principais tipos de solos da área de estudo foi adotada a nomenclatura da EMBRAPA (1999).

Resultados

A análise da paisagem considerando tanto o uso de imagem TM/Landsat quanto os levantamentos de campo, permitiu identificar os seguintes tipos de cobertura vegetal (UNESCO 1973): (1) Floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada, (2) Floresta tropical semidecídua, (3) Floresta aberta latifoliada perenifólia, (4) Cerrado aberto latifoliado perenifólio, (5) Cerrado extremamente xeromórfico e (6) Campo graminóide cespitoso médio (Tabela 1 e Fig. 2). Também foi identificado um tipo de cobertura de nuvens/sombra que ocupou pequena parte do norte e sudoeste da área de estudo (1,6%). Esta situação ocorreu devido à limitação do tipo de sensor imageador utilizado neste estudo, que somente opera na faixa óptica.

Os tipos de cobertura vegetal mapeados foram enquadrados em três grupos de formações: florestais, savânicas e campestres (Ribeiro & Walter 1998).

1. Formações Florestais

Estão representadas por três tipos de cobertura vegetal (1, 2 e 3), distribuindo-se predominantemente na parte centro-sudoeste do Parque e ocupando uma área de 2.243,6 ha (36% do total). Estes tipos foram caracterizados pela presença de indivíduos arbóreos predominantemente perenifólios, com alturas iguais ou superiores a 5 m e dossel com variável nível de cobertura (UNESCO 1973).

1. Floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada (*Tropical ombrophilous alluvial occasionally flooded forest*)

Na área de estudo ocupa a menor extensão (3,3%), ocorrendo como florestas que se estendem em estreitas faixas ao longo dos riachos perenes e temporários. Essas florestas, em geral, acompanham as falhas mapeadas para o Parque, de padrão dendrítico (Santos 2001). Na estação chuvosa, o lençol freático esteve próximo ou acima da superfície do solo, com os cursos d'água drenando terrenos de áreas campestres, geralmente seguidas de savânicas e florestais, para aquela

vegetação. Logo, os solos dessas florestas apresentaram considerável deposição de serapilheira em sua superfície, predominantemente do tipo Gleissolos.

Esta subformação caracteriza-se, principalmente, por apresentar dossel com altura regular, ausência de árvores emergentes, riqueza de palmeiras e de formas de vida do sub-bosque (UNESCO 1973). Ocupa terrenos bem drenados, possuindo mais epífitos e maior riqueza de lianas do que os outros tipos de floresta tropical ombrófila aluvial descritos. No PNSC, a altura média do estrato arbóreo foi de 8 m, de aspecto irregular, com abundância de palmeiras e espécies de sub-bosque, e baixa diversidade de epífitos (Fig. 3). Dos poucos hemiepífitos existentes, *Philodendron acutatum* Schott (Araceae) ocorreu com grande abundância. Na floresta ocasionalmente inundada foi registrada a única ocorrência de Orchidaceae no Parque Nacional, *Oeceoclades maculata* (Lindl.) Lindl., de hábito terrestre. *Desmoncus* sp. (Arecaceae) foi a liana mais abundante. Como espécies arbóreas mais freqüentes foram encontradas *Byrsonima sericea* DC. (Malpighiaceae), *Clusia panapanari* (Aubl.) Choisy (Clusiaceae), *Humiria balsamifera* (Aubl.) A.St.Hil. (Humiriaceae), *Mauritia martiana* (Mart.) Bureau (Arecaceae), *Ocotea canaliculata* (Rich.) Mez (Lauraceae), *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae) e *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. (Myristicaceae).

2. Floresta tropical semidecídua (*Tropical semi-deciduous forest*)

Essa vegetação na área de estudo apresenta-se como florestas não associadas a cursos d'água, de cotas altimétricas em torno de 200 m e em relevo plano a suavemente ondulado. Em alguns locais, essas florestas assentam-se em solos bem rasos ou em afloramentos rochosos, apresentando relação com dois grupos de solos ocorrentes na área: Argissolos e Neossolos Litólicos.

Esse grupo de formação foi caracterizado por apresentar árvores em sua maioria perenifólias, das quais algumas perdem suas folhas em maior ou menor intensidade, a depender da severidade da estação seca (UNESCO 1973). Estes autores chamam ainda a atenção para a presença de sub-bosque sem formação de estratos, constituído de árvores e arbustos também perenifólios e geralmente esclerofilos.

A vegetação apresentou fisionomia fechada, caracterizando-se pela maior riqueza de espécies e densidade de árvores e arbustos dentre os tipos levantados no PNSC. Foi constituída, predominantemente, de árvores em torno de 9 m de altura com indivíduos emergentes que atingiram mais de 20 m de altura (Fig. 3, Tabelas 1 e 2). Nesta feição foram marcantes a ausência de epífitos e a abundância de lianas, constituindo-se como as mais freqüentes de porte arbustivo *Campomanesia aromatica* (Aubl.) Griseb. (Myrtaceae) e *Casearia ulmifolia* Vahl ex Vent. (Flacourtiaceae). Das

arbóreas, as que predominaram na fisionomia foram *Aspidosperma multiflorum* A.DC. (Apocynaceae), *Ephedranthus pisocarpus* R.E.Fr. (Annonaceae), *Thiloua glaucocarpa* (Mart.) Eichler (Combretaceae), *Copaifera coriacea* Mart., *Piptadenia moniliformis* Benth. e *Pterocarpus violaceus* Vogel (Leguminosae). As lianas, componente marcante desta feição, estiveram representadas principalmente por *Adenocalymma* sp., *Arrabidaea dispar* Bureau ex K.Schum. e *A. brachypoda* (DC.) Bureau (Bignoniaceae), *Combretum leprosum* Mart. (Combretaceae), ainda *Heteropterys anoptera* A.Juss. e *Peixotoa jussieuana* A.Juss. (Malpighiaceae). O estrato herbáceo, quando presente, estava constituído de indivíduos da regeneração. Em alguns locais foram encontradas, às vezes, populações agregadas de *Bromelia plumieri* (E.Morren) L.B.Sm. e *Pitcairnia* sp. (Bromeliaceae), no piso da floresta.

3. Floresta aberta latifoliada perenifólia (*Evergreen broad-leaved woodland*)

Na área de estudo, ocupa a maior extensão dentre os tipos florestais (24,3%). Em geral, esteve circundando a floresta tropical semidecídua, apresentando densidade ao redor de 3.430 ind./ha (Tabelas 1 e 2). Possui fisionomia em que dominaram árvores altas e retas, com cerca de 7 m de altura e com ausência de epífitos e lianas (Fig. 3). Esta vegetação apresentou associação com solos arenosos do tipo Latossolo, em sua maioria, e também com areno-pedregosos e, às vezes, com Neossolos Litólicos.

Este grupo de formação tem fisionomia florestal aberta com indivíduos geralmente perenifólios. Possui dossel de copas que não se tocam, de distribuição restrita às áreas areníticas lixiviadas, com solos profundos e de clima marcadamente estacional (UNESCO 1973; IBGE 1992).

Como espécies marcantes da fisionomia foram registradas *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae), *Aspidosperma discolor* A.DC. (Apocynaceae), *Terminalia fagifolia* Mart. & Zucc. ex Eichler (Combretaceae), *Bowdichia virgilioides* Kunth, *Piptadenia moniliformis* Benth., *Plathymenia reticulata* Benth. (Leguminosae), *Qualea parviflora* Mart., *Salvertia convallariodora* A.St.Hil. (Vochysiaceae), *Copaifera coriacea* Mart., *Parkia platycephala* Benth. (Leguminosae) e *Caryocar coriaceum* Wittm. (Caryocaraceae) são espécies ocorrentes nesta formação que foram listadas somente para os cerrados marginais do Meio-Norte do Brasil (Castro et al. 1998). Esta vegetação não apresentou estratificação nítida, sendo ressaltada a escassez do estrato herbáceo-subarbustivo, onde predominou *Streptostachys asperifolia* Desv. (Poaceae), ocorrendo em touceiras em meio aos poucos arbustos e subarbustos.

II. Formações Savânicas

Estão constituídas de dois tipos de cobertura vegetal (4 e 5) de ampla distribuição na área de estudo. Ocupa área de 2.994,8 ha (48,1%), sendo portanto, os tipos de vegetação mais expressivos na área estudada.

4. Cerrado aberto latifoliado perenifólio (*Evergreen broad-leaved sclerophyllous shrubland*)

Este grupo de formação ocupa a maior área do Parque Nacional (37,6%), distribuindo-se em mosaico de manchas que ora são abruptamente interrompidas quando se limitam com áreas florestais (Tabela 1), ora mudam gradualmente quando se limitam com áreas campestres. Nestes trechos, a classificação foi muito dificultada nas imagens TM/Landsat, devido à proximidade espacial de atributos espectrais ocasionado pelo gradiente dessa feição com outras circunvizinhas. Esta feição geralmente esteve associada a solos arenosos do tipo Latossolo, mas, em alguns locais da área de estudo, associou-se a Plintossolos.

Tipo de vegetação constituída de indivíduos lenhosos, tortuosos, com ramificação irregular, esclerófilos perenes ou semidecíduos, presença de ritidoma esfoliado, corticoso, rígido ou casca suberosa, macia, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódios (IBGE 1992). A vegetação apresentou fisionomia muito aberta, com densidade média de 2.711,1 ind./ha, constituída de indivíduos com altura média de 5 m e alguns ultrapassando 10 m de altura (Fig. 3 e Tabela 2). Dentre as espécies arbóreas de maior expressão fisionômica foram encontradas *Magonia pubescens* A.St.Hil. (Sapindaceae), *Simarouba versicolor* A.St.Hil. (Simaroubaceae), *Terminalia fagifolia* Mart. & Zucc. ex Eichler (Combretaceae), *Hymenaea courbaril* var. *longifolia* Y.T.Lee & Andrade-Lima, *Plathymenia reticulata* Benth., *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (Leguminosae) e *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae). Espécies abundantes de porte arbustivo foram *Combretum mellifluum* Eichler var. *mellifluum* (Combretaceae), *Lippia origanoides* H.B.K. (Verbenaceae) e *Machaerium acutifolium* Vogel (Leguminosae).

5. Cerrado extremamente xeromórfico (*Deciduous subdesert shrubland with succulents*)

Esta feição correspondeu à vegetação instalada sobre os afloramentos rochosos de origem sedimentar e couraças ferruginosas (Fortes 1996; Santos 2001), compreendendo 10,5% da área de estudo (Tabela 1).

É característico desta formação o aspecto arbustivo muito aberto, com espécies mostrando adaptações à seca, tais como folhas profundamente esclerófilas, fortemente reduzidas, ramos fotossintetizantes sem folhas e caules suculentos, na maioria das vezes espinescentes (UNESCO

1973). Trata-se de um tipo de cerrado com indivíduos arbustivos de até 2,0 m de altura, de fisionomia predominantemente aberta, xeromorfos, latifoliados e decíduos. Predominam nesta formação indivíduos de Bromeliaceae, Cactaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Lythraceae, Eriocaulaceae, Xyridaceae e Scrophulariaceae, dentre outras famílias, os quais se instalam nas fissuras e depressões das rochas. Contíguas aos afloramentos rochosos são encontradas áreas de solos extremamente arenosos resultantes do desgaste daqueles afloramentos, muito pobres em matéria orgânica, de coloração característica esbranquiçado-acinzentado. Nestes locais, na estação chuvosa, são formadas pequenas lagoas, onde são encontrados com bastante frequência indivíduos de Droseraceae e Lentibulariaceae.

Como se pode observar no perfil da figura 3, as espécies mais características desta vegetação foram *Encholirium erectifolium* (E.Morren) L.B.Sm. (Bromeliaceae), *Pilosocereus gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & Rowley e *P. flavipulvinatus* (Buining & Brederoo) F.Ritter (Cactaceae), *Vellozia tubiflora* (A.Rich.) Kunth (Velloziaceae), *Vernonia grisea* Baker (Asteraceae), *Paepalanthus* sp. e *Syngonanthus* sp. (Eriocaulaceae). Estas espécies parecem estar bem adaptadas às condições ambientais desta formação não sendo encontradas em outros locais na área. No entanto, algumas espécies frequentes no cerrado aberto latifoliado perenifólio e campo graminóide cespitoso médio como *Byrsonima correifolia* A.Juss. (Malpighiaceae), *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae), *Terminalia fagifolia* Mart. & Zucc. ex Eichler (Combretaceae), *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip e *C. flexuosa* (L.) Greene (Leguminosae), também foram encontradas nesta formação, mas apresentando formas anãs.

III. Formação Campestre

Esta vegetação está representada por apenas um tipo, com principal área de ocorrência na porção centro-sudoeste do Parque Nacional e possuindo 14,3% de extensão (Tabela 2).

6. Campo graminóide cespitoso médio (*Medium tall grassland consisting mainly of bunch grasses*)

Esta formação é um campo graminóide de altura média de até 2 m, quase sem sinúcia lenhosa e grande número de gramíneas cespitosas (UNESCO 1973).

Esta unidade apresentou na área de estudo o estrato herbáceo-subarbustivo bem vigoroso com populações atingindo alturas superiores a 1 m e com a menor densidade lenhosa (Fig. 3 e Tabela 2). Misturando-se àquele estrato foram encontrados raros arbustos dispostos espaçadamente pertencentes às espécies de *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae), *Hymenaea courbaril* var.

longifolia Y.T.Lee & Andrade-Lima e *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (Leguminosae). Os solos Neossolos Quartzarênicos e Planossolos estiveram sempre associados a esta feição.

Acurácia da classificação

A avaliação temática considerando a matriz de erros gerada a partir da imagem TM/Landsat, subsidiada com informações de campo como referência, resultou no valor de 65,7% de exatidão global. A tabela 2 mostra que algumas categorias de imagem (1 e 2) apresentaram valores de acurácia superiores à exatidão global e que a de categoria 6 foi a de menor nível de desempenho na classificação. Esses erros estão associados a certas características intrínsecas (fisionômico-estruturais) do campo graminóide cespitoso médio (6), ocasionado pela semelhança de resposta espectral com outros tipos de caráter savânico. No entanto, esses valores precisam ser considerados com precaução, não devendo ser utilizados na avaliação da acurácia das categorias individualmente devido ao baixo número de amostras em cada tipo de vegetação.

Por outro lado, a estimativa de *kappa* ($\hat{k}$) apresentou um valor de 0,582090, correspondendo à categoria "bom" de desempenho classificatório (0,40 - 0,60) segundo Landis & Koch (1977). No cálculo do intervalo de confiança desse coeficiente, foi obtida primeiramente a variância de *kappa* ($\sigma_{\hat{k}}^2 = 0,0049705$). A partir do desvio padrão, pode-se definir que o *kappa* verdadeiro está situado,

conforme a formulação: $\hat{k} - (1,96) * (\sigma_{\hat{k}}) \leq k \leq \hat{k} + (1,96) * (\sigma_{\hat{k}})$ onde,

$\hat{k}$ = estimador de *kappa*; k = *kappa*; $\sigma_{\hat{k}}$ = desvio padrão,

sendo 1,96 o valor correspondente ao nível de 95% de significância. Assim, o valor de k situou-se no intervalo $0,44 \leq k \leq 0,72$. Esse intervalo mostra que a concordância temática em relação aos dados de referência terrestre esteve em nível significativamente bem aceitável (0,60 - 0,80), com desempenho classificatório atingindo um máximo conceito de "muito bom" (Landis & Koch 1977).

Discussão

O uso integrado de informações advindas de sensoriamento remoto e de levantamentos florístico e quantitativo da vegetação em terra mostrou-se eficiente, resultando numa boa discriminação dos tipos de vegetação existentes na área. A eficácia desta abordagem já havia sido constatada por outros autores trabalhando em ambientes tropicais e subtropicais com vegetação de savanas (campestre e florestal) e florestas pluviais e paludosas na África (Frederiksen & Lawesson

1992; Fuller et al. 1998), de florestas pluviais na Costa Rica (Sánchez-Azofeifa et al. 1999), de florestas sazonalmente secas e xerófilas na Argentina (Zak & Cabido 2000, 2002) e de vários tipos de florestas (perenifólia, estacional, mista), pântanos e campos inundáveis na Índia (Singh et al. 2002).

Em mapeamento temático utilizando dados de sensoriamento remoto, a acurácia é dada pela porcentagem de amostras classificadas corretamente na imagem (Frederiksen & Lawesson 1992; Goodchild 1994; Pardi Lacruz 1998; Foody 2002; Türk 2002). Foram encontrados valores relativamente baixos para algumas categorias de imagem, apesar de ter sido encontrado um valor alto de acurácia total (65,7%).

A imprecisão da classificação ocorreu devido a amostras heterogêneas, ou seja, com mistura de *pixels* localizados em áreas limítrofes das categorias mapeadas, fato este já esperado para a área de estudo. Naquela área, alguns tipos de vegetação formam manchas de pequeno tamanho dispostas em mosaico, apresentando mudanças graduais de um tipo para o outro na paisagem. Deste modo, a aquisição de amostras puras nos tipos de vegetação poderia estar sendo influenciada pelo seu tamanho, como também pelo erro associado ao equipamento (GPS) utilizado no posicionamento cartográfico das amostras na fase de campo. A utilização de *pixels* puros numa proposta de classificação já havia sido ressaltada por outros autores (Foody et al. 1997; Smith et al. 2003). Por exemplo, o baixo nível de desempenho das categorias 5 e 6 na área de estudo (Tabela 2) pode ser explicado, em parte, pela pequena extensão de área contínua dessas feições e conseqüente impossibilidade de aquisição de *pixels* puros, assim como pela época de obtenção da imagem (período seco) e da marcante sazonalidade climática da área.

Frederiksen & Lawesson (1992) ressaltaram que em áreas complexas com significativas diferenças de solos e de vegetação, a abordagem integrada de dados de satélite e de campo não teria mostrado bom desempenho. Mesmo assim foi suficientemente precisa na identificação dos padrões gerais de vegetação de áreas do Senegal e Gâmbia, no oeste da África. No presente estudo, corroborando os resultados daqueles autores, parece estar ocorrendo a mesma situação, ou seja, a complexidade da área devido a significativas variações de solos e de vegetação. Portanto, o uso da abordagem integrada de dados de satélite e de campo foi proveitosa.

Smith et al. (2002) e Campell (1996 *apud* Smith et al. 2003) enfatizaram que o pequeno tamanho das manchas e a grande heterogeneidade da paisagem são variáveis que podem introduzir erros em uma classificação em decorrência de *pixels* mal-classificados na imagem. Wittmann et al. (2002) também constataram imprecisão dos limites entre tipos diferentes de vegetação florestal

(várzea alta e baixa) na Amazônia, especialmente quando as manchas vegetacionais possuíam tamanhos pequenos.

No presente estudo, as duas categorias de florestas (1 e 2) apresentaram os maiores níveis de desempenho, mas a categoria 3, igualmente florestal (cerradão), apresentou baixo nível, provavelmente pelos mesmos motivos já citados anteriormente. A floresta aberta latifoliada perenifolia (3) foi confundida com a floresta tropical semidecídua, devido a mudanças graduais de uma fisionomia para a outra, e também pelo conseqüente compartilhamento e substituição de espécies.

O mapa de vegetação gerado para o PNSC possibilitou a discriminação de seis tipos de cobertura vegetal, evidenciando um complexo mosaico de tipos estruturais dominados por formações savânicas, as quais cobrem 48,1% da área. Tais resultados produziram informações básicas sobre o *status* atual da vegetação na área de estudo, fornecendo subsídio para estudos futuros relacionados à compreensão e previsão de mudanças no padrão de distribuição das comunidades vegetais e dos processos ambientais. Diversos autores (Fuller et al. 1998; Martin et al. 1998; Sánchez-Azofeifa 1999; Singh et al. 2002; Thomas et al. 2002) ressaltaram as inúmeras aplicações de estudos utilizando a combinação de dados de sensoriamento remoto e de campo, principalmente nas ações de planejamento e manejo de áreas protegidas ou não e propiciando subsídio para estudos mais detalhados (p.ex., compreensão dos efeitos do padrão da paisagem, do tamanho das manchas, efeitos da fragmentação, conectividade e isolamento dos habitats, dentre outros).

O uso de imagens TM/Landsat associadas a métodos quantitativos tem potencial valor nos programas de mapeamento da vegetação. A acurácia alcançada na etapa de classificação foi satisfatória, considerando-se a complexidade da área, tendo sido os levantamentos quantitativos fundamentais na definição dos tipos de coberturas vegetais encontradas.

Agradecimentos. Gostaríamos de agradecer a Luciana S. de Araújo e María S. Pardi Lacruz (INPE) pela contribuição no processamento dos dados de sensoriamento remoto e aos técnicos do IBAMA/PI pelo apoio logístico na fase de campo. Este projeto foi conduzido com financiamento parcial da Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (FBPN, processo n. 0325981) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo n. 02/02062-9). Os autores agradecem a bolsa de estudo do CNPq (processo n. 142014/2000-1) concedida ao primeiro autor.

Referências Bibliográficas

- Abdon, M.M., Silva, J.S.V., Pott, V.J., Pott, A. & Silva, M.P. 1998. Utilização de dados analógicos do Landsat-TM na discriminação da vegetação de parte da sub-região da Nhecolândia no pantanal. *Pesq. Agropec. Bras.* 33: 1799-1813.
- Andrade-Lima, D. de. 1966. A vegetação. In: *Atlas Nacional do Brasil*. IBGE/CNG, Rio de Janeiro, BR.
- Andrade-Lima, D. de. 1978. As formações vegetais da bacia do Parnaíba. In: Lins, R.C. (ed.) *Bacia do Parnaíba: aspectos fisiográficos*, pp. 123-135. Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, Recife, BR.
- Andrade-Lima, D. de. 1981. The caatingas dominium. *Revista Brasil. Bot.* 4: 149-153.
- Araújo, L.S. 1999. *Estratificação da cobertura vegetal e de biomassa em áreas de contato floresta/savana a partir de dados TM/Landsat e JERS-1*. INPE, São José dos Campos. Dissertação de Mestrado.
- Barroso, G.M. & Guimarães, E.F. 1980. Excursão botânica ao Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. *Rodriguésia* 32: 241-267.
- Becerra, J.A.B. & Bitencourt, M.D. 2003. A classificação contínua (*fuzzy*) no mapeamento temático de áreas de cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. Belo Horizonte, 5-10 abril, 2003. *Anais*. São José dos Campos, SP. pp. 2663-2670. [CDROM].
- Bignelli, P.A., Abdon, M.M., Palme, U.W. & Silva, J.S.V. 1998. Avaliação preliminar de dados radar ERS-1 para estudos do pantanal brasileiro. *Pesq. Agropec. Bras.* 33: 1691-1701.
- Bitencourt-Pereira, M.D. & Gontijo, A.H.F. 1994. The use of GIS and TM-Landsat data to identify phytophysiographic unities on a grassland like vegetation on quartzite substract (campos rupestres). In: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Symposium - ISPRS Commission VII. Rio de Janeiro, Sept., 26-30th, 1994. Proceedings, v. 30, part 7b, pp. 14-18.
- Brasil. 1973. Ministério das Minas e Energia. *Projeto Radambrasil*. v.2. Folha SB. 23 Teresina e parte da Folha SB.24 Jaguaribe: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial. MME/DNPM, Rio de Janeiro, BR.
- Carvalho, V.C. 1986. Structure et dynamique de la vegetation en milieu tropical semi-aride: La caatinga de Quixaba (Pernambuco, Brasil) du terrain à l'analyse des données MSS/LANDSAT. Thèse présentée pour le Doctorat de l'Université de Toulouse II - Le Mirail, Toulouse, France.
- Castro, A.A.J.F., Martins, F.R. & Fernandes, A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, northeastern, Brazil. *Edinb. J. Bot.* 55: 455-472.

- Castro, A.A.J.F. 2003. Survey of the vegetation in the state of Piauí. In: Gaiser, T., Krol, M., Frischkorn, H. & Araújo, J.C. (eds.) *Global change and regional impacts: water availability and vulnerability of ecosystems and society in the semiarid northeast of Brazil*, pp. 117-123. Springer-Verlag, New York, NY.
- Chapin, F.S. III, Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S. Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C. & Diaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Congalton, R.G., Oderwald, R.G. & Mead, R.A. 1983. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. *Photogramm. Eng. Rem. Sens.* 49: 35-45.
- Congalton, R.G. & Green, K. 1999. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. CRC Press, Inc., New York, NY.
- Ducke, A. & Black, G.A. 1953. Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon. *Anais Acad. Bras. Cienc.* 25: 1-46.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPS, Brasília/Rio de Janeiro, BR.
- Emperaire, L. 1982. *Delimitação e regionalização do Brasil semi-árido: relatório da área de vegetação*. Teresina (mimeografado).
- Emperaire, L. 1985. Végétation del'État du Piauí (Brésil). *C. R. Soc. Biogéogr.* 60: 151-163.
- Fernandes, A. 1982. A vegetação do Piauí. In: Castro, A.A.J.F. (coord.) *Congresso Nacional de Botânica*, 32, pp. 313-318. Universidade Federal do Piauí, Teresina, BR.
- Fernandes, A.G. & Bezerra, P. 1990. *Estudo fitogeográfico do Brasil*. Stylus Comunicações, Fortaleza, BR.
- Ferreira, L.G., Silva, A.A., Jesus, E.T., Sano, E.E. & Shimabukuro, Y.E. 2003. Monitoramento sistemático da cobertura vegetal no bioma cerrado através de índices de vegetação MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. Belo Horizonte, 5-10 abril, 2003. *Anais*. São José dos Campos, SP. pp. 2729-2736. [CDROM].
- Ferri, M.G. 1980. *Vegetação brasileira*. Ed. Itatiaia Ltda/Ed. USP, Belo Horizonte, BR.
- Foody, G.M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Rem. Sens. Environ.* 80: 185-201.
- Foody, G.M., Lucas, R.M., Curran, P.J. & Honzak, M. 1997. Mapping tropical forest fractional cover from coarse spatial resolution remote sensing imagery. *Plant Ecology* 131: 143-154.

- Foody, G.M. & Cutler, M.E. 2002. Remote sensing of biodiversity: using neural networks to estimate the diversity and composition of a Bornean Tropical Rainforest from Landsat TM data. In: IGARSS'2002 - International Geoscience and Remote Sensing Symposium and the 24th Canadian Symposium on Remote Sensing. *Anais. IEEE*, Toronto, Canadá, 24-28 June, 2002. [CDROM].
- Fortes, F. 1996. *Geologia de Sete Cidades*. Fundação Cultural Monsenhor Chaves, Teresina, BR.
- Frederiksen, P. & Lawesson, J.E. 1992. Vegetation types and patterns in Senegal based on multivariate analysis of field and NOAA-AVHRR satellite data. *J. Veg. Sci.* 3: 535-544.
- Fuller, R.M., Groom, G.B., Mugisha, S., Ipuleit, P., Pomenoy, D., Katende, A., Bailey, R. & Ogutu-Ohwayo. 1998. The integration of field survey and remote sensing for biodiversity assessment: a case study in the tropical forests and wetlands of Sango Bay, Uganda. *Biol. Conserv.* 86: 379-391.
- Goodchild, M.F. 1994. Integrating GIS and remote sensing for vegetation analysis and modeling: methodological issues. *J. Veg. Scienc.* 5: 615-626.
- Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative plant ecology*. 3rd ed. California Press Berkeley, California, US.
- Hernandez Filho, P., Ponzoni, F.J. & Pereira, M.N. 1998. Mapeamento da fitofisionomia e uso da terra de parte da bacia do Alto Taquari mediante o uso de imagens TM/Landsat e HRV/SPOT. *Pesq. Agropec. Bras.* 33: 1755-1762.
- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). 1979. *Plano de Manejo*: Parque Nacional de Sete Cidades. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), Brasília, BR.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992. *Manual técnico da vegetação brasileira*. IBGE/DRNEA, Rio de Janeiro, BR.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Divisão de Processamento de Imagens (INPE/DPI). 2002. *Sistema de processamento de informações georeferenciadas: SPRING v.3.6.03*. [on line]. <<http://www.dpi.inpe.br/dpi/spring>>. Abril de 2003.
- Justice, C.O., Towshend, J.R.G., Vermote, E.F., Masuoka, E., Wolfe, R.E., Saleous, N., Roy, D.P. & Morisette, J.T. 2002. An overview of MODIS land data processing and products status. *Rem. Sens. Environ.* 83: 3-15.
- Landis, J. & Koch, G.G. 1977. The measurements of agreement for categorical data. *Biometrics* 33: 159-179.
- Lauver, C.L. 1997. Mapping species diversity patterns in the Kansas shortgrass region by integrating remote sensing and vegetation analysis. *J. Veg. Scienc.* 8: 387-394.

- Lima, I.M. de M. 1987. Relevô piauiense: uma proposta de classificação. *Rev. CEPRO* 12: 55-87.
- Luetzelburg, P. von. 1922-23. *Estudo botânico do nordeste* (v. I e II - edição fac-similada). CNPq, Brasília, BR.
- Maldonado, F.D., Santos, J.R. & Carvalho, V.C. 2002. Land use dynamic in the semi-arid region of Brazil (Quixaba-PE): characterization by principal components analysis. *Int. J. Rem. Sens.* 23: 5005-5013.
- Martin, M.E., Newman, S.D., Aber, J.D. & Congalton, R.G. 1998. Determining forest species composition using high spectral resolution remote sensing data. *Rem. Sens. Environ.* 65: 249-254.
- Matson, P.A. & Ustin, S.L. 1991. The future of remote sensing in ecological studies. *Ecology* 72: 1917.
- Mesquita, M.R. 2002. *Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal (Cerrado Baixo), Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí*. UFPE, Recife. Dissertação de Mestrado.
- Miura, T., Huete, A., Ferreira, L.G. & Sano, E.E. 2003. Discrimination and biophysical characterization of cerrado physiognomies with EO-1 hyperspectral Hyperion. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. Belo Horizonte, 5-10 abril, 2003. *Anais*. São José dos Campos, SP. pp. 1077-1082. [CDROM].
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York, NY.
- Nimer, E. & Brandão, A.M.P.M. 1985. Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática. *Rev. Bras. Geog.* 47: 373-416.
- Pardi Lacruz, M.S. 1998. *Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica como subsídio para levantamentos fisionômico-estruturais em floresta tropical úmida - estudo de caso: estação científica Ferreira Penna, PA*. INPE, São José dos Campos. Dissertação de Mestrado.
- Pardi Lacruz, M.S., Santos, J.R., Shimabukuro, Y.E. & Miranda, E.E. 1994. Multitemporal NOAA/AVHRR data to analyse seasonal changes on vegetation at contact areas between forest and savanna woodland. In: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Symposium - ISPRS Commission VII. Rio de Janeiro, Sept., 26-30th, 1994. Proceedings, v. 30, part 7b, pp. 344-349.
- Pinheiro, G.G.C., Sano, E.E. & Meneses, P.R. 1998. Análise dos dados digitais de radar (satélite JERS-1, banda L) para o estudo ambiental na região dos cerrados. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9. Santos (SP), 11-18 set., 1998. *Anais*. São José dos Campos, SP. [CDROM].

- Ribeiro, J.R. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.) *Cerrado: ambiente e flora*, pp. 89-166. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, BR.
- Rizzini, C.T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. *Rev. Bras. Geografia* 25: 3-65.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., Quesada-Mateo, C., Gonzalez-Quesada, P., Dayanandan, S. & Bawa, K.S. 1999. Protected areas and conservation of biodiversity in the tropics. *Consev. Biol.* 13: 407-411.
- Santos, J.C. 2001. *Quadro geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí*. UFSC, Florianópolis. Dissertação de Mestrado.
- Santos, J.R. 1988. *Biomassa aérea da vegetação de cerrado: estimativa e correlação com dados do sensor "Thematic Mapper" do satélite LANDSAT*. UFPR, Curitiba. Tese de Doutorado.
- Santos, J.R. & Shimabukuro, Y.E. 1993. O sensoriamento remoto como indicador das fenofases dos cerrados brasileiros: estudo de caso com dados AVHRR/NOAA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7. Curitiba, 10-14 maio, 1993. *Anais*. São José dos Campos, SP. v. 2, pp. 249-257.
- Santos, J.R., Pardi Lacruz, M.S., Araujo, L.S. & Keil, M. 2002. Savanna and tropical rainforest biomass estimation and spatialization using JERS-1 data. *Int. J. Rem. Sens.* 23: 1217-1229.
- Scott, J.M., Csuti, B., Jacobi, J.D. & Estes, J.E. 1987. Species richness: a geographic approach to protecting future biological diversity. *BioScience* 37: 782-788.
- Shimabukuro, Y.E., Santos, J.R., Lee, D.C.L. & Pereira, M.C. 1991. Dados sensorizados no monitoramento e avaliação de áreas queimadas: o caso do Parque Nacional de Emas (GO). *Pesq. Agropec. Bras.* 26: 1589-1598.
- Silva, J.S.V. & Abdon, M.M. 1998. Delimitação do pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Pesq. Agropec. Bras.* 33: 1703-1711.
- Singh, T.P., Singh S., Roy, P.S. & Rao, B.S.P. 2002. Vegetation mapping and characterization in West Siang district of Arunachal Pradesh, India: a satellite remote sensing - based approach. *Curr. Sci.* 83: 1221-1230.
- Smith, J.H., Wickham, J.D., Stehman, S.V. & Yang, L. 2002. Impacts of patch size and land-cover heterogeneity on thematic image classification accuracy. *Photogramm. Eng. Rem. Sens.* 68:65-70.
- Smith, J.H., Stehman, S.V., Wickham, J.D. & Yang, L. 2003. Effects of landscape characteristics on land-cover class accuracy. *Rem. Sens. Environ.* 84: 342-349.

- Thomas, V., Treitz, P., Jelinski, D., Miller, J. Lafleur, P. & McCaughey, J.H. 2002. Image classification of a northern peatland complex using spectral and plant community data. *Rem. Sens. Environ.* 84: 83-99.
- Türk, G. 2002. Chance correction and map evaluation. Letter to the editor. *Rem. Sens. Environ.* 82: 1-3.
- Unesco. 1973. *International classification and mapping of vegetation*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Ustin, S.L., Weissman, C.A., Curtiss, B., Kasischke, E., Way, J. & Vanderbilt, V.C. 1991. Opportunities for using the EOS imaging spectrometers and synthetic aperture radar in ecological models. *Ecology* 72: 1934-1945.
- Venturieri, A. & Santos, J.R. 1998. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: Assad, E.D. & Sano, E.E. (eds.) *Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura*, pp. 351-371. EMBRAPA/CPAC, Planaltina, BR.
- Walsh, S.J. & Davis, F.W. 1994. Applications of remote sensing and geographic information systems in vegetation science: introduction. *J. Veg. Scienc.* 5: 610-613.
- Wittmann, F., Anhuf, D. & Junk, W.J. 2002. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques. *J. Trop. Ecol.* 18: 805-820.
- Zak, M.R. & Cabido, M. 2000. Land-cover types in central Argentina based on Landsat TM and phytosociological data. In: *Proceedings IAVS Symposium*, pp. 133-137. IAVS/Opulus Press Uppsala, UK.
- Zak, M.R. & Cabido, M. 2002. Spatial patterns of the Chaco vegetation of central Argentina: integration of remote sensing and phytosociology. *Appl. Veg. Sci.* 5: 213-226.

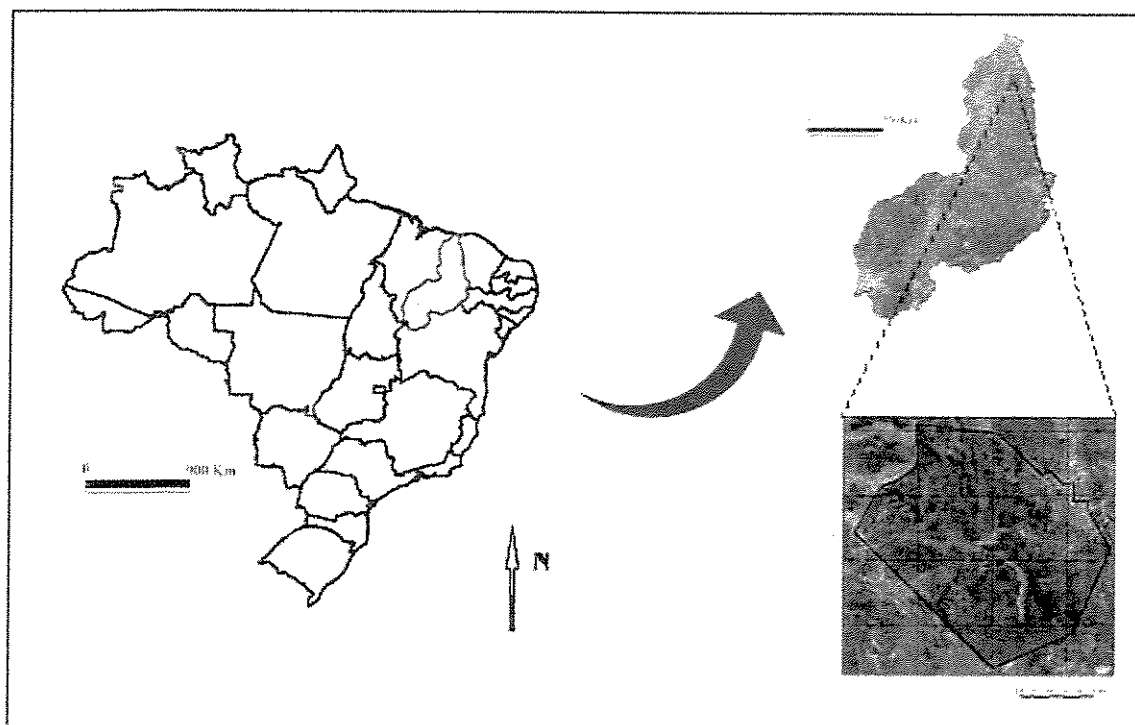


Figura 1 - Localização da área de estudo no NE do Brasil e estado do Piauí, Parque Nacional de Sete Cidades ($04^{\circ} 02' - 08'S$ e $41^{\circ} 40' - 45'W$). Imagens TM/Landsat 5 (Composição Colorida 3B/4G/5R).

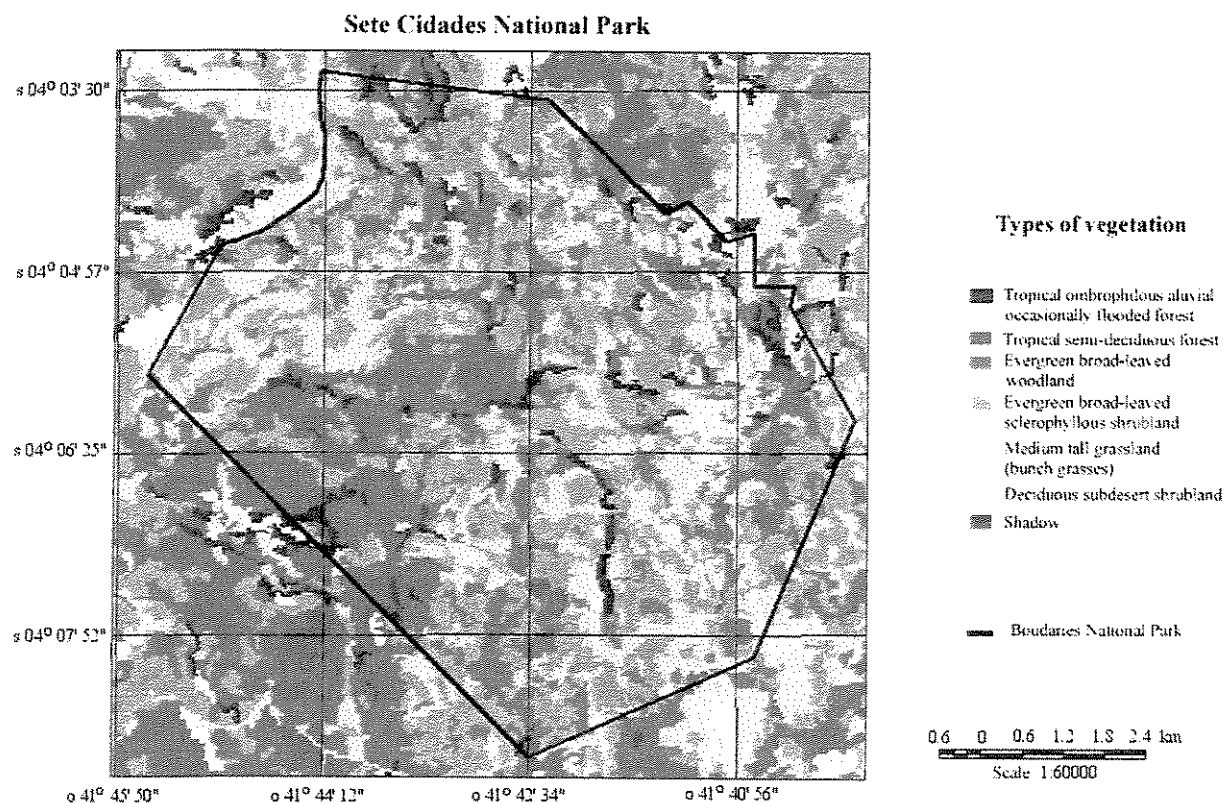


Figura 2 - Mapa temático dos tipos de vegetação encontrados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.

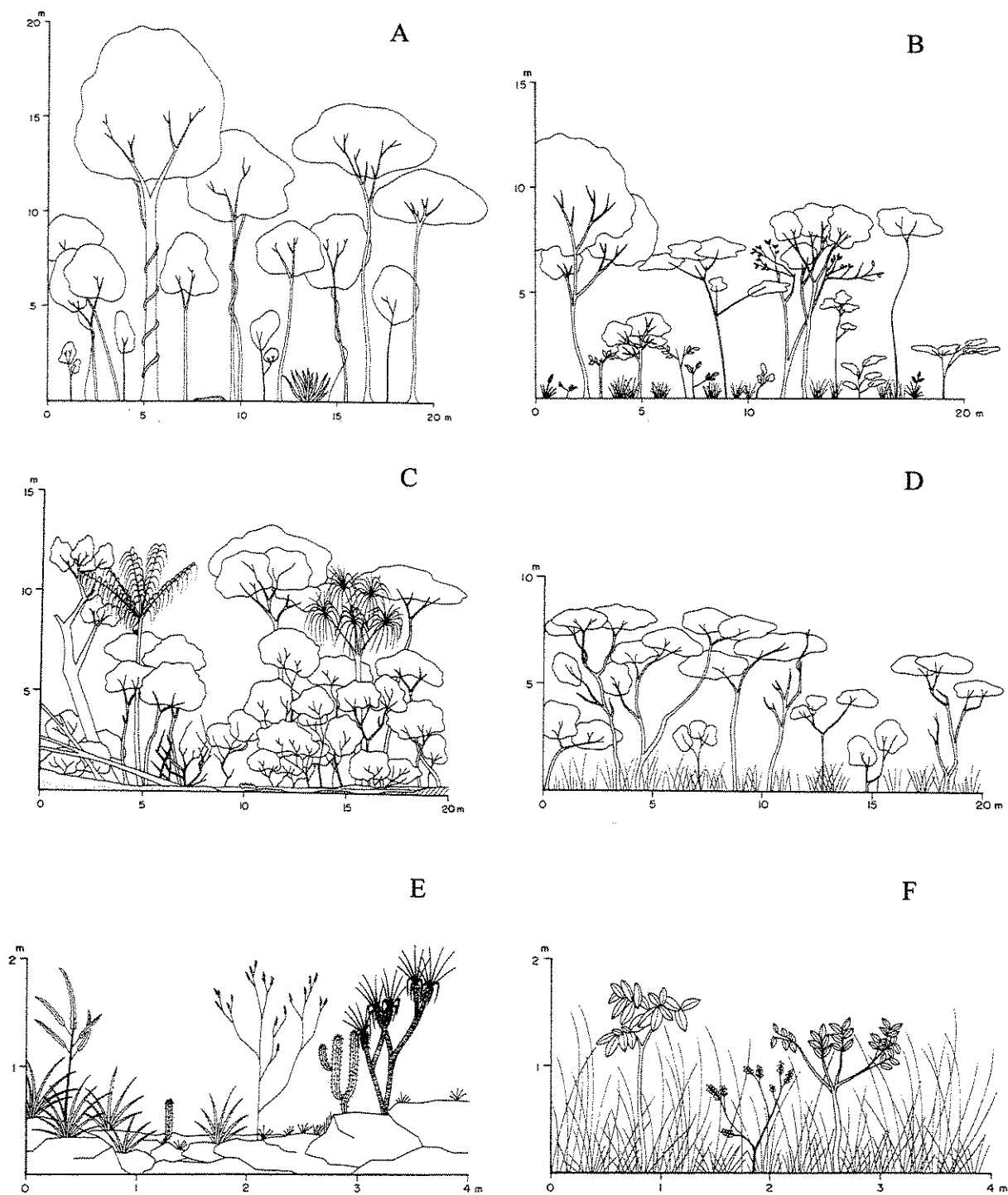


Figura 3 - Tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. A) Floresta tropical semidecídua. B) Floresta aberta latifoliada perenifólia. C) Floresta tropical ombrófila aluvial ocasionalmente inundada. D) Cerrado aberto latifoliado perenifólio. E) Cerrado extremamente xeromórfico. F) Campo graminóide cespitoso médio.

Tabela 1 - Cobertura total (ha e % de ocupação) de cada tipo de vegetação representado no mapa (Fig. 2) segundo as propostas da UNESCO (1973) e Ribeiro & Walter (1998).

Tipo de vegetação	Área (ha)	Área (%)
<i>Florestais</i>		
1. Floresta ocasionalmente inundada (Mata de galeria inundável)	204,6	3,3
2. Floresta tropical semidecídua (Mata seca semidecídua)	525,7	8,4
3. Floresta aberta latifoliada perenifólia (Cerradão)	1.513,3	24,3
<i>Savânicas</i>		
4. Cerrado aberto latifoliado perenifólio (Cerrado típico)	2.341,7	37,6
5. Cerrado extremamente xeromórfico (Cerrado rupestre)	653,1	10,5
<i>Campestre</i>		
6. Campo graminóide cespitoso médio (Campo limpo)	887,6	14,3
(Nuvem/Sombra)	95,5	1,6
Área total do PNSC	6.221,5	100,0

Tabela 2 - Tipos de vegetação com suas principais populações, densidade, riqueza de espécies, número de amostras testes e acurácia (%) estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil (UNESCO 1973).

Tipo de vegetação	Dens. (ind./ha)	n. espécies	Amostras testes	Acurácia (%)
1. Floresta ocasionalmente inundada <i>Humiria balsamifera</i> - <i>Mauritia martiana</i> - <i>Virola surinamensis</i>	-	-	5	80
2. Floresta tropical semidecídua <i>Aspidosperma multiflorum</i> - <i>Campomanesia aromatica</i> - <i>Ephedranthus pisocarpus</i>	5.181,5	102	11	73
3. Floresta aberta latifoliada perenifólia <i>Aspidosperma discolor</i> - <i>Piptadenia moniliformis</i> - <i>Terminalia fagifolia</i>	3.430	68	9	56
4. Cerrado aberto latifoliado perenifólio <i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i> - <i>Magonia pubescens</i> - <i>Terminalia fagifolia</i>	2.711,1	72	19	68
5. Cerrado extremamente xeromórfico <i>Encholirium erectifolium</i> - <i>Pilosocereus gounellei</i> - <i>Vellozia tubiflora</i>	-	-	9	56
6. Campo graminóide cespitoso médio <i>Andropogon fastigiatus</i> - <i>Aristida longifolia</i> - <i>Eragrostis maypurensis</i>	466,7	7	13	54

Estrutura, relações florísticas e diversidade na transição campo-floresta no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil[§]

MARIA EDILEIDE ALENCAR OLIVEIRA

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UNICAMP, 13083-970, Brasil

Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí, CEFET/PI, 64800-000, Brasil

FERNANDO ROBERTO MARTINS

Departamento de Botânica/IB, UNICAMP, 13083-970, Brasil

ANTONIO ALBERTO JORGE FARIAS CASTRO

Departamento de Biologia/TROPEN, UFPI, 64049-550, Brasil

RESUMO. Foram investigadas estrutura, relações florísticas e diversidade da transição campo-floresta localizada no Parque Nacional de Sete Cidades (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W), NE do Brasil. Quatro tipos fisionômicos (campo graminóide - GR; cerrado típico ou *sensu stricto* (s.s.) - CS; cerradão - CE; e floresta estacional semidecídua - FL), pertencentes ao domínio do cerrado foram examinados utilizando a análise indireta de gradientes (DCA e TWINSpan). Em 73 parcelas (100 m², cada), distribuídas em duas transecções, foram registrados 2516 indivíduos com diâmetro ao nível do solo (DNS) ≥ 3 cm, pertencentes a 139 espécies e 36 famílias. A ordem de densidade, área basal total e diversidade foi: floresta estacional > cerradão > cerrado s.s. > campo graminóide. Na floresta estacional semidecídua ocorreram 15 espécies de lianas (10,8% do total amostrado) que ocuparam 2,36 m²/ha (7,8%) da área basal total. Bignoniaceae, Leguminosae e Myrtaceae foram as famílias mais importantes em abundância e riqueza de espécies nos tipos estudados. *Campomanesia aromatica* e *Ephedranthus pisocarpus* (tipo FL), *Plathymenia reticulata* e *Piptadenia moniliformis* (CE), *Terminalia fagifolia* e *Magonia pubescens* (CS) e *Vatairea macrocarpa*, no tipo GR, foram as espécies mais abundantes e com maiores valores de importância (VI). O TWINSpan e a DCA mostraram resultados coerentes, evidenciando três grupos vegetacionais na área: florestais, savânicos e campestres. Estes três grupos relacionaram-se na forma de um *continuum* estrutural-vegetacional, com limites na maioria graduais ou às vezes abruptos. Na escala de paisagem, os cerrados marginais do NE estão submetidos a variação espacial nas condições ambientais, de solos, disponibilidade hídrica e topografia, expressas no complexo mosaico de comunidades.

PALAVRAS-CHAVE: gradiente cerrado, NE Brasil, ordenação, Piauí, savana, transição ecológica, TWINSpan

[§] Instruções do *Journal of Tropical Ecology*.

INTRODUÇÃO

No Brasil, os cerrados ocupam aproximadamente 2 milhões de km², estendendo-se desde a bacia Amazônica até o Planalto nos estados de Mato Grosso e São Paulo (Castro & Martins 1999, Harley 1995, Prance 1996). Vegetação semelhante também ocorre nas savanas do Amapá, Roraima e nos "Llanos" da Colômbia, Venezuela e Paraguai (Harley 1995, Sarmiento 1984, Silva & Bates 2002, Solbrig 1996).

Os cerrados possuem grande variação na estrutura de suas comunidades, que é um importante aspecto em estudos de manejo e preservação de sua biodiversidade (Coutinho 1978, Ferri 1977, Goodland 1971, Goodland & Pollard 1973, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Ribeiro & Walter 1998). Estudos têm revelado que a flora do cerrado ocorre na forma de centros florísticos distintos e que as espécies, em geral, têm distribuição restrita (Castro 1994, Castro *et al.* 1998, 1999, Joly *et al.* 1999, Ratter *et al.* 1996).

No nordeste do Brasil, os cerrados recobrem áreas contíguas dos estados do Piauí e do Maranhão, em terrenos da bacia sedimentar do Parnaíba (Piauí-Maranhão), além de pequenas manchas em outros estados (Brito 1979, Sampaio *et al.* 1994). Eles estão submetidos à variação espacial das condições ambientais, de solos, de disponibilidade hídrica e de topografia (Sampaio *et al.* 1994). Na escala de paisagem, essa variação é expressa no complexo mosaico da vegetação, que recentemente tem sido incorporada à hipótese de heterogeneidade espacial do cerrado (Castro 1994, 2003, Felfili *et al.* 2001).

A vegetação do estado do Piauí recebe influência de três domínios florísticos: amazônico, caatingas e cerrados (Ducke & Black 1953, Emperaire 1985, Rizzini 1963). Fatores como forte sazonalidade climática, com uma estação seca severa, deficiência de nutrientes no solo e flutuação do lençol freático ao longo do ano, atuando em diferentes escalas, são os mais fortes determinantes do padrão em mosaico da vegetação tropical (Furley 1992, Hopkins 1992, Ratter 1992, Sarmiento 1992). Castro (1994) considerou parte do estado do Piauí, além de outros estados nordestinos, como um dos supercentros de biodiversidade dos cerrados. Ratter *et al.* (1996) confirmou a existência deste grupo para os cerrados do Norte. O Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC) é uma das principais reservas governamentais no Piauí, com tipos de vegetação incluídos no domínio do cerrado ou de transição cerrado/caatinga (Barroso & Guimarães 1980, IBDF 1979). Fatores edáficos e geomorfológicos têm sido ditos como os condicionantes do padrão em mosaico da vegetação em escala de paisagem (Hopkins 1992, Oliveira *et al.* dados não publicados).

A distribuição e a composição das comunidades vegetais do PNSC parecem estar relacionadas à sua própria localização geográfica em áreas limítrofes de domínios florísticos

distintos (Castro 1994, 2003, Ducke & Black 1953, Fernandes 1998, Fernandes & Bezerra 1990, Ribeiro & Tabarelli 2002, Rizzini 1963). Estudos envolvendo a interpretação do padrão vegetacional, estrutura e composição das comunidades vegetais no PNSC são inexistentes.

Considerando a vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades, este estudo pretende responder às seguintes questões: 1) Quais as relações da flora e da abundância das espécies de plantas entre os tipos de vegetação? 2) Existem grupos de espécies “características” de cada tipo de vegetação? 3) Como estão dispostos os tipos de vegetação (parcelas e espécies) ao longo do gradiente ecológico? 4) Os tipos de vegetação se limitam na forma de gradiente (*continuum*) ou na forma de mosaicos (*community type*)?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi realizado no Parque Nacional de Sete Cidades - PNSC (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W com altitudes entre 100 e 290 m), estado do Piauí, NE do Brasil (Figura 1). O PNSC situa-se no Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba e tem área de 62,21 km², com feição dominante de chapadas planas (Fortes 1996, IBDF 1979, Lima 1987). Maiores detalhes da área de estudo podem ser encontrados em Oliveira & Martins (dados não publicados). O PNSC foi considerado área prioritária de conservação da biodiversidade do cerrado e do pantanal (BRASIL 1999). Barroso & Guimarães (1980) iniciaram os estudos de vegetação, listando 228 espécies.

Os dados de precipitação e temperatura (série superior a 30 anos) foram coletados no Posto de Brasileira (04° 07' 54''S e 41 ° 46' 52''W, 180 m de altitude). O clima da área é do tipo C₂w₂A'4a' (subúmido úmido com deficiência de água, quarto megatérmico e pequena amplitude térmica anual), segundo a classificação de Thornthwaite & Mather (1955, 1957 *apud* Nimer & Brandão 1985). Há duas estações bem definidas (seca e chuvosa) ao longo do ano. A precipitação média anual é de 1.558 mm. Nos meses de fevereiro, março e abril ocorreu excedente hídrico de 660 mm e durante sete meses foi registrado déficit de 706 mm. Como principais classes de solos ocorrem: Neossolos Quartzarênico e Litólico, Planossolos, Latossolos, Plintossolos e Argissolos (EMBRAPA 1999, Jacomine *et al.* 1986).

Amostragem e descrição da vegetação

As coletas de material botânico incluíram espécimes lenhosos com diâmetros do caule no nível do solo (DNS) ≥ 3 cm, tendo sido realizadas durante dois anos. De cada espécime, foram coletados de oito a dez exemplares, que, após herborizados, foram identificados e depositados nos

herbários da Universidade Federal do Piauí (TEPB) e da Universidade Estadual de Campinas (UEC), segundo os números de coletor (M.E. Alencar 289 a 1634).

Os critérios de extensão e representatividade dos tipos fisionômicos na área de estudo foram os utilizados na seleção, tendo sido amostrados (Oliveira *et al.* dados não publicados): campo graminóide cespitoso médio (GR); cerrado típico ou *sensu stricto* - s.s. (CS); cerradão (CE); e floresta estacional semidecídua (FL). Foi utilizado o método de parcelas de 10 x 10 m, dispostas ao longo de duas transecções, totalizando uma área amostral de 0,73 ha (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). Na alocação das parcelas foi utilizada a amostragem estratificada aleatória (Greig-Smith 1983). Em cada transecção, nos quatro tipos amostrados, foram sorteados 50% do número total de parcelas a serem instaladas. Em cada parcela foram incluídos todos os indivíduos lenhosos vivos com DNS $\geq$ 3 cm, inclusive lianas. Foram feitas medidas de perímetros das plantas com fita métrica e estimadas as alturas com régua, sendo a altura das lianas considerada como igual à do suporte.

Os parâmetros de abundância e diversidade da vegetação (Castro 1994, Curtis & McIntosh 1950, Magurran 1988, Martins 1993) foram calculados por meio do software FITOPAC 1 (Sherpherd 1995). A diversidade foi descrita por quatro índices, escolhidos por serem os mais amplamente utilizados na literatura (Magurran 1988, Pielou 1977, Whittaker 1972): 1) Riqueza de espécies (S); 2) índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'); 3) equabilidade de Pielou (J) e 4) dominância de Simpson (D). Foi calculada a variância da diversidade (H') nos tipos fisionômicos (Zar 1999).

Os tipos de vegetação (Figura 2) foram classificados de acordo com Ribeiro & Walter (1998) e UNESCO (1973). Maiores informações podem ser encontradas em Oliveira & Martins (dados não publicados) e Oliveira *et al.* (dados não publicados). No campo graminóide (GR), predominou o estrato herbáceo-subarbustivo, constituído de gramíneas cespitosas, com altura média de até 2 m e quase sem sinúsia lenhosa. Esta fisionomia ocorre em pequenas manchas que fazem limites com o cerrado *sensu stricto* ou com a floresta estacional semidecídua, instalando-se em Neossolos Quartzarênicos e Planossolos (Figura 2a). O cerrado s.s. (CS) distingue-se pela presença de dois estratos, um herbáceo-subarbustivo e outro arbustivo-arbóreo, este com altura média de 5 m (Figura 2b). Ocupa a maior extensão (48,1%) do Parque Nacional, ocorrendo em Latossolos e Plintossolos e limitando-se abruptamente com florestas e gradualmente com o GR. O cerradão (CE) tem fisionomia florestal com dois estratos (arbustivo-arbóreo e herbáceo-subarbustivo), este último com pouca expressão. Possui árvores geralmente perenifólias, altas e retas, com cerca de 7 m de altura (Figura 2c). Na área geralmente encontra-se circundando a floresta estacional semidecídua (Furley & Ratter 1988), associando-se a Latossolos e Neossolos Litólicos. A floresta estacional semidecídua

(FL) apresenta árvores perenifólias, na maioria retas, com alturas em torno de 9 m e algumas emergentes com até 20 m. Possui aspecto fechado e abundância de lianas (Figura 2d), ocorrendo em Argissolos e Neossolos Litólicos.

O sistema de classificação de Cronquist (1988) foi adotado para a ordenação das famílias. Para a família Leguminosae foi utilizada a proposta de Chappill (2003).

Análise dos dados

Os tipos fisionômicos foram comparados pelas medidas de diâmetro e altura dos indivíduos. A densidade, área basal, diversidade e riqueza de espécies por parcela foram comparadas na vegetação amostrada. Foi usada análise de variância (ANOVA) acompanhada, quando necessário, de teste a *posteriori* de comparações múltiplas dos grupos (Tukey, se paramétrica, ou de Dunn, se não-paramétrica) para amostras desbalanceadas (Zar 1999). Quando as premissas para a realização da ANOVA não eram satisfeitas foi aplicada transformação (Log10). Análises exploratórias com as medidas de diâmetros e alturas mostraram grandes desvios em relação à distribuição normal, as quais não foram satisfatoriamente corrigidas através da transformação dos dados. Neste caso, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (H), análise de variância não-paramétrica (Smith 1995). Os testes foram realizados no SYSTAT versão 8.0 (Wilkinson 1998), considerando o nível de significância (α) de 0.05 (Zar 1999).

Na análise indireta de gradientes, a ordenação e a classificação têm sido técnicas freqüentemente utilizadas na busca de hipóteses relacionadas à vegetação e a fatores ambientais (Gauch 1982, Greig-Smith 1983, ter Braak 1995, Wang *et al.* 2003). Esta análise foi feita com base na matriz composta de 73 parcelas e 139 espécies, considerando o número de indivíduos de cada espécie. Foram aplicadas as técnicas de Detrended Correspondence Analysis (DCA) e Two-Way Indicator Species Analysis (TWINSPAN) na análise dos dados. A DCA baseia-se na ordenação das amostras e das espécies sem o prévio conhecimento do gradiente ecológico, que é indicado pela variação de abundância das espécies (Gauch 1982, Palmer 1993, Whittaker 1967). A TWINSPAN é um método hierárquico de agrupamento, que utiliza espécies preferenciais (positivas ou negativas) para caracterizar e separar grupos (Gauch 1982, Gauch & Whittaker 1981, Hill *et al.* 1975, ter Braak 1995, van Tongeren 1995). A robustez e eficiência dessas técnicas têm sido muito ressaltadas e, por isso, são recomendadas (Gauch 1982, Gauch & Whittaker 1981, Palmer 1993, ter Braak 1995, van Groenewoud 1992). A análise indireta de gradientes é vantajosa em ambientes complexos e heterogêneos, especialmente se existem dúvidas de quais variáveis ambientais seriam mais importantes ao longo do gradiente (Gauch 1982, Palmer 1993, Sagers & Lyon 1997).

Na aplicação da DCA e TWINSpan na matriz de abundância das espécies foi feita a relativização global: $(b = x_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^n x_j^2})$, onde: $p = 1$, i = amostras e j = espécies (McCune & Mefford 1999). Na TWINSpan foram utilizados os níveis de corte (i.e., pseudo-espécies) de 0, 0,02, 0,05, 0,10 e 0,20 e um nível máximo de divisão de 6. Todas as outras recomendações do *default* foram aceitas para a TWINSpan e DCA. Estas análises foram processadas no pacote PC-ORD, versão 4.0 (McCune & Mefford 1999).

RESULTADOS

Os números de espécies da flora arbustivo-arbórea foram 7 no campo graminóide, 72 no cerrado típico, 68 no cerradão e 102 na floresta estacional semidecídua, totalizando 2516 indivíduos amostrados (Tabela 1). No total foram listadas 139 espécies, distribuídas em 36 famílias, das quais 17 (47,2%) ocorreram com apenas uma espécie (Tabela 2). Sessenta e seis (47,5%) espécies estiveram presentes em dois ou mais tipos fisionômicos.

Das 139 espécies amostradas apenas *Anacardium occidentale*, *Combretum mellifluum*, *Himatanthus drasticus* e *Vatairea macrocarpa* apresentaram distribuição ao longo da transecção analisada (Figura 3). Essas espécies parecem ter grande amplitude ecológica, ocupando desde ambientes campestres até florestais. Por outro lado, o número de espécies exclusivas por fisionomia foi alto, com 45 (41,2% do total) encontradas na floresta estacional semidecídua, 15 (20,8%) no cerrado típico e 9 (13,2%) no cerradão.

A riqueza de lianas foi alta apenas na floresta estacional, tanto em abundância (179 indivíduos, 7,1% do total) quanto em número de espécies (15 espécies, 10,8%). As lianas ocuparam 2,36 m²/ha (7,8%) da área basal total. No cerradão e no cerrado s.s. foram encontradas apenas quatro e duas espécies de lianas, respectivamente.

Seis famílias estiveram somente na floresta estacional: Moraceae, Nyctaginaceae, Phytolacaceae, Solanaceae, Sterculiaceae e Tiliaceae. Arecaceae, Bombacaceae e Clusiaceae só ocorreram no cerradão, enquanto Caryocaraceae, Dilleniaceae e Hippocrateaceae foram exclusivas do cerrado s.s. Bignoniaceae apareceu como a mais rica na floresta estacional (12 espécies, com sete lianas), seguida de Leguminosae-Caesalpinioideae (11 espécies), Leguminosae-Papilionoideae (10), Leguminosae-Mimosoideae e Myrtaceae (8, cada) e Combretaceae (6).

A diversidade mostrou tendência de aumento dos tipos florestais (CE e FL), para o savânico (CS) e a menor no campestre (GR). O cerradão e a floresta estacional tiveram valores semelhantes de diversidade, sendo que no CE a equabilidade pareceu ser maior e a dominância menor (Tabela 1).

Por outro lado, a riqueza diminuiu da floresta estacional, passando pelo cerrado típico e cerradão até o campo graminóide.

A equabilidade (J) apresentou valores considerados altos. Clifford & Stephenson (1975) afirmaram que alta equabilidade significa codominância numérica de várias espécies, enquanto baixa equabilidade sugere dominância marcante de uma única espécie. No cerradão, com o maior valor de J, as espécies de maiores VIs possuíam abundâncias semelhantes (Tabela 3). Ao contrário, na floresta estacional, com o menor J, *Campomanesia aromatica* teve o maior VI da amostra devido à sua elevada abundância.

Estrutura de tamanho e abundância

Na tabela 3 estão os parâmetros fitossociológicos das dez espécies com maiores valores de importância (VI) encontradas na vegetação do PNSC. A densidade e a área basal diminuíram da floresta estacional e cerradão (5.181 ind./ha e 30,2 m²/ha na FL; 3.430 ind./ha e 24,3 m²/ha no CE), passando pelo cerrado s.s. (2.711 ind./ha e 13,6 m²/ha) até o campo graminóide (467 ind./ha e 2,1 m²/ha).

Na floresta estacional semidecídua, *Campomanesia aromatica*, *Ephedranthus pisocarpus*, *Piptadenia moniliformis* e *Combretum leprosum* tiveram densidades relativas superiores a 4%, somando 35,4% do número total de indivíduos. No CE, *Plathymenia reticulata*, *Copaifera coriacea* e *Piptadenia moniliformis* totalizaram 20,4% dos indivíduos amostrados. No CS, *Terminalia fagifolia*, *Magonia pubescens*, *Lippia origanoides* e *Qualea grandiflora* somaram 32,2% do total de indivíduos amostrados. No GR, *Vatairea macrocarpa*, *Anacardium occidentale* e *Hymenaea courbaril* var. *longifolia* representaram 73,8% dos indivíduos amostrados (Tabela 3).

Piptadenia moniliformis, *Copaifera coriacea* e *Anacardium occidentale* tiveram as maiores dominâncias relativas (13,0; 9,2 e 7,3%, respectivamente), contribuindo com 29,4% da área basal total (ABT) na FL; *Parkia platycephala*, *Aspidosperma discolor* e *Anacardium occidentale* (15,2; 12,3 e 10,2%) totalizaram 37,8% (ABT) no CE; *Terminalia fagifolia*, *Hymenaea courbaril* var. *longifolia* e *Magonia pubescens* (15,1; 12,2 e 9,4%) somaram 36,7% (ABT) no CS; e *Vatairea macrocarpa*, *Byrsonima crassifolia* e *Hymenaea courbaril* var. *longifolia* (33,9; 26,4 e 21,5%) contribuíram com 81,8% (ABT), no GR (Tabela 3). Duas espécies (*Salvertia convallariodora* e *Bowdichia virgilioides*), exclusivas do CE, estiveram representadas por dois e três indivíduos, mas com dominâncias relativas elevadas (5,4 e 4,2%, respectivamente) tornado-as marcantes na fisionomia do CE.

Quatro espécies (*Piptadenia moniliformis*, *Copaifera coriacea*, *Thiloa glaucocarpa* e *Anacardium occidentale*) foram importantes nas florestas (FL e CE), esta última também nas formações savânico-campestre (Tabela 3 e Figura 3). Por outro lado, *Hymenaea courbaril* var. *longifolia*, *Vatairea macrocarpa* e *Combretum mellifluum* apresentaram densidades, dominâncias e frequências relativas maiores nas formações savânico-campestre (CS e GR).

Os resultados da ANOVA mostraram diferenças significativas nos tipos fisionômicos estudados na área (Tabela 4). A floresta estacional e o cerradão tiveram os maiores valores de densidade, seguidos do cerrado típico e os menores no campo graminóide ($F = 59,13$; $gl = 3$; $p < 0,001$). A diversidade média por parcela seguiu o mesmo padrão encontrado para a densidade ($F = 12,25$; $gl = 3$; $p < 0,001$).

A área basal média por parcela foi maior na floresta estacional e cerradão, enquanto o cerrado típico e o campo graminóide apresentaram os menores valores ($F = 37,58$; $gl = 3$; $p < 0,001$), ver tabela 4.

A floresta estacional e o cerradão apresentaram as maiores riquezas específicas, seguidas do cerrado típico e campo graminóide com a menor ($F = 27,47$; $gl = 3$; $p < 0,001$). Estes resultados repetiram o mesmo padrão mostrado pelos outros descritores, ou seja, há diferenças entre os três grupos estruturais na área: os florestais (FL e CE), o savânico (CS) e o campestre (GR), e o cerradão e a floresta estacional não diferiram estatisticamente.

Os diâmetros das plantas foram estatisticamente diferentes entre os tipos fisionômicos estudados ($H = 19,89$; $gl = 3$; $p < 0,001$). Diferenças significativas somente ocorreram entre os diâmetros das plantas do cerrado s.s. e os outros três tipos fisionômicos (Figura 4).

As alturas das plantas diferiram significativamente entre os tipos fisionômicos ($H = 765,03$; $gl = 3$; $p < 0,001$). As maiores alturas ocorreram na floresta estacional, em seguida no cerradão, e depois no cerrado s.s. e no campo graminóide, nestes dois últimos não havendo diferenças estatísticas (Figura 4).

Ordenação e classificação

Os diagramas de ordenação da DCA foram coincidentes com as divisões do TWINSpan (Tabela 5, Figuras 5, 6 e 7). O eixo 1 da DCA separou à esquerda as formações florestais (floresta estacional e cerradão), em seguida vieram as parcelas do cerrado s.s. mais espalhadas e, no outro extremo, à direita ocorreram as do campo graminóide (formações savânica e campestre). Foi possível discriminar um gradiente estrutural constituído de três grupos vegetacionais (florestal, savânico e campestre). O eixo 1 apresentou um autovalor de $\lambda_1 = 0,7875$ e comprimento do

gradiente (ou eixo da ordenação) de 7,0 unidades de desvio padrão médio de substituição das espécies (i.e., *average standard deviation of species turnover* - s.d.). Esses valores são considerados altos, indicando um gradiente muito diverso (i.e., elevada diversidade beta) e sugerindo substituição total das espécies (ter Braak 1995). O eixo 2 da DCA apresentou autovalor de $\lambda_2 = 0,4802$ e comprimento do gradiente de 3,6 s.d. Neste eixo houve a separação das parcelas do cerrado s.s., muito espalhadas, sendo que no extremo superior foi segregada uma parcela do campo graminóide e no inferior, duas do cerradão (Figura 5).

Com relação às espécies, a separação de grupos foi menos evidente, como mostra a grande dispersão dos dados ("ruído"). No eixo 1, em um extremo do gradiente (florestal), ocorreram *Acacia* sp., *Xylosma benthamii*, *Stizophyllum* sp., *Forsteronia pubescens*, *Arrabidaea triplinervia*, *Brosimum* sp., *Hymenaea* sp., *Eugenia flavescens*, *Guapira* sp., *Byrsonima sericea*, *Eugenia puniceifolia*, *Campomanesia aromatica*, *Randia armata*, *Eugenia* sp.1, *Hymenaea courbaril*, *Adenocalymma* sp., *Arrabidaea brachypoda*, *Caesalpinia ferrea*, *Casearia ulmifolia*, *Dicella bracteosa* e *Peixotoa jussieuana* com os menores escores (Figura 6). No outro extremo (campestre), com os maiores escores estiveram *Hymenaea courbaril* var. *longifolia*, *Vatairea macrocarpa*, *Byrsonima coriifolia*, *B. crassifolia*, *Anacardium occidentale* e *Himatanthus drasticus*.

O eixo 2 da DCA separou espécies exclusivas e/ou de baixa densidade do cerrado s.s. e cerradão, como *Andira paniculata*, *Curatella americana*, *Erythroxylum suberosum*, *Salvertia convallariodora* e *Tabebuia impetiginosa*, no extremo inferior. No outro extremo do gradiente, o superior, ocorreram as espécies *Combretum mellifluum*, *Dimorphandra gardneriana* e *Lippia origanoides*, com as duas primeiras de ampla ocorrência nas fisionomias estudadas e, a última espécie exclusiva do cerrado s.s. (Figura 6).

Em três níveis de divisão feitos pelo TWINSpan foi possível distinguir cinco grupos de comunidades vegetais (Figura 7 e Tabela 5). O primeiro nível de divisão apresentou autovalor de 0,6116 e fez a separação de dois conjuntos de amostras na área. O lado esquerdo da dicotomia (grupo 0) foi representado pelos tipos florestais (cerradão e floresta estacional, com 37 parcelas), enquanto o direito (grupo 1) foi constituído das amostras dos tipos savânico e campestre (cerrado s.s. e campo graminóide, com 36 parcelas). Como espécies indicadoras de comunidades florestais ocorreram *Campomanesia aromatica*, *Copaifera coriacea*, *Ephedranthus pisocarpus* e *Piptadenia moniliformis*, todas preferencialmente negativas.

O segundo nível da dicotomia separou quatro grupos de amostras com autovalores de 0,4795 (grupos FL I e CE/FL) e 0,5523 (grupos CS e GR). *Astronium fraxinifolium*, *Brosimum* sp., *Campomanesia aromatica*, *Combretum mellifluum* e *Piptadenia moniliformis* foram indicadoras

deste nível e fizeram a separação da floresta estacional (grupo FL I) e da transição CE/FL (grupo CE/FL). No outro lado da dicotomia, as parcelas do cerrado s.s. (grupo CS) e do campo graminóide (grupo GR) foram separadas, com espécies indicadoras de formações mais abertas *Vatairea macrocarpa*, *Magonia pubescens*, *Combretum mellifluum* e *Terminalia fagifolia*.

As parcelas da transição CE/FL (grupo CE/FL) e as da floresta estacional (grupo FL I) foram separadas no terceiro nível de divisão (autovalor 0,3553) tendo *Bauhinia pulchella* e *Helicteres* sp. como espécies indicadoras de áreas de transição (florestais).

A primeira divisão feita pelo TWINSpan no conjunto das espécies apresentou um autovalor de 0,8547. Foram obtidos dois grupos florísticos (87 e 52 espécies), correspondentes às espécies mais abundantes dos tipos florestais (CE e FL) e dos tipos savânico e campestre (CS e GR). Também foi usada a TWINSpan considerando uma matriz de presença e ausência, encontrando resultados semelhantes.

DISCUSSÃO

Em estudos de vegetação, o uso de escalas diferentes tem sido recomendado (Sarmiento 1984, 1992). Em geral, os trabalhos em áreas de cerrado no Brasil e, em particular, nos cerrados marginais do NE, têm utilizado a abordagem de escala local (Castro *et al.* 1998, Conceição 2000, Felfili & Felfili 2001, Felfili & Silva Júnior 1993, Mesquita 2002, Miranda *et al.* 2003, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Pinder & Rosso 1998, Rodrigues 1998). A diversidade local (ou alfa) tem sido o tipo mais amplamente estudado de diversidade (Whittaker 1967, 1972). Por outro lado, estudos abrangendo comparações entre tipos fisionômicos nos cerrados (diversidade beta ou de análise de gradientes) têm sido menos frequentes, particularmente no NE do Brasil (Castro 1994, Coutinho 1978, Ribeiro & Tabarelli 2002, Ruggiero *et al.* 2002, Durigan *et al.* 2003).

Ribeiro & Tabarelli (2002) fizeram comparações entre quatro tipos estruturais dos cerrados no Piauí. Estes autores examinaram a densidade de plantas, a riqueza de espécies, as estratégias de ciclos de vida e a composição de plantas nas fisionomias, alguns destes aspectos semelhantes aos abordados no presente estudo. Encontraram valores de densidade de 3.095 e 1.630 ind./ha no cerradão (CE) e no cerrado *sensu stricto* (CS), respectivamente, valores estes menores que os encontrados no presente estudo, com 3.500 e 2.710 ind./ha no CE e no CS, respectivamente. Ribeiro & Tabarelli (2002) encontraram médias de riqueza de 18,4 e 10,9 esp./200 m² no cerradão e no cerrado s.s. No presente estudo, valores muito semelhantes foram encontrados e variaram de 17 a 11 esp./100 m², do CE para o CS, mesmo considerando o menor tamanho de unidade amostral.

Os parâmetros de abundância e componentes de diversidade do presente estudo foram superiores aos de outras áreas de cerrado do Brasil, apesar dos problemas relacionados à falta de padronização na amostragem, duração e intensidade do estudo (Felfili & Felfili 2001, Felfili *et al.* 2000, Felfili & Silva Júnior 1992, 1993, Miranda *et al.* 2003, Uhlmann *et al.* 1998). Magurran (1988) afirmou que a riqueza é um artefato do tamanho amostral, ao contrário da diversidade, que considera a abundância das espécies. Também a diversidade é influenciada pelo tamanho e critérios de amostragem, mas ainda assim é um bom indicador da diversidade local (Harper & Hawksworth 1994, Martins 1993, Martins & Santos 1999). A riqueza de espécies tem relação direta com a densidade da flora lenhosa das fisionomias, que por sua vez relaciona-se as estratégias de ciclos de vida das plantas (Ribeiro & Tabarelli 2002). No presente estudo, à semelhança do daqueles autores, ocorreu a diminuição da riqueza de espécies concomitantemente a redução da densidade da flora lenhosa das fisionomias.

Com exceção do GR, nos outros tipos fisionômicos estudados (FL, CE e CS) cerca de 10% do número de espécies amostradas detiveram aproximadamente 50% do número total de indivíduos e da área basal, evidenciando concentração de abundância e, portanto, baixa equabilidade. Em geral, os valores de frequências relativas no GR foram semelhantes aos de densidade relativa, sugerindo que as espécies daquele tipo fisionômico mostraram um padrão de distribuição espacial não agregado. Por outro lado, nos tipos FL, CE e CS, as dez populações mais abundantes apresentaram frequências relativas menores do que os de densidades relativas, mostrando uma tendência de padrão espacial agregado.

A ocorrência de um elevado percentual de famílias (44,7%) com apenas uma espécie foi igualmente freqüente nos diversos trabalhos feitos nos cerrados do Brasil (Castro 1994, Castro *et al.* 1998, Felfili *et al.* 2000, Felfili & Silva Júnior 1993, Miranda *et al.* 2003, Ratter *et al.* 1996, Ribeiro & Tabarelli 2002). Este resultado pode estar indicando um padrão que é característico de locais de elevada diversidade (Ratter 2002) e contraria a afirmação de que os cerrados da periferia teriam uma flora pobre (Fernandes 1998, Rizzini 1963).

Onze espécies (7,9% do total) registradas neste estudo (*Acosmium dasycarpum*, *Bowdichia virgilioides*, *Curatella americana*, *Erythroxylum suberosum*, *Machaerium acutifolium*, *Myracrodruon urundeuva*, *Qualea grandiflora*, *Q. parviflora*, *Salvertia convallariodora*, *Tabebuia ochracea* e *Tocoyena formosa*) estiveram entre as 28 mais freqüentes encontradas por Ratter *et al.* (1996) nos cerrados do Brasil e quatro espécies (*Bowdichia virgilioides*, *Curatella americana*, *Erythroxylum suberosum* e *Qualea grandiflora*) deste estudo estiveram entre as nove mais freqüentes listadas por Castro (1994). *Stryphnodendron coriaceum*, *Vatairea macrocarpa* e *Parkia*

platycephala foram indicadoras do centro de diversidade do NE (Castro 1994). Estas espécies, juntamente com outras, por apresentarem distribuição restrita aos cerrados do Piauí e Maranhão, sugerem a existência de um supercentro de diversidade da vegetação de cerrado no NE do Brasil (Castro *et al.* 1998).

Em escala de paisagem, as diferenças encontradas sugerem um padrão em mosaico da vegetação, com manchas de tamanhos diferentes para os cerrados marginais do NE (Oliveira *et al.* dados não publicados). Este mesmo padrão já havia sido observado no Planalto Central (Felfili & Silva Júnior 1993, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Pinder & Rosso 1998, Ruggiero *et al.* 2002) e em áreas disjuntas em Roraima (Miranda *et al.* 2003). Por outro lado, em escala local, as comunidades vegetais na área sugerem a ocorrência de um gradiente estrutural-vegetacional (*continuum*), havendo substituição e variação contínua de abundância das espécies de um tipo fisionômico para o outro, ao longo do gradiente (Whittaker 1973). Austin (1985) já apontava que mudanças nas formas de crescimento dominantes implicam numa interposição contínua das comunidades vegetais, ao invés de zonas claramente distintas.

A TWINSpan confirmou a ordenação da DCA, discriminando a presença de três grupos vegetacionais na área: florestais, savânico e campestre. A disposição dos grupos de vegetação ao longo dos eixos de ordenação sugere um *continuum*, onde às vezes os limites são abruptos e, em outras vezes, graduais (Austin 1985, Gauch 1982, Longman & Jeník 1992, ter Braak 1995, Whittaker 1973). As parcelas 20, 56 e 61 foram classificadas pelo TWINSpan como de transição entre CS/CE e CE/FL, as quais parecem mostrar baixa redundância no conjunto dos dados, ou ainda indicam grupos insuficientemente amostrados (Tausch *et al.* 1995).

A análise indireta de gradientes evidenciou que a vegetação responde a um conjunto de gradientes ecológicos de modo complexo (Bruun & Ejrnaes 2000, Hill *et al.* 1975, Palmer 1992). Diversos estudos (Goodland & Pollard 1973, Miranda *et al.* 2003, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Ruggiero *et al.* 2002) têm indicado propriedades do solo como os fatores mais prováveis em influenciar a variação florística-fisionômica dos cerrados no Brasil.

A composição de espécies entre os tipos fisionômicos estudados apresentou muita variação, sendo que 69 espécies (49,6% do total) foram exclusivas de um ou de outro tipo fisionômico na área. Ribeiro & Tabarelli (2002) mostraram que a composição de espécies nos tipos estruturais de menor riqueza não é um subconjunto particular dos tipos mais ricos. Segundo aqueles autores, dois processos biológicos poderiam estar ocasionando este padrão: efeito de massa (Shmida & Wilson 1985) e a influência das biotas circunvizinhas (Fernandes 1998, Fernandes & Bezerra 1990).

Shmida & Wilson (1985) mostraram que as comunidades não são sistemas fechados e que o fluxo de indivíduos (sementes) de áreas de alto sucesso reprodutivo da espécie para ambientes desfavoráveis possibilitaria seu estabelecimento em locais nos quais as espécies não poderiam manter populações viáveis - efeito de massa. Fatores como diferenciação de nichos e equivalência ecológica também parecem explicar a elevada riqueza de áreas de transição (Palmer 1992, Shmida & Wilson 1985).

A influência das biotas circunvizinhas (Fernandes 1998, Fernandes & Bezerra 1990) está relacionada diretamente com o efeito de massa das populações. Esta situação é constatada pela presença de gêneros com distribuição principalmente na Amazônia, e estando o maior número de espécies próximo à linha do Equador (p.e., *Ephedranthus*, *Parkia*, *Copaifera* e *Platonia*) e que na área de estudo está representada por uma das poucas ocorrências dos mesmos fora da Amazônia. Por exemplo, *Ephedranthus pisocarpus* tem distribuição restrita aos estados do Maranhão, Piauí e Ceará (Oliveira & Sales 1999).

Os cerrados no NE estão submetidos a grande variação espacial nas condições ambientais, expressa no complexo mosaico de tipos de vegetação - heterogeneidade espacial do cerrado (Castro 1994, 2003, Felfili *et al.* 2001, Sampaio *et al.* 1994). Este fato, associado à posição geográfica e à contribuição das formações circunvizinhas, parece explicar a distribuição e a flora das comunidades vegetais na área de estudo (Castro 1994, 2003, Ducke & Black 1953, Fernandes 1998, Fernandes & Bezerra 1990, Ribeiro & Tabarelli 2002, Rizzini 1963).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos funcionários do IBAMA no Piauí (Parque Nacional de Sete Cidades e Superintendência Estadual em Teresina). Ao CEFET - PI e gerência de ensino da UNED/Floriano. Este estudo foi parcialmente financiado pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (FBPN, processo n. 0325981) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo n. 02/02062-9). Os autores agradecem ao CNPq (processo n. 142014/2000-1) pela concessão de bolsa a primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTIN, M. P. 1985. Continuum concept, ordination methods, and niche theory. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16:39-61.
- BARROSO, G. M. & GUIMARÃES, E. F. 1980. Excursão botânica ao Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. *Rodriguésia* 32:241-267.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 1999. Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade no Cerrado e Pantanal. MMA/FUNATURA/CI/Fundação BIODIVERSITAS/UnB, Brasília.
- BRITO, I. M. 1979. Bacias sedimentares e formações pós-paleozóicas do Brasil. Interciência, Rio de Janeiro. Pp.41-52: bacias e formações sedimentares do meio norte; Pp. 59-96: as bacias sedimentares do nordeste do Brasil.
- BRUUN, H. H. & EJRNAES, R. 2000. Classification of dry grassland vegetation in Denmark. *Journal of Vegetation Science* 11:585-596.
- CASTRO, A. A. J. F. 1994. *Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí - São Paulo) de amostras de cerrado*. UNICAMP. Tese de Doutorado.
- CASTRO, A. A. J. F. 2003. Survey of the vegetation in the state of Piauí. Pp.117-123 in Gaiser, T., Krol, M., Frischkorn, H. & Araújo, J. C. (eds.). *Global change and regional impacts: water availability and vulnerability of ecosystems and society in the semiarid northeast of Brazil*. Springer-Verlag, New York.
- CASTRO, A. A. J. F., MARTINS, F. R. & FERNANDES, A. G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, northeastern Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 55:455-472.
- 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.
- CASTRO, A. A. J. F., MARTINS, F. R., TAMASHIRO, J. Y. & SHEPHERD, G. J. 1999. How rich is the flora of Brazilian cerrado? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86:192-224.
- CHAPPILL, J. 2003. *Cladistic analysis of the Leguminosae: classification of the Leguminosae employed for cladistic analysis modified from that of Polhill (1994) as indicated*. [citado em 16 de junho de 2003 - 16:00]. URL: <http://www.botany.uwa.edu.au/systematics/summaryleg.html>.
- CLIFFORD, H. T. & STEPHENSON, W. 1975. *An introduction to numerical classification*. Academic Press, New York.
- CONCEIÇÃO, G. M. da. 2000. *Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal, Parque Estadual do Mirador, Mirador, Maranhão*. UFPE. Dissertação de Mestrado.
- COUTINHO, L. M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17-23.

- CRONQUIST, A. 1988. *The evolution and classification of flowering plants* (2nd ed.). New York Botanical Garden, New York.
- CURTIS, J. T. & McINTOSH, R. P. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31:434-455.
- DUCKE, A. & BLACK, G. A. 1953. Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 25:1-46.
- DURIGAN, G., RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., SIQUEIRA, M.F. & CORRÊA FRANCO, G.A.D. 2003. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. *Hoehnea* 30:39-51.
- EJRNAES, R. & BRUUN, H. H. 2000. Gradient analysis of dry, temperate grassland vegetation in Denmark. *Journal of Vegetation Science* 11:573-584.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPS, Brasília/Rio de Janeiro.
- EMPERAIRE, L. 1985. Végétation del'État du Piauí (Brésil). *Compte Rendu Societe de Biogeographi* 60:151-163.
- FELFILI, J. M., REZENDE, A. V., SILVA JÚNIOR, M. C. & SILVA, M. A. 2000. Changes in the floristic composition of cerrado *sensu stricto* in Brazil over a nine-year period. *Journal of Tropical Ecology* 16:579-590.
- FELFILI, M. C. & FELFILI, J. M. 2001. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 15:243-254.
- FELFILI, J. M., SILVA JÚNIOR, M. C., REZENDE, A. V., HARIDASSAN, M., FILGUEIRAS, T. S., MENDONÇA, R. C., WALTER, B. M. T. & NOGUEIRA, P. E. 2001. O projeto biogeografia do bioma cerrado: hipóteses e padronização da metodologia. Pp.157-173 in Garay, I. & Dias, B. (eds.). *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais*. Ed. Vozes, Petrópolis.
- FELFILI, J. M. & SILVA JÚNIOR, M. C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 9:277-289.
- FERNANDES, A. G. & BEZERRA, P. 1990. Estudo fitogeográfico do Brasil. Ed. Stylus Comunicações, Fortaleza.
- FERNANDES, A. 1998. Fitogeografia brasileira. Ed. Multigraf, Fortaleza.
- FERRI, M. G. 1977. Ecologia dos cerrados. Pp.15-33 in Ferri, M. G. (coord.). *IV Simpósio sobre o cerrado: bases para utilização agropecuária*. Ed. Itatiaia; EDUSP, Belo Horizonte.
- FORTES, F. 1996. *Geologia de Sete Cidades*. Fundação Cultural Monsenhor Chaves, Teresina.

- FURLEY, P. A. 1992. Edaphic changes at the forest-savanna boundary with particular reference to the neotropics. Pp.91-117 in Furley, P. A., Proctor, J. & Ratter, J. A. (eds.). *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. Chapman & Hall, London.
- FURLEY, P. A. & RATTER, J. A. 1988. Soil resources and plant-communities of the central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15:97-108.
- GAUCH, H. G. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- GAUCH, H. G. & WHITTAKER, R. H. 1981. Hierarchical classification of community data. *Journal of Ecology* 69:537-557.
- GOODLAND, R. 1971. A physiognomic analysis of the cerrado vegetation of Central Brazil. *Journal of Ecology* 59:411-419.
- GOODLAND, R. & POLLARD, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology* 61:219-224.
- GREIG-SMITH, P. 1983. *Quantitative plant ecology* (3rd edition). California Press Berkeley, California.
- HARLEY, R. M. 1995. Introdução. Pp.43-78 in Stannard, B. L. (ed.). *Flora of the Pico das Almas: Chapada Diamantina, Bahia, Brazil*. KEW, London.
- HARPER, J. L. & HAWKSWORTH, D. L. 1994. Biodiversity: measurement and estimation. Preface. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 345:5-12.
- HILL, M. O., BUNCE, R. G. H. & SHAW, M. W. 1975. Indicator species analysis, a divisive polythetic method of classification, and its application to a survey of native pinewoods in Scotland. *Journal of Ecology* 63:597-613.
- HOPKINS, B. 1992. Ecological processes at the forest-savanna boundary. Pp.21-33 in Furley, P. A., Proctor, J. & Ratter, J. A. (eds.). *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. Chapman & Hall, London.
- IBDF. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1979. *Plano de Manejo: Parque Nacional de Sete Cidades*. M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN). Brasília.
- JACOMINE, P. K. T., CAVALCANTI, A. C., PESSOA, S. C. P., BURGOS, N., MELO FILHO, H. F. R., LOPES, O. F. & MEDEIROS, L. A. R. 1986. *Levantamento exploratório de solos do estado do Piauí*. (escala 1:1000) v.112. EMBRAPA/SUDENE-DNR, Rio de Janeiro. (Boletim de Pesquisa, 36; Série recursos de solos, 18).
- JOLY, C. A., AIDAR, M. P. M., KLINK, C. A., McGRATH, D. G., MOREIRA, A. G., MOUTINHO, P., NEPSTAD, D. C., OLIVEIRA, A. A., POTT, A., RODAL, M. J. N. &

- SAMPAIO, E. V. S. B. 1999. Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation. *Ciência e Cultura* 51:331-348.
- LIMA, I. M. de M. 1987. Relevo piauiense: uma proposta de classificação. *Revista CEPRO* 12:55-87.
- LONGMAN, K. A. & JENÍK, J. 1992. Forest-savanna boundaries: general considerations. Pp.3-18 in Furley, P. A., Proctor, J. & Ratter, J. A. (eds.). *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. Chapman & Hall, London.
- MAGURRAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
- MARTINS, F. R. 1993. *Estrutura de uma floresta mesófila*. Ed. UNICAMP, Campinas.
- MARTINS, F. R. & SANTOS, F. M. 1999. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. *Revista Holos* 1 (edição especial):236-267.
- McCUNE, B. & MEFFORD, M. J. 1999. *Multivariate analysis of ecological data*. v. 4.0. MjM Software, Oregon.
- MESQUITA, M. R. 2002. *Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal (Cerrado Baixo), Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí*. UFPE. Dissertação de Mestrado.
- MIRANDA, I. S., ABSY, M. L. & REBÊLO, G. H. 2003. Community structure of woody plants of Roraima Savannas, Brazil. *Plant Ecology* 164:109-123.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- NIMER, E. & BRANDÃO, A. M. P. M. 1985. Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática. *Revista Brasileira de Geografia* 47:373-416.
- OLIVEIRA, J. & SALES, M.F. 1999. Estudo taxonômico dos gêneros *Ephedranthus* S. Moore e *Pseudephedranthus* Aristeg. - Annonaceae. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica*, 15:117-166.
- OLIVEIRA, M. E. A. & MARTINS, F. R. Classificação e caracterização dos tipos vegetacionais do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. *Revista Brasileira de Botânica* (a ser submetido).
- OLIVEIRA, M. E. A., MARTINS, F. R. & SANTOS, J. R. Cobertura vegetal da porção oriental da bacia do Parnaíba, NE do Brasil (Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí) utilizando imagens TM/Landsat e dados quantitativos. *Applied Vegetation Science* (a ser submetido).
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. de, SHEPHERD, G. J., MARTINS, F. R. & STUBBLEBINE, W. H. 1989. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 5:413-431.

- PALMER, M. W. 1992. The coexistence of species in fractal landscapes. *The American Naturalist* 139:375-397.
- PALMER, M. W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74:2215-2230.
- PIELOU, E. C. 1977. *Mathematical ecology*. Wiley, New York.
- PINDER, L. & ROSSO, S. 1998. Classification and ordination of plant formations in the Pantanal of Brazil. *Plant Ecology* 136:151-165.
- PRANCE, G. T. 1996. Inlands in Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 351:823-833.
- RATTER, J. A. 2002. Biodiversity patterns of woody cerrado vegetation: an overall view. Pp.55-57 in Araújo, E. L., Moura, A. N., Sampaio, E. S. B., Gestrari, L. M. S. & Carneiro, J. M. T. (eds.). *Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil*. UFRPE/Brasil Imprensa Universitária, Recife.
- RATTER, J. A., BRIDGEWATER, S., ATKINSON, R. & RIBEIRO, J. F. 1996. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 53:153-180.
- RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp.89-166 in Sano, S. M. & Almeida, S. P. de (eds.). *Cerrado: ambiente e flora*. EMBRAPA/CPAC, Planaltina.
- RIBEIRO, L. F. & TABARELLI, M. 2002. A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life history and plant composition. *Journal of Tropical Ecology* 18:775-794.
- RIZZINI, C. T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 25:3-65.
- RODRIGUES, S. M. C. B. 1998. *Florística e fitossociologia de uma área de cerrado em processo de desertificação no município de Gilbués - PI*. UFRPE. Dissertação de Mestrado.
- RUGGIERO, P. G. C., BATALHA, M. A., PIVELLO, V. R. & MEIRELLES, S. T. 2002. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 160:1-16.
- SAGERS, C. L. & LYON, J. 1997. Gradient analysis in a riparian landscape: contrasts among forest layers. *Forest Ecology and Management* 96:13-26.
- SAMPAIO, E. V. S. B., SOUTO, A., RODAL, M. J. N., CASTRO, A. A. J. F., HAZIN, C. 1994. *Caatingas e cerrados do NE: biodiversidade e ação antrópica*. Pp.1-15 in Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação. Fundação Esquel do Brasil, Fortaleza/Brasília.

- SANTOS, J. C. 2001. *Quadro geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí*. UFSC. Dissertação de Mestrado.
- SARMIENTO, G. 1984. *The ecology of neotropical savannas*. Harvard University Press, England.
- SARMIENTO, G. 1992. A conceptual model relating environmental factors and vegetation formations in the lowlands of tropical South America. Pp.583-601 in Furley, P. A., Proctor, J. & Ratter, J. A. (eds.). *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. Chapman & Hall, London.
- SHEPHERD, G. J. 1995. *FITOPAC 1: manual do usuário*. Departamento de Botânica, UNICAMP, Campinas.
- SHMIDA, A. & WILSON, M. V. 1985. Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography* 12:1-20.
- SMITH, S. M. 1995. Distribution-free and robust statistical methods: viable alternatives to parametric statistics. *Ecology* 6:1997-1998.
- SILVA, J. M. C. & BATES, J. M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the south american cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52:225-233.
- SOLBRIG, O. T. 1996. The diversity of the savanna ecosystem. Pp.1-27 in Solbrig, O. T., Medina, E. & Silva, J. F. (eds.). *Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective*. Springer, Berlin.
- TAUSCH, R. J., CHARLET, D. A., WEIXELMAN, D. A. & ZAMUDIO, D. C. 1995. Patterns of ordination and classification instability resulting from changes in input data order. *Journal of Vegetation Science* 6:897-902.
- ter BRAAK, C. J. F. 1995. Ordination. Pp.91-173 in Jongman, R. H. G., ter Braak, C. J. F. & van Tongeren, O. F. R. (eds.). *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, New York.
- UNESCO. 1973. *International classification and mapping of vegetation*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- UHLMANN, A., GALVÃO, F. & SILVA, S. M. 1998. Análise da estrutura de duas unidades fitofisionômicas de savana (cerrado) no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 12:231-247.
- van GROENEWEUD, H. 1992. The robustness of Correspondence, Detrended Correspondence, and TWINSpan Analysis. *Journal of Vegetation Science* 3:239-246.
- van TONGEREN, O. F. R. 1995. Cluster analysis. Pp.174-212 in Jongman, R. H. G., ter Braak, C. J. F. & van Tongeren, O. F. R. (eds.). *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, New York.

- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical analysis. 4rd ed. Prentice Hall, New Jersey.
- WANG, G., ZHOU, G., YANG, L. & LI, Z. 2003. Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. *Plant Ecology* 165:169-181.
- WILKINSON, L. 1990. SYSTAT: the system for statisticians. Systat Inc., Evanston.
- WILKINSON, L. 1998. *SYSTAT*. v. 8.0. SPSS Inc., Chicago.
- WHITTAKER, R. H. 1967. Gradient analysis vegetation. *Biological Review* 49:207-264.
- WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurements of species diversity. *Taxon* 21:213-251.
- WHITTAKER, R. H. 1973. Direct gradient analysis: results. Pp.33-51 in Whittaker, R. H. (ed.). *Ordination and classification of communities*. The Hague, Junk.

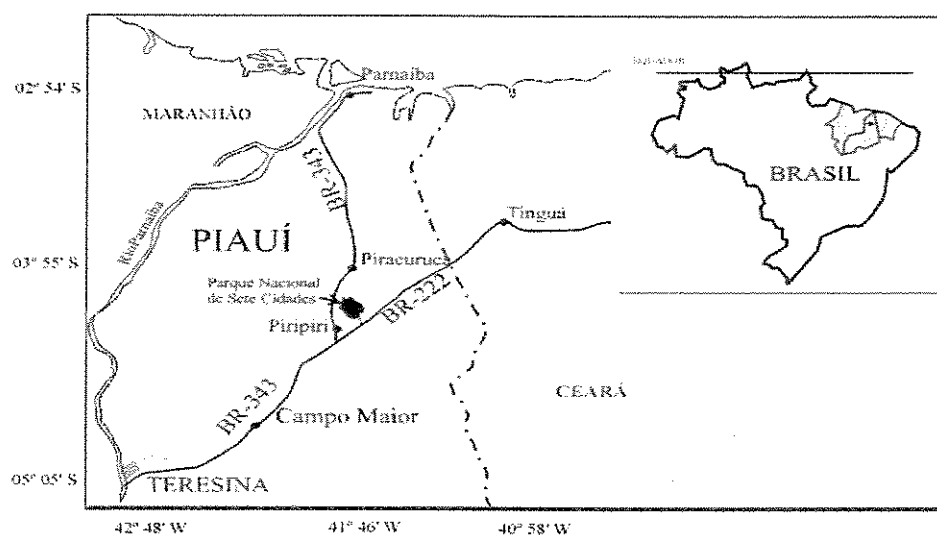


Figura 1 - Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí, NE do Brasil e suas principais vias de acesso. (Fonte: Della Fávera 1999, modificado).

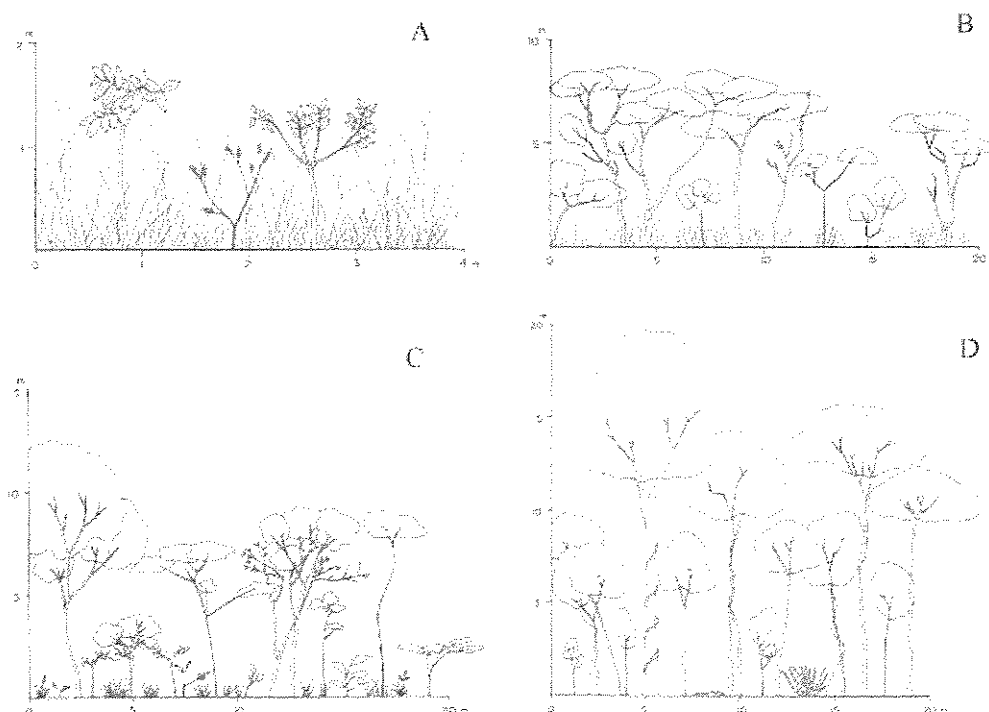


Figura 2 - Tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. A) Campo graminóide cespitoso médio. B) Cerrado típico ou *sensu stricto* - *s.s.* C) Cerradão. D) Floresta estacional semidecídua.

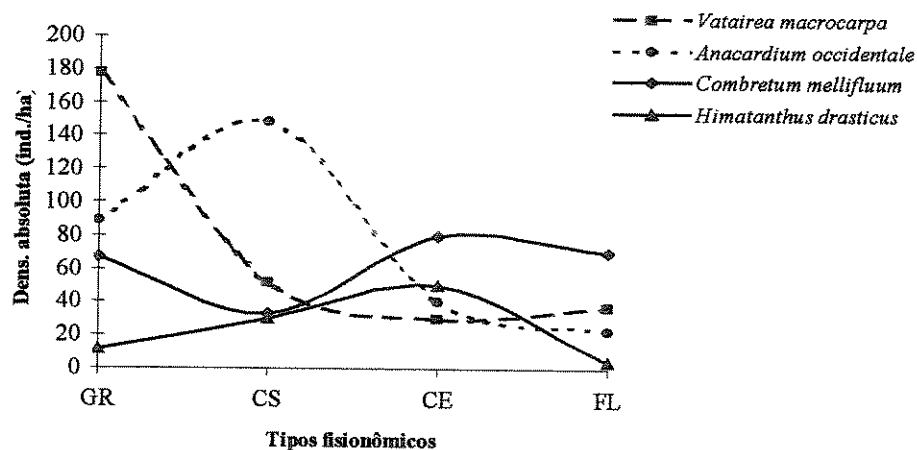


Figura 3 - Variação da densidade absoluta (ind./ha) de quatro espécies ocorrentes nos tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. GR - campo graminóide, CS - cerrado s.s., CE - cerradão e FL - floresta estacional semidecídua.

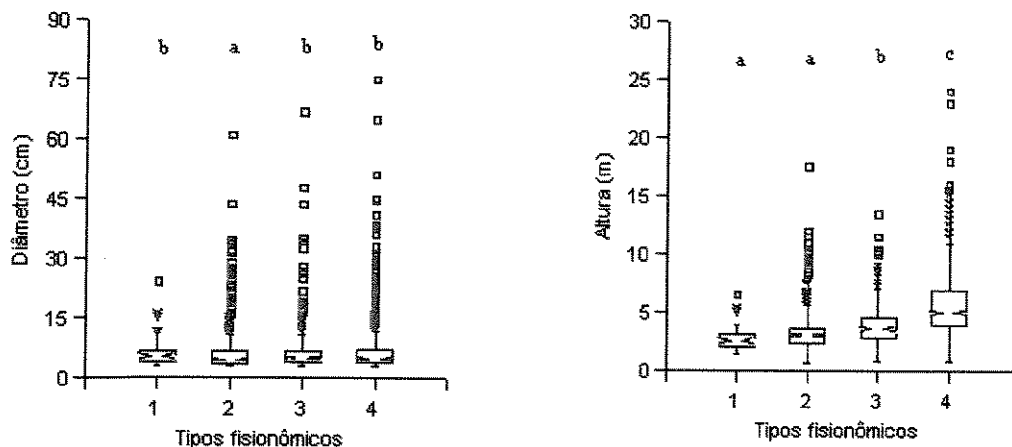


Figura 4 - Distribuição dos diâmetros (≥ 3 cm) e das alturas (m) das espécies arbustivo-arbóreas amostradas nos tipos fisionômicos do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Cada caixa ("box plot") contém 50% dos dados, o maior estreitamento da caixa representa a mediana e o intervalo de confiança. As linhas horizontais superior e inferior representam, respectivamente, os limites superiores do terceiro (75%) e do primeiro (25%) quartis. As linhas verticais indicam o primeiro e o quarto quartis, exceto os valores extremos (*) e muito extremos ($\square$). Se os intervalos de confiança de distribuições diferentes não se sobrepõem, significa que as medianas diferem ao nível de 5% de significância (Wilkinson 1990). 1 - campo graminóide (n = 42 indivíduos), 2 - cerrado s.s., (n = 732), 3 - cerradão (n = 343) e 4 - floresta estacional semidecídua (n = 1399). Caixas ("box plot") seguidas por letras iguais não são estatisticamente diferentes (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$); gl = 3.

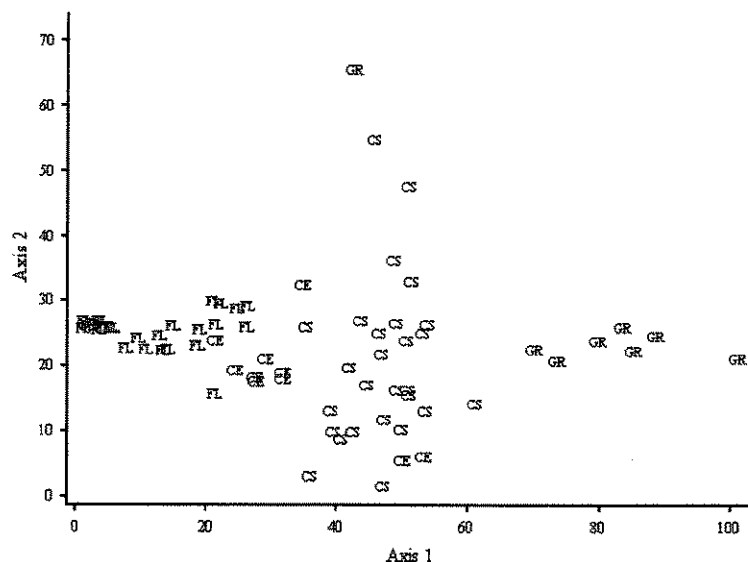


Figura 5 - Diagrama da DCA das parcelas nos eixos 1 e 2. Quatro grupos vegetacionais foram distinguidos no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. GR = campo graminóide, CS = cerrado típico, CE = cerradão e FL = floresta estacional semidecídua.

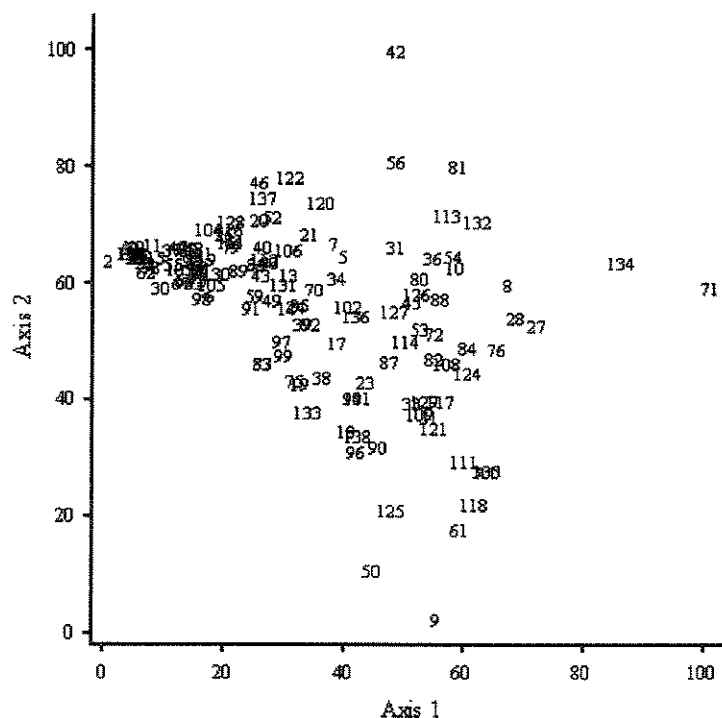


Figura 6 - Diagrama da DCA das espécies nos eixos 1 e 2, nos tipos fisionômicos amostrados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. As espécies estão identificadas por números (Tabelas 2 e 5).

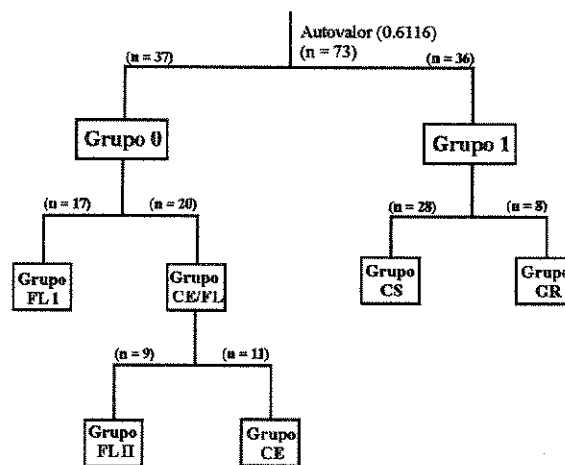


Figura 7 - Esquema da classificação feita pelo TWINSpan dos tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.

Tabela 1 - Tipos fisionômicos, área amostral e componentes de diversidade no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. S = número de espécies/famílias (F), H' = índice de diversidade ($\text{nats.indivíduo}^{-1}$) e variância, J = índice de equabilidade e D = índice de dominância.

Tipo Fisionômico	Área amostral	Riqueza (S)	H' (nats/ind.)	H' (s^2)	Pielou (J)	Simpson (D)
Campo graminóide	0,09	7/6F	1,63	0,00212	0,84	0,22
Cerrado típico	0,27	72/26F	3,55	0,00031	0,83	0,04
Cerradão	0,10	68/27F	3,71	0,00050	0,88	0,03
Floresta estacional	0,27	102/29F	3,70	0,00024	0,80	0,05

Tabela 2 - Espécies lenhosas amostradas (DNS $\geq$ 3 cm) no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Os números da coluna referem-se aos da tabela 5.

1	<i>Arrabidaea</i> aff. <i>triplinervia</i> (Mart. ex DC.) Baill. ex Bureau	39	<i>Chrysophyllum</i> sp.
2	<i>Acacia</i> sp.	40	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.
3	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovl.	41	<i>Combretum leprosum</i> Mart.
4	<i>Adenocalymma</i> sp.	42	<i>Combretum mellifluum</i> Eichler var. <i>mellifluum</i>
5	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers	43	<i>Copaifera coriacea</i> Mart.
6	<i>Alibertia myrciifolia</i> K. Schum.	44	<i>Cordia rufescens</i> A. DC.
7	<i>Allophylus semidentatus</i> (Miq.) Radlk.	45	<i>Croton</i> sp.
8	<i>Anacardium occidentale</i> L.	46	<i>Croton</i> aff. <i>blanchetianus</i> Baill.
9	<i>Andira paniculata</i> Benth.	47	<i>Croton</i> cf. <i>nepetifolius</i> Baill.
10	<i>Annona coriacea</i> Mart.	48	<i>Croton sonderianus</i> Baill.
11	<i>Arrabidaea brachypoda</i> (DC.) Bureau	49	<i>Cupania</i> cfr. <i>racemosa</i> (Vell.) Radlk.
12	<i>Arrabidaea dispar</i> Bureau ex K. Schum.	50	<i>Curatella americana</i> L.
13	<i>Aspidosperma discolor</i> A. DC.	51	<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.
14	<i>Aspidosperma multiflorum</i> A. DC.	52	<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke
15	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	53	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.
16	<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	54	<i>Deguelia nitidula</i> (Benth.) Az.-Tozzi
17	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	55	<i>Dicella bracteosa</i> (A. Juss.) Griseb.
18	<i>Banisteriopsis lutea</i> (Griseb.) Cuatrec.	56	<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.
19	<i>Bauhinia dubia</i> G. Don	57	<i>Duguetia</i> sp.
20	<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.	58	<i>Ephedranthus pisocarpus</i> R. E. Fr.
21	<i>Bauhinia unguolata</i> L.	59	<i>Erythroxylum barbatum</i> O. E. Schulz
22	Desconhecida 1 (BIGNONIACEAE)	60	<i>Erythroxylum laetevirens</i> O. E. Schulz
23	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	61	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.
24	<i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.	62	<i>Eugenia</i> sp. 1
25	<i>Brosimum</i> sp.	63	<i>Eugenia</i> sp. 2
26	<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl) Eichler	64	<i>Eugenia</i> cf. <i>citrifolia</i> Poir.
27	<i>Byrsonima correifolia</i> A. Juss.	65	<i>Eugenia flavescens</i> DC.
28	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	66	<i>Eugenia punicifolia</i> (Kunth) DC.
29	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	67	<i>Ficus guianensis</i> Desv.
30	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. ex Tul.	68	<i>Forsteronia pubescens</i> A. DC.
31	<i>Calliandra fernandesii</i> Barneby	69	<i>Guapira</i> sp.
32	<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.	70	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.
33	<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.	71	<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i> (Benth.) Lee & Andrade-Lima
34	<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	72	<i>Harpalyce brasiliensis</i> Benth.
35	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	73	<i>Heisteria</i> sp.
36	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	74	<i>Helicteres</i> sp.
37	<i>Casearia ulmifolia</i> Vahl ex Vent.	75	<i>Heteropterys anoptera</i> A. Juss.
38	<i>Chloroleucon acacioides</i> (Ducke) Barneby & Grimes	76	<i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel

Tabela 2 - Conclusão.

77	<i>Hymenaea</i> sp.	112	<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel
78	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	113	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.
79	<i>Jacaranda jasminoides</i> (Thunb.) Sandwith	114	<i>Qualea parviflora</i> Mart.
80	<i>Lafoensia replicata</i> Pohl	115	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC. <i>Swartzia flaemingii</i> var. <i>pilonema</i>
81	<i>Lippia origanoides</i> H.B.K	116	(Harms) R.S.Cowan <i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.)
82	<i>Lonchocarpus araripensis</i> Benth.	117	G.Don
83	<i>Luehea paniculata</i> Mart.	118	<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.
84	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	119	Desconhecida 1 (SAPINDACEAE) <i>Senna acuruensis</i> (Benth.) H.S.Irwin &
85	<i>Lundia helicocalyx</i> A.H.Gentry <i>Martiodendron mediterraneum</i> (Mart. ex	120	Barneby
86	Benth.) Koeppen	121	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.
87	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	122	<i>Solanum asperum</i> Rich.
88	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	123	<i>Stizophyllum</i> sp.
89	<i>Manihot</i> sp.	124	<i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth. <i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.)
90	<i>Manihot</i> cf. <i>caerulescens</i> Pohl	125	Standl.
91	<i>Memora campicola</i> Pilg.	126	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl. <i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl)
92	<i>Mimosa acutistipula</i> Benth.	127	G.Nicholson
93	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	128	<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud. <i>Terminalia fagifolia</i> Mart. & Zucc. ex
94	<i>Mimosa verrucosa</i> Benth.	129	Eichler
95	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	130	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.
96	<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	131	<i>Thilsea glaucocarpa</i> (Mart.) Eichler <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.)
97	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	132	K.Schum. subsp. <i>formosa</i>
98	<i>Myrciaria cuspidata</i> O.Berg	133	<i>Tocoyena hispidula</i> Standl.
99	<i>Ouratea cearensis</i> (v. Tiegh.) Sastre	134	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke
100	<i>Ouratea</i> cf. <i>hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Engl.	135	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy
101	<i>Oxandra sessiliflora</i> R.E.Fr.	136	<i>Vitex</i> sp. <i>Vitex</i> cf. <i>megapotamica</i> (Spreng.)
102	<i>Parkia platycephala</i> Benth.	137	Moldenke
103	<i>Peixotoa jussieuana</i> A.Juss.	138	<i>Ximenia americana</i> L. <i>Xylosma benthamii</i> (Tul.) Triana &
104	<i>Peltogyne confertiflora</i> Benth.	139	Planch.
105	<i>Phytolaca</i> sp.		
106	<i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.		
107	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke		
108	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.		
109	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. <i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil.)		
110	A.Robyns		
111	<i>Psidium myrsinites</i> DC.		

Tabela 3 - Dez espécies com os maiores valores de importância (VI) amostradas nos tipos fisionômicos do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. ni = número de indivíduos, DeR, DoR e FeR = densidade, dominância e frequência relativas (%).

Espécies/Tipo Fisionômico	ni	DeR (%)	DoR (%)	FeR (%)	VI
Floresta estacional semidecídua					
<i>Campomanesia aromatica</i>	246	17,58	5,64	4,01	27,23
<i>Piptadenia moniliformis</i>	80	5,72	13	4,81	23,53
<i>Ephedranthus pisocarpus</i>	112	8,01	4,01	4,21	16,23
<i>Copaifera coriacea</i>	54	3,86	9,15	3,21	16,21
<i>Combretum leprosum</i>	57	4,07	3,24	3,01	10,32
<i>Thiloo glaucocarpa</i>	49	3,50	3,32	2,40	9,23
<i>Aspidosperma multiflorum</i>	17	1,22	5,92	2	9,13
<i>Anacardium occidentale</i>	6	0,43	7,27	1	8,70
<i>Casearia ulmifolia</i>	47	3,36	1,40	3,01	7,76
<i>Pterocarpus violaceus</i>	29	2,07	2,93	2,61	7,61
					VI (%) 45,3
Cerradão					
<i>Aspidosperma discolor</i>	13	3,79	12,33	3,64	19,76
<i>Parkia platycephala</i>	5	1,46	15,25	1,82	18,52
<i>Terminalia fagifolia</i>	16	4,66	5,58	4,24	14,49
<i>Piptadenia moniliformis</i>	21	6,12	2,77	4,85	13,74
<i>Plathymenia reticulata</i>	26	7,58	4,08	1,82	13,48
<i>Qualea parviflora</i>	13	3,79	5,78	3,64	13,21
<i>Anacardium occidentale</i>	4	1,17	10,22	1,82	13,21
<i>Copaifera coriacea</i>	23	6,71	3,35	3,03	13,08
<i>Thiloo glaucocarpa</i>	18	5,25	2,30	4,24	11,79
<i>Casearia grandiflora</i>	19	5,54	1,68	4,24	11,46
					VI (%) 47,6
Cerrado típico					
<i>Terminalia fagifolia</i>	90	12,30	15,10	6,06	33,45
<i>Magonia pubescens</i>	59	8,06	9,44	6,06	23,56
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i>	16	2,19	12,21	3,03	17,42
<i>Plathymenia reticulata</i>	41	5,60	6,83	4,38	16,81
<i>Qualea grandiflora</i>	43	5,87	6,98	3,03	15,88
<i>Combretum mellifluum</i>	40	5,46	1,44	5,05	11,96
<i>Lippia origanoides</i>	44	6,01	1,85	4,04	11,90
<i>Anacardium occidentale</i>	9	1,23	6,63	2,36	10,21
<i>Simarouba versicolor</i>	13	1,78	4,24	2,69	8,71
<i>Vatairea macrocarpa</i>	14	1,91	3,18	3,37	8,46
					VI (%) 52,8
Campo graminóide					
<i>Vatairea macrocarpa</i>	16	38,10	33,94	33,33	105,37
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i>	7	16,67	21,51	16,67	54,85
<i>Byrsonima crassifolia</i>	3	7,14	26,36	16,67	50,17
<i>Anacardium occidentale</i>	8	19,05	12,96	11,11	43,12
<i>Combretum mellifluum</i>	6	14,29	3,14	11,11	28,54
<i>Byrsonima coriifolia</i>	1	2,38	1,47	5,56	9,41
<i>Himatanthus drasticus</i>	1	2,38	0,62	5,56	8,56

Tabela 4 - Densidade, área basal, diversidade e riqueza (média $\pm$ desvio padrão) dos tipos fisionômicos do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Valores seguidos por letras iguais não são estatisticamente diferentes (Tukey, $p < 0,05$). gl = 3.

Tipo Fisionômico	Densidade (ind./100 m ²)	Área basal (m ² /100 m ²)	Diversidade (H'/100 m ²)	Riqueza (n. esp./100 m ²)
Campo graminóide	4,7 $\pm$ 3,3 <i>c</i>	0,02 $\pm$ 0,02 <i>c</i>	0,20 $\pm$ 0,21 <i>c</i>	4,7 $\pm$ 3,3 <i>c</i>
Cerrado típico	27,1 $\pm$ 14,5 <i>b</i>	0,13 $\pm$ 0,11 <i>b</i>	0,85 $\pm$ 0,24 <i>b</i>	11 $\pm$ 5,5 <i>b</i>
Cerradão	35 $\pm$ 7,2 <i>ab</i>	0,24 $\pm$ 0,09 <i>a</i>	1,10 $\pm$ 0,14 <i>ab</i>	17 $\pm$ 3,7 <i>a</i>
Floresta estacional	51,8 $\pm$ 14,6 <i>a</i>	0,30 $\pm$ 0,15 <i>a</i>	1,10 $\pm$ 0,13 <i>a</i>	18 $\pm$ 4,6 <i>a</i>

Tabela 5 - Matriz resultante da TWINSPLAN para espécies e parcelas na área de estudo. O lado esquerdo apresenta a sequência dos números e nomes das espécies, os quais são abreviados com as quatro primeiras letras de seus gêneros e as três primeiras da espécie, ver tabela 2.

		2223332333333666655555564555522226664444 77111221 1117711 164444 4									
		6788979012345623455136789094012450167856789035792386781601224233912341450									
21	Bauh ung	---	3-1-1-1-321312--1-	-----	44-	-----	423-	-----			0000
1	Arra tri	-----	1-	-----		-----		-----			000100
2	Acacia	-----	2-	-----		-----		-----			000100
4	Adenoc	-22--	2-1--2-1-	-----		-----		-----			000100
11	Arra bra	-----	2-111--1-	-----	2-	-----		-----			000100
25	Brosim	1----	24422212-443-	-----		-----		-----			000100
29	Byrs ser	-----	1-	-----		-----		-----			000100
30	Caes fer	-----	2-	-----		-----		-----			000100
32	Camp aro	422-445555555235332-	-----	2-	-----			-----			000100
47	Crot nep	---544-	-----	2-	-----			-----			000100
48	Crot son	---22-	-----			-----		-----			000100
60	Eryt lae	1----	2---22-12-2-	-----	32-	-----		-----			000100
62	Eugen1	-----	434-	-----		-----		-----			000100
65	Euge fla	-11---	3---2221-	-----		-----		-----			000100
66	Euge pun	-----	2---21-	-----		-----		-----			000100
68	Fors pub	-----	2---21-	-----		-----		-----			000100
69	Guapir	-----	2-	-----		-----		-----			000100
77	Hymena	-----	1-----1-	-----		-----		-----			000100
78	Hyme cou	---2---	11---1-	-----		-----		-----			000100
85	Lund hel	---23-	-----	1-	-----			-----			000100
103	Peix jus	---33---	2-22-4-2-	-----		-----		-----			000100
115	Rand arm	-1--4---	23212-	-----		-----		-----			000100
123	Stizop	-----	2-1-2-1-1-	-----		-----		-----			000100
139	Xylo ben	-----	1--2-	-----		-----		-----			000100
6	Alib myr	24-----	1-----	-----	3-	-----		-----			000101
12	Arra dis	322-2-2--1-2----	1--2-	-----		-----		-----			000101
22	Bigno1	-1-----	1-----	-----		-----		-----			000101
55	Dice bra	-3-2-----	2-----	-----		-----		-----			000101
63	Eugen2	33-----		-----		-----		-----			000101
64	Euge cit	231----	1-----	-----		-----		-----			000101
67	Ficu gui	-1-----		-----		-----		-----			000101
73	Heiste	2-3-2-----		-----		-----		-----			000101
95	Myra uru	-12-----	21-----	1-----		-----		-----			000101
98	Myrc cus	-12-----	2-----	2-----		-----		-----			000101
104	Pelt con	-1-2-1-----		1-----		-----		-----			000101
105	Phytol	1-1-----		-----		-----		-----			000101
26	Buch cap	---2-----		2-----		-----		-----			000110
37	Case ulm	---324-24-32323--	23-2-22-	-----	23-	-----		-----			000110
58	Ephe pis	4432-544343343333-	2232--	23-322243322-	-----	2-	-----	2-	-----		000110
74	Helict	---543-----	3-4423--1-2-	-----		-----		-----			000110
130	Term gla	121-----	2-----	3-----		-----		-----			000110
41	Comb lep	---22--	4313322-3532-4-	---2---	2-3-	-----	2-	-----	4-	-----	000111
15	Aspi sub	---12-----		12-----		-----		-----			00100
116	Swar fla	-----	1-2-2-----	2-1-23-	-----			-----			00100
128	Tabe his	1-1-----	1122-	-----	24-2-	-----		-----			00100
43	Copa cor	434--1---	2--223-2--33432232353-4-	-----	2--2--2-	-----		-----			001010
44	Cord ruf	-----	1---2---2--4---	2---2--2-	-----			-----			001010
93	Mimo cae	-----	33---3--2-23-	-----		-----		-----			001010
106	Pipt mon	111221--132222-23234533443453223243544-	-----	2-	-----			-----			001011
112	Pter vio	---12-----	212--2332-4223-	-----	32--2-	-----		-----			001011
20	Bauh pul	-----	2334445-22-2-	-----		-----		-----			001100
40	Cochlo	-----	2-2--4-	-----		-----		-----			001100
46	Crot bla	-----	1-	-----		-----		-----			001100
52	Dalb cea	-1-----	21-22-----	2-	-----			-----			001100
57	Duguet	-----	3-	-----		-----		-----			001100
79	Jaca jas	-1-----	2-	-----		-----		-----			001100
83	Lueh pan	-----	3-	-----		-----		-----			001100
86	Mart med	-----	1---3-2-2-2--3-	-----		-----		-----			001100
89	Maniho	-----	2-	-----		-----		-----			001100
119	Sapin1	-----	1-	-----		-----		-----			001100
137	Vite meg	-----	3-22-	-----		-----		-----			001100
19	Bauh dub	-----	3-	-----	2-	-----		-----			001101
39	Chysop	---1-----	2-----	3-	-----			-----			001101
120	Senn acu	-----	2-2-	-----	2-3-	-----		-----			001101
13	Aspi dis	221-----	4-12--4222333-	2-	-----			-----			001110
16	Astroc	-----	2-	-----		-----		-----			001110
24	Bred flo	-----	2-	-----	2-	-----		-----			001110
90	Mani cae	-----	2-	-----		-----		-----			001110
107	Pipt sti	-----	2-	-----		-----		-----			001110
110	Pseudo	434--1---	2-----			-----		-----			001110
122	Sola asp	-----	1--2-	-----		-----		-----			001110
91	Memo cam	1-----	2-	-----		-----		-----			001111
127	Tabe ser	---33---	2-2-4--3--4-	-----	3-	-----	4-	-----			01000
14	Aspi mul	33--2-----	2---2212-1-2--32-	-----	2--2--2-	-----	3-	-----			01001
35	Case las	-----	1-----2-12--2-	-----	3-	-----		-----			01001

Tabela 5 - Conclusão.

59	Eryt bar	111----	1-----	1-----	3-1---	3-----	3-----	2-----		01001
131	Thil gla	3-2----	1-----	2-----	52-435233243332-	2-----	24--2-	2-----		01001
34	Case gra				43-----	32-343-53-	24--2-			0101
49	Cupa rac	--3--1-				22-----	2-----			0101
92	Mimo acu				21-----	343222-	3-----			0101
97	Myrc gui	133----	1-----		3-22-	22-----				0101
17	Astr fra				2--2-1222-	224-2-2-	423--2-	2-----		01100
23	Bowd vir					2-2-----		2-----		01100
75	Hete ano				412-232--2-4-	2-----	3443-			01100
138	Xime ame					22-----	2-----	3-----		01100
101	Oxan ses	2-1-2----	2--1-1-3-		2-2-2-	32-----	55-----	3-----		01101
99	Oura cea	1-3--1-212----	2-----			2-----	23-----			0111
70	Guet vib	--122-----	2-----		22-2-----	2-2-----	3-----			100
102	Park pla	--22--11-21-1-			2-----	33--2-3-	2-----	34-----		100
8	Anac occ	---21--212----			2-----	2-32-12-2222-		55-----		1010
27	Byrs cor				2-----	2-----		4-3-----		1010
133	Toco his		1-----			2-----				1010
134	Vata mac	2--22-----	21-----		22-22--2-	2523-----	232-22--2-	55-35555		1010
38	Chlo aca	--2--1-1-				2-----	4-----			101100
42	Comb mel	--2-----			2-23322224-	33-44-2-	2-33--244-43-5-3-	3-5555		101100
7	Allo sem				2-----		2-----			101101
31	Call fer					2-----	2-----			101101
96	Myrc fal				3-----	2-3-----				101101
114	Qual par				2-33-2-2-	2-233243-				101101
18	Bani lut				2-----	2-----				10111
94	Mimo ver	--3-1-----			4--1--3-	3442244-				10111
136	Vitex				2-----	3-----	2-12-----			10111
108	Plat ret				2--2-----	3--5-2442-3--	3255552-2-	4-----		1100
87	Mach acu		1-----		1-1--2-22-	3-----	434--2-2-	445-----		11010
129	Term fra	-1-----			4-----	322422-34454454-	2-2-2-4-554-555-	3-----		11010
5	Agon bra		1-----				2-----			11011
56	Dimo gar	--12-----			2--2-----	42-----	22-4--2-2-2-4--	5-----		11011
126	Tabe och				2-----	3-----	2-----	22--3-----		11011
28	Byrs cor					2-3-3-2-----	2-3-3-----	3-----4-55-3-		1110
71	Hyme lon					2-34-2-2-----	22--3-----	5553-		1110
76	Hima dra				2-----	2--2-----	1-22-222-2-	2-4-----		1110
45	Croton						2-----	3-----		111100
72	Harp bra						2-----			111100
80	Lafo rep					2-----	1-----	3-4-----		111100
81	Lippia						5-----	5-----24-3-24555--55-		111100
82	Lonc ara		1-----				2-----	2544532-----		111100
10	Anno cor						22-----	33-----		111101
36	Case syl						2-----	2-----		111101
53	Dalb mis						2-----	3-----		111101
88	Mago pub	----1-----				3-22-223-424333--	2-4535--55-			111101
113	Qual gra					22--2-----	555--5-3-4--4--4--			111101
124	Stry cor						2-22-3-2-----	243-----		111101
121	Sima ver					2-----	3--333--22--2-22-			111110
3	Acos das						2-----			111111
9	Andi pan						2-----			111111
33	Cary cor						2-----			111111
50	Cura ame						22-----			111111
51	Cybs ant						3-----	2-----		111111
54	Degu nit						2-----			111111
61	Eryt sub						2-----			111111
84	Luet aur						1-----			111111
100	Oura hex						2-----			111111
109	Pouter	-1-----				2--3-----				111111
111	Psid myr					2-----		244-----		111111
117	Sala ell						2-32-----			111111
118	Salv con						22-----			111111
125	Tabe imp					2-----	424-2-----			111111
132	Toco for						22-----			111111
135	Vism gui						2-----			111111

[illegible]

Relações solo-vegetação numa transição campo-floresta no Nordeste do Brasil §

Maria Edileide Alencar Oliveira^{1,2}, Fernando Roberto Martins^{3,*} and George John Shepherd³

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UNICAMP, Caixa Postal 6109, Campinas, 13083-970, SP, Brasil;

²Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí, Rua Francisco Urquiza Machado, 462, Meladão, Floriano, 64800-000, PI, Brasil; ³Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, UNICAMP, Caixa Postal 6109, Campinas, 13083-970, SP, Brasil; *Autor para correspondência (e-mail: fmartins@unicamp.br)

Palavras-chave: Cerrados, Brasil, Análise de Correspondência Canônica, Parque Nacional, Piauí, propriedades dos solos, savanas tropicais

Resumo

Este estudo analisa as relações solo-vegetação na transição campo-floresta no Parque Nacional de Sete Cidades (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W), NE do Brasil. Quatro fisionomias (campo graminóide - GR; cerrado típico ou *sensu stricto* (s.s.) - CS; cerradão - CE; e floresta estacional semidecídua - FL) foram examinadas utilizando a análise direta de gradientes (CCA). Em 73 parcelas (100 m², cada) distribuídas numa transecção foram registrados 2397 indivíduos arbustivo-arbóreos com diâmetro no nível do solo (DNS) ≥ 3 cm, pertencentes a 84 espécies e 25 famílias. Oito perfis de solo foram abertos e 73 alíquotas simples de solo foram coletadas. Os tipos florestais (CE e FL) ocorreram nas classes de Neossolos Litólicos, Latossolos e Argissolos, enquanto os savânicos e campestres (CS e GR) instalaram-se em Latossolos, Plintossolos, Planossolos e Neossolos Quartzarênicos. Foi aplicada a Análise de Correspondência Canônica (CCA) para esclarecer as relações das características dos solos sobre a distribuição espacial das fisionomias na área. Os eixos canônicos explicaram 15,1% da variação dos dados. O conteúdo de areia total, argila, Al, M.O., P e pH do solo foram os fatores ambientais mais fortemente relacionados à composição das comunidades vegetais estudadas. O eixo 1 estaria indicando o gradiente de fertilidade e de textura do solo que condiciona o estabelecimento das florestas (CE e FL) no extremo positivo e no negativo, as formações savânico-campestre (CS e GR). Os parâmetros edáficos estiveram correlacionados com o tipo de vegetação, mas outros fatores não analisados neste estudo como flutuações sazonais do lençol freático, regime e drenagem de água do solo, condições microclimáticas e nível de perturbação (fogo), parecem também influenciar na variação de nutrientes dos solos nas diferentes classes de fisionomias.

§ Seguindo as instruções da *Plant Ecology*.

Introdução

A associação entre a vegetação e seu ambiente é uma das questões fundamentais na compreensão da composição e estrutura de comunidades vegetais em um habitat, paisagem ou região (Mucina 1997; Burke 2001). O entendimento dessa associação em escala temporal pode fornecer subsídios ao monitoramento de possíveis mudanças atribuídas ao clima e a variações de uso da paisagem. As comunidades ocorrentes em áreas ecotonais (zonas de transição) seriam as principais indicadoras de mudanças, particularmente em locais que oferecem condições extremas para o desenvolvimento das plantas, como são os habitats áridos (Burke 2001).

As savanas tropicais estão submetidas a grandes variações de clima, substrato geológico, condições de drenagem, formação e material de origem dos solos, forma e posição na paisagem, bem como a fatores de perturbação, principalmente o fogo (Beard 1953; Eiten 1972). As savanas brasileiras (cerrados) ocorrem sobre um grande número de formações geológicas, em diferentes tipos de paisagem e em altitudes variadas (Eiten 1972). Este autor aponta a profundidade, a drenagem e a fertilidade dos solos como as três principais causas de ocorrência dos cerrados numa dada área.

No Brasil, vários fatores, como os associados à geomorfologia e ao regime e drenagem de água no solo têm sido estudados, buscando esclarecer como atuam na transição floresta-campo (Oliveira-Filho et al. 1989; Furley 1992; Ratter 1992; Oliveira-Filho et al. 1997). Diversos autores têm apontado a variação da disponibilidade de nutrientes nos solos como um dos mais importantes fatores determinantes da variação da vegetação de cerrado (Alvim and Araújo 1952; Goodland 1971; Eiten 1972; Goodland and Pollard 1973; Oliveira-Filho and Ratter 2002; Ruggiero et al. 2002), enquanto outros têm dado pouca ou nenhuma importância àquele fator (Beard 1953; Haridasan 1992).

Os cerrados do NE do Brasil são mais comumente encontrados em extensas planícies e baixas altitudes, com forte variação climática espacial e temporal (Nimer 1972; Sampaio et al. 1994; Castro et al. 1998). O Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC) é uma das principais áreas de reserva de cerrado no NE do Brasil. Situa-se numa zona de ecótono entre a floresta amazônica pluvial do norte, os cerrados do Planalto Central do centro-oeste e o domínio semi-árido das caatingas do nordeste (Ducke and Black 1953; Rizzini 1963). Condições climáticas e de substrato são sempre mencionadas como os fatores determinantes do padrão de vegetação encontrado no PNSC (IBDF 1979; Barroso and Guimarães 1980). A diversidade das condições edáficas, a posição transicional entre o setor semi-árido e o úmido e a forte estacionalidade climática, que provoca

flutuações periódicas do lençol freático ao longo do ano, fazem do PNSC um bom local para estudos da vegetação. Na área não existem estudos abordando aspectos de suas comunidades vegetais ou relacionando-as a fatores ambientais. Existe apenas um inventário das espécies vegetais (Barroso and Guimarães 1980) e um levantamento quantitativo de um tipo fisionômico de vegetação (Mesquita 2002).

Oliveira and Martins (dados não publicados) e Oliveira et al. (dados não publicados) iniciaram os estudos das variações fisionômico-estruturais e florísticas dos cerrados na área do PNSC. Foi possível distinguir seis fisionomias ocorrentes no PNSC, representadas por formações florestais, savânicas e campestres, de acordo com UNESCO (1973) e Ribeiro and Walter (1998). Cada tipo fisionômico apresentou características vegetacionais distintas (Tabela 1) e as variáveis ambientais, em geral, mostraram variação contínua na área (Oliveira and Martins dados não publicados; Oliveira et al. dados não publicados). Das fisionomias estudadas, o campo graminóide (fisionomia campestre) esteve representado por uma vegetação com ausência de indivíduos arbóreos, dominada por espécies de Asteraceae, Poaceae e Leguminosae, ocorrendo em solos de textura arenosa a franco-arenosa. As fisionomias florestais (cerradão e floresta estacional semidecídua) e a savânica (cerrado s.s.) estiveram associadas a diferentes classes de solos, condições de drenagem e posição da paisagem (Oliveira and Martins dados não publicados; Oliveira et al. dados não publicados).

A área do PNSC apresenta grande complexidade edáfico-geológico-geomorfológica e, portanto, é esperado que nela ocorram gradientes complexos. Logo, foi estabelecida a seguinte hipótese de trabalho: as variações nos tipos de vegetação da área estão associadas a variações de fatores edáficos. Tentando investigar esta hipótese, são feitas algumas questões: 1) Existe associação da vegetação com solos na transição campo-floresta em áreas do Parque Nacional de Sete Cidades? 2) Se existe, como ocorrem essas associações entre as comunidades vegetais e variações ambientais na área? 3) Variações de nutrientes dos solos são capazes de diferenciar as fisionomias da vegetação? 4) Se sim, existem variáveis edáficas que são determinantes no estabelecimento das comunidades vegetais na área?

Material e métodos

O Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC, 04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W) tem uma área de 6.221,48 ha e está situado na bacia sedimentar do Parnaíba, em área marginal do domínio do cerrado, estado do Piauí, NE do Brasil (Figura 1). A topografia é suavemente ondulada e as altitudes

variam de 150 m no noroeste a 290 m no norte da área (Santos 2001). O substrato geológico é a formação Cabeças (Devoniano), constituída de arenitos, siltitos e folhelhos cinzentos (Fortes 1996; Santos 2001). Mais detalhes podem ser encontrados acerca da geomorfologia (Santos 2001), geologia (Fortes 1996) e solos (Jacomine et al. 1986).

O clima é $C_{2w_2}A'_{4a'}$ de Thornthwaite, isto é, tropical subúmido-úmido com grande deficiência de água, quarto megatérmico e pequena amplitude térmica anual (Nimer and Brandão 1985). Possui forte sazonalidade, com uma estação chuvosa (dezembro a abril) e outra seca (maio a novembro) e temperaturas elevadas ao longo do ano (média máxima anual de 28,1 °C e mínima de 25,6 °C). A precipitação média anual foi de 1.557,8 mm, para uma série de dados de mais de 30 anos, coletados no Posto Meteorológico de Brasileira (04° 07' 54''S e 41° 46' 52''W, 180 m), distante 20 km da área do PNSC.

A amostragem da vegetação foi estratificada de acordo com as fisionomias da vegetação e feita através de 73 parcelas (100 m², cada) instaladas numa transecção que variou do campo graminóide (GR) em um extremo à floresta estacional semidecídua (FL) no outro. A seleção das áreas foi baseada na análise e interpretação de imagens de satélite (Oliveira et al. dados não publicados). Na alocação das parcelas foi utilizada a amostragem estratificada aleatória (Greig-Smith 1983). Foram amostrados os indivíduos vivos, inclusive lianas, que tivessem caule com diâmetro no nível do solo (DNS) ≥ 3 cm. Destes indivíduos foi medido o perímetro do caule no nível do solo e estimada a altura, sendo a altura das lianas correspondente à do suporte. Testemunhos botânicos (exsicatas) foram depositados nos herbários TEPB/UFPI (Teresina), UEC/UNICAMP (Campinas) e HUEFS/UEFS (Feira de Santana). A ordenação das famílias seguiu o sistema de classificação de Cronquist (1988), mas para a família Leguminosae foi utilizada a proposta de Polhill (1994), com desdobramentos feitos por Chappill (2003) e Wojciechowski (2003). Para a classificação da vegetação foi utilizada a proposta da UNESCO (1973). Na tabela 1 são descritos os quatro principais tipos fisionômicos amostrados na área. Maiores informações sobre a vegetação podem ser encontradas em Barroso and Guimarães (1980), Mesquita (2002), Oliveira and Martins (dados não publicados) e Oliveira et al. (dados não publicados).

Em cada tipo fisionômico foram abertas trincheiras de solo (1,0 x 2,0 x 1,60 m) no total de oito, para a descrição morfológica dos solos da área (IBGE 1995; Lemos and Santos 1996). Alíquotas simples do solo foram retiradas à profundidade de 0 a 20 cm em cada parcela. As análises para fins taxonômicos (perfis) foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Piauí (LASO/UFPI), em Teresina/PI. Todas as outras (parcelas) foram analisadas no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em Campinas/SP. Os métodos de extração e análises seguiram

Camargo et al. (1986) e EMBRAPA (1979). As partículas do solo (argila, silte e areia) foram determinadas pelo método da pipeta. Na classificação dos solos foi utilizado o sistema da EMBRAPA (1999).

A ordenação das parcelas e das espécies em relação aos parâmetros dos solos foi feita através da análise direta de gradientes (ter Braak and Prentice 1988). Foi utilizada a Análise de Correspondência Canônica (CCA), ferramenta muito usada para investigar a distribuição da vegetação ao longo de gradientes ambientais, baseada em técnicas de regressão múltipla (ter Braak 1986, 1987; ter Braak and Prentice 1988; ter Braak 1995; Økland 1996). Após análises preliminares, foram excluídas as variáveis fortemente correlacionadas, sendo mantidas nove das 17 variáveis ambientais iniciais, como forma de minimizar a redundância (Tabela 5). As variáveis ambientais incluídas foram: teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), matéria orgânica (M.O.), pH do solo, argila e areia total (%). Na matriz de espécies somente foram incluídas aquelas que estivessem representadas na amostra com cinco ou mais indivíduos (84 espécies, 73 amostras). No processamento das análises, os dados foram transformados de acordo com as recomendações dos autores (Palmer 1993, 2003; ter Braak 1995; Zar 1999): transformação angular (arco-seno) das porcentagens de argila e areia total e logarítmica (base 10) para todas as variáveis químicas, exceto o pH. A matriz de abundância das espécies foi transformada pelo logaritmo natural ($\ln(y + 1)$, onde y = número de indivíduos da espécie). A significância dos eixos canônicos foi avaliada pelo teste de Monte Carlo (999 iterações). Todas as outras recomendações do *default* do programa foram aceitas para a CCA. As análises foram processadas no pacote PC-ORD versão 4.0 (McCune and Mefford 1999).

Diferenças das propriedades dos solos entre os tipos fisionômicos foram comparadas pela análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), segundo Zar (1999). Havendo diferenças significativas, comparações múltiplas não-paramétricas foram realizadas pelos testes *a posteriori* definidos no programa BIOESTAT versão 2.0 (Ayres et al. 2000) e no SYSTAT versão 8.0 (Wilkinson 1998). Em dez amostras do total de 73, os valores de Mg e Al foram considerados como iguais a zero, pois seu teor estava abaixo da capacidade de detecção dos equipamentos do laboratório.

Resultados

Foram amostrados 2397 indivíduos arbustivo-arbóreos de 84 espécies e 25 famílias (Tabela 2). As famílias mais ricas foram Leguminosae (21 espécies, distribuídas nas subfamílias:

Mimosoideae - 9, Caesalpinioideae e Papilionoideae - 6, cada), Bignoniaceae e Myrtaceae (8 espécies, cada), e Apocynaceae, Combretaceae e Malpighiaceae (5, cada).

Correlação da vegetação com características dos solos

Foi possível identificar seis classes de solos (Reatto et al. 1998; EMBRAPA 1999; Motta et al. 2002): Latossolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Litólicos, Planossolos, Plintossolos e Argissolos. Os Neossolos Quartzarênicos, geralmente profundos, de textura arenosa e excessivamente drenados, estiveram associados ao campo graminóide (GR). Os Planossolos, solos sujeitos a inundações, em geral rasos, de textura areia-franca na superfície e muito mal drenados, igualmente estiveram associados ao GR. Os Latossolos ocorreram sob os tipos vegetacionais cerrado s.s. (CS) e cerradão (CE), constituindo-se de solos altamente intemperizados, geralmente profundos, de textura arenosa a franco-arenosa. Os Plintossolos, solos minerais de textura franco-arenosa, pouco profundos, hidromórficos, com restrições à percolação de água, ocorrendo em situação de alagamento temporário, associaram-se ao CS. Também associados ao CE ocorreram os Neossolos Litólicos, caracterizados como solos rasos, parcialmente intemperizados com presença de pedras ou cascalhos. Os Argissolos estiveram associados à floresta estacional semidecídua (FL), caracterizando-se por serem solos profundos, de textura areia-franca a franco-arenosa, de boa drenagem.

Os solos estudados (Tabela 3) foram classificados como distróficos ($V < 50\%$), álicos ($m > 50\%$), de pH muito baixo (acidez muito elevada) e com valores baixos a médios de capacidade de troca catiônica ($CTC < 40 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Lopes and Cox 1977). A baixa CTC indica o alto intemperismo desses solos, que por sua vez tendem a ser inférteis e ricos em Al e Fe (Motta et al. 2002). Em geral, os teores dos nutrientes foram muito baixos, exceto os de cálcio (Ca), que tiveram valores considerados médios (Camargo et al. 1986). A análise de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis (ANOVA) indicou que as propriedades físicas e químicas dos solos diferiram estatisticamente entre os tipos de vegetação, exceto para os teores de sódio (Na), saturação de alumínio (m) e saturação de bases (V).

Textura fina (argila e silte), teores de fósforo (P), matéria orgânica (M.O.), potássio (K), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez total ($H + Al$), soma de bases (V) e capacidade de troca catiônica (CTC) tiveram valores significativamente mais altos nas fisionomias florestais (CE e FL) e mais baixos nas outras fisionomias (CS e GR). Os valores de S ($H = 28,0050$; $gl = 3$; $p < 0,0001$) separou os extremos (CS e FL), com o GR e CE tendo valores estatisticamente iguais. Os valores de cálcio - Ca ($H = 7,8730$; $gl = 3$; $p = 0,0487$) foram maiores nos solos do CE e da FL e segregaram o

CS das demais fisionomias, apresentando valores intermediários no GR. Por outro lado, os teores de areia fina, areia grossa e areia total e valores de pH foram significativamente mais altos nas fisionomias abertas (GR e CS). O pH do solo ($H = 24,9752$; $gl = 3$; $p < 0,0001$) separou a fisionomia FL das demais (Tabela 3).

As cinco frações granulométricas analisadas (argila, silte, areia fina, areia grossa e areia total) apresentaram diferenças significativas entre todas as fisionomias (Tabela 3). Argila e silte tiveram teores estatisticamente mais altos nas fisionomias florestais (CE e FL), enquanto areia fina, areia grossa e areia total apresentaram teores mais altos nas fisionomias abertas (CS e GR). O teor de argila ($H = 47,1917$; $gl = 3$; $p < 0,0001$) separou os extremos fisionômicos (GR e FL), mostrando valor intermediário e diferente no CS, enquanto que a areia grossa ($H = 13,6228$; $gl = 3$; $p = 0,0035$) mostrou valores intermediários diferentes no CS e CE e separou os dois extremos do gradiente (GR e FL).

As variáveis pH do solo, teor de cálcio, soma de bases, argila e areia grossa foram exceções na separação de dois blocos de vegetação na área: fisionomias abertas (bloco savânico-campestre) e fisionomias fechadas (bloco florestal).

Padrão vegetacional e fatores ambientais associados

Os diagramas de ordenação (parcelas e espécies) foram fortemente coincidentes com os resultados da ANOVA de Kruskal-Wallis (Tabela 3). O biplot da análise de correspondência canônica (CCA) mostra a posição das 73 parcelas, 84 espécies e nove variáveis de solo utilizadas nesta ordenação nos três primeiros eixos (Figuras 3 e 4). As setas no biplot representam as variáveis ambientais e seu comprimento e localização indicam o nível de correlação com os eixos de ordenação (ter Braak 1986, 1995). A direção de cada seta pode ser interpretada como um gradiente ambiental ao longo dos quais as espécies são ordenadas. Os autovalores da CCA foram relativamente altos, mostrando considerável substituição de espécies ao longo dos gradientes explicitados nos eixos 1 e 2 (Figuras 3 e 4, Tabela 4).

A porcentagem de variância acumulada explicada pelos três primeiros eixos foi de 15,1%, implicando em que apenas algumas correlações entre as variáveis ambientais e os eixos da ordenação foram explicitadas pela CCA (Tabela 4). Foram encontrados altos valores da correlação de Pearson das variáveis ambientais com os tipos de vegetação no PNSC, bem como alta significância dos eixos canônicos, indicada pelo teste de Monte Carlo.

O primeiro eixo canônico foi altamente significativo ($p < 0,001$), indicando que existem correlações entre os tipos fisionômicos e as variáveis ambientais (Figuras 3 e 4). A maioria das

parcelas das fisionomias florestais (cerradão - CE e floresta estacional semidecídua - FL) foi agrupada no lado direito do biplot (símbolos cheios), com a FL localizando-se no final do gradiente (extremo positivo do eixo) e o CE ocorrendo mais no centro e parte superior do diagrama. As três parcelas do CE na parte inferior do diagrama (parcelas 21, 22 e 66) corresponderam aos seus limites com o CS e a FL. No lado esquerdo (símbolos abertos) ocorreram as parcelas das fisionomias mais abertas (savânicas e campestres), com o final do gradiente (extremo negativo do eixo) correspondendo às parcelas do campo graminóide (GR), e mais em direção ao centro as do cerrado *sensu stricto* (CS). Alguns grupos de parcelas mostraram grande variação em seus escores, como mostra a grande dispersão das amostras do GR.

O eixo canônico 1 mostrou maior correlação com os conteúdos de areia total, argila, Al, M.O., P e pH do solo (Tabela 5, Figura 3). A porcentagem de areia total foi muito correlacionada negativamente com argila, M.O. e P, indicando que textura e fertilidade são os fatores preponderantes nesse eixo. O teor de Al, outra importante variável no eixo 1, foi altamente e positivamente correlacionado com M.O. e P e negativamente com o pH do solo.

O eixo 2 esteve correlacionado também ao pH do solo e M.O., e o eixo 3 esteve mais fortemente relacionado ao teor de cálcio. Assim, o eixo 1 indicou que textura mais fina e maior fertilidade do solo estariam associadas às fisionomias florestais (CE e FL), no extremo positivo; enquanto no negativo, baixa fertilidade e textura arenosa estariam associadas às formações savânicas e campestres (CS e GR).

Composição florística

A ordenação das espécies pela CCA (Figura 4) confirmou a separação dos tipos fisionômicos na área, tal como a análise das parcelas (Figura 3). O eixo 1 separou espécies típicas de cada uma das fisionomias (Figura 4). Com os maiores escores positivos no eixo 1 foram ordenadas espécies da floresta (FL), tais como *Eugenia* sp.2, *Vitex megapotamica*, *Aspidosperma subincanum*, *Bauhinia pulchella*, *Dalbergia cearensis*, *Eugenia citrifolia*, *Alibertia myrciifolia*, *Myracrodruon urundeuva*, *Terminalia glabrescens* e *Heisteria* sp. Ainda no eixo 1, com escores menores, de posição intermediária (centro do diagrama) foram ordenadas espécies do cerradão (CE), como *Martiodendron mediterraneum*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Tabernaemontana hystrix*, *Aspidosperma multiflorum*, *Swartzia flaemingii* var. *pilonema*, *Copaifera coriacea*, *Thiloua glaucocarpa*, *Aspidosperma discolor* e *Piptadenia moniliformis*. Com os maiores escores negativos foram ordenadas no eixo 1 espécies das fisionomias abertas (CS e GR), como *Salacia elliptica*, *Lippia origanoides*, *Hymenaea courbaril* var. *longifolia*, *Simarouba versicolor*, *Stryphnodendron*

coriaceum, *Magonia pubescens*, *Anacardium occidentale*, *Byrsonima crassifolia*, *Byrsonima correifolia*, *Annona coriacea* e *Lonchocarpus araripensis*.

O eixo 2 (Figura 4) separou espécies ocorrentes com abundâncias baixas a intermediárias na FL das demais fisionomias. Com os maiores escores positivos, foram ordenadas as espécies *Mimosa acutistipula*, *Cochlospermum vitifolium*, *Tabebuia impetiginosa*, *Aspidosperma discolor*, *Byrsonima correifolia* e *Astronium fraxinifolium*, mais freqüentes nas fisionomias de CE e CS. No outro extremo do gradiente, com os maiores escores negativos, foram ordenadas as espécies *Lundia helicocalyx*, *Croton nepetifolius*, *Stizophyllum* sp., *Randia armata*, *Dicella bracteosa*, *Eugenia* sp.1, *Peixotoa jussieuana* e *Bauhinia unguolata*, todas da floresta estacional semidecídua.

Discussão

Devido à ampla faixa latitudinal e altitudinal ocupada pelos cerrados no Brasil, muitos tipos de solo e de clima ocorrem associados a essa vegetação (Eiten 1972; Nimer 1972; Furley and Ratter 1988; Castro 1994; Reatto et al. 1998; EMBRAPA 1999; Motta et al. 2002). A relação encontrada entre classes de solos e tipos de vegetação neste estudo foi semelhante à encontrada em vários outros trabalhos realizados nos cerrados do Brasil Central e do Sudeste (Oliveira-Filho et al. 1989; Haridasan 1992; Reatto et al. 1998; Motta et al. 2002; Rugiero et al. 2002).

Neste trabalho foram encontrados maiores valores de cálcio nos solos da floresta estacional semidecídua (FL), sugerindo uma relação positiva da riqueza de espécies com o aumento do teor de nutrientes no solo (Pausas and Austin 2001). Estes autores afirmaram que o cálcio é freqüentemente o mais importante cátion trocável no solo e pode controlar a disponibilidade dos outros cátions. No PNSC, o cerradão (CE), outra fisionomia florestal, parece ser do tipo distrófico, assentado em solos com baixos valores de cálcio (solos distróficos), amplamente distribuído no Brasil Central (Ratter et al. 1978; Furley and Ratter 1988; Haridasan 1992; Ratter 1992; Oliveira-Filho and Ratter 1995; Furley 1999).

A oscilação do lençol freático ao longo do ano tem sido apontada como um fator determinante da variação florística nas savanas tropicais, esta propriedade sendo função da constituição física dos solos (Beard 1953; Ratter 1992; Sarmiento 1992). No Piauí, existem fortes evidências de que ocorrem grandes oscilações do lençol freático durante o ano, possibilitando o enquadramento da maioria dos cerrados do estado como savana hiper-sazonal de Sarmiento (Sarmiento 1992; Castro et al. 1998). A área do PNSC apresentou solos de coloração clara com

grandes proporções de concreções e plintitas, sugerindo haver oscilação do lençol freático, sendo este um fator importante na pedogênese (Castro et al. 1998; Reatto et al. 1998; Motta et al. 2002).

A análise indireta de gradientes (DCA e TWINSpan), realizada em outro trabalho (Oliveira et al. dados não publicados), indicou a separação de quatro tipos fisionômicos no PNSC (GR, CS, CE e FL). Neste trabalho, detectamos a associação entre variáveis edáficas e variações fisionômicas e florísticas da vegetação. A aplicação da CCA indicou a ocorrência de gradientes de fertilidade e textura do solo ao longo dos eixos, associados à floresta estacional semidecídua, num extremo, e ao campo graminóide, no outro extremo, e como tipos intermediários o cerradão e o cerrado *s.s.* A esses gradientes também se associou uma variação da riqueza de espécies (Pausas and Austin 2001): um número pequeno de espécies no campo graminóide, aumentando em direção ao cerrado *s.s.*, em solos arenosos, pobres em nutrientes e com maiores valores de pH; e um número crescente de espécies do cerradão à floresta estacional semidecídua, em solos com textura mais fina, ricos em nutrientes e com menores valores de pH. No entanto, Beard (1953) afirmou que solos de baixa fertilidade não necessariamente suportam uma vegetação empobrecida. Também foi encontrada forte associação entre variáveis do solo: nos locais em que o teor de M.O. pouco variou também não ocorreram muitas variações de Ca, Mg e K.

O gradiente de fertilidade já havia sido apontado como associado às variações fisionômicas nos cerrados do Brasil Central e do Sudeste (Goodland 1971; Goodland and Pollard 1973; Haridasan 1992; Furley 1999; Ruggiero et al. 2002). Goodland (1971) e Goodland and Pollard (1973) realizaram estudos em vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais; e Ruggiero et al. (2002) estudaram quatro fisionomias de cerrado, no SE do Brasil (Tabela 6). Esses autores mostraram que as variáveis edáficas explicaram somente parte da variação encontrada na vegetação.

Goodland and Pollard (1973) encontraram uma correlação positiva da biomassa da vegetação com os teores de fósforo (P), nitrogênio (N) e potássio (K). Os teores de P encontrados por esses autores foram bem menores que os do presente estudo, mas os de K foram duas ou mais vezes maiores. Ruggiero et al. (2002) utilizaram dados de quatro profundidades de solos. Somados os dados de duas profundidades (0 - 5 e 5 - 25 cm) para que pudessem ser feitas algumas comparações com o presente estudo, sendo a porcentagem de argila a variável do solo com a mais alta correlação com a variação das fisionomias estudadas, tal como encontramos no PNSC. Furley (1992) afirmou que altas proporções de argila têm relação direta com a capacidade de retenção de água, sendo esta uma propriedade do solo muito importante na ocorrência de savanas ou de florestas em áreas limítrofes. Os tipos fisionômicos estudados no PNSC mostraram uma tendência de aumento da

fertilidade do solo seguindo um gradiente do GR para a FL e nenhuma associação com altos valores de saturação de alumínio (m), sem diferença estatisticamente significativa (Tabela 3). Ruggiero et al. (2002) confirmaram o gradiente de fertilidade, encontrando valores bem mais elevados de M.O. Os teores de alumínio (Al) encontrados por Ruggiero et al. (2002) mostraram grande variação entre as fisionomias estudadas, com a floresta estacional semidecídua apresentando o menor valor, mas no PNSC foi encontrada uma tendência de aumento de Al do GR em direção ao outro extremo (FL), esta com o maior teor de Al na área. Isto pode indicar que o substrato mineral de cada um dos quatro tipos fisionômicos do PNSC apresenta conteúdo de alumínio distinto. Por outro lado, o maior teor de Al encontrado sob a FL, no PNSC, corrobora os encontrados para o cerrado (cerrado s.s. e cerradão) do Planalto Central, nos quais altas quantidades de Al não estariam limitando o estabelecimento de florestas (Haridasan 1992). Diante de tais resultados fica claro que existem interpretações conflitantes na relação solo-vegetação no domínio do cerrado e que algumas questões podem ser levantadas: 1) As variáveis consideradas seriam realmente as determinantes das variações da vegetação? 2) Os métodos utilizados na coleta e análise dos dados seriam insuficientes para detectar as variações que estariam explicando a vegetação? 3) Dos estudos já realizados no domínio dos cerrados, os resultados encontrados não teriam sido artefatos dos métodos utilizados ou, simplesmente, eventos estocásticos? Não há variáveis suficientes para fazer afirmativas mais consistentes, mas parece que as estudadas na literatura não se têm mostrado suficientemente adequadas para explicar satisfatoriamente as variações da vegetação encontradas no domínio dos cerrados.

Tendências gerais

A CCA explicou apenas parte da variação florística encontrada na vegetação da área, como mostra a baixa porcentagem de variância explicada pelos três primeiros eixos (15,1%). Valores baixos têm sido frequentemente encontrados em estudos de vegetação, mas ainda assim ela pode ser muito informativa na significância das relações espécies-ambiente (ter Braak 1986, 1995). Os altos valores encontrados da correlação de Pearson e a significância dos eixos canônicos (teste de Monte Carlo) confirmam a associação das variáveis ambientais com os tipos de vegetação no PNSC.

A porcentagem de variância explicada tem sido apontada como a melhor medida do comprimento da relação espécie-ambiente, característica esta muito sensível ao ruído (p.e., efeito do arco) ou a variáveis ambientais irrelevantes (McCune 1997). Outro fator que provavelmente estaria introduzindo ruídos nesta análise seria a presença na área de dois subtipos de campo graminóide (fisionomia campestre) que não foram segregados neste estudo. Estes tipos apresentam

características de solos e de flora bastante distintas. Embora explicando uma proporção relativamente baixa da variância total, a CCA foi suficientemente robusta para identificar os gradientes ambientais na área. Outras variáveis não consideradas neste estudo poderiam também estar associadas às variações fisionômicas e florísticas observadas no PNSC (ter Braak 1995; Witkowski and O'Connor 1996). Além do gradiente de fertilidade, a umidade e a profundidade do solo têm sido mencionadas como outros fatores predominantes na variação florística dos tipos fisionômicos no cerrado (Eiten 1972; Oliveira-Filho et al. 1989; Ruggiero et al. 2002). Na área de estudo, a forma do relevo, a posição na paisagem, a topografia dos terrenos, a profundidade e as classes de solos em que ocorreram as fisionomias variaram continuamente no local. Portanto, estes fatores, individualmente, parecem ter pouca influência na ordenação das fisionomias vegetais (Oliveira and Martins dados não publicados). Isto sugere uma diferenciação dos habitats representando um gradiente vegetacional bem mais complexo, como indicado pelos altos valores de λ (Cole 1992; Jones 1992; ter Braak 1995). Isto novamente parece indicar que as variáveis utilizadas não foram determinantes para explicar a variação da vegetação; outros fatores além dos considerados neste estudo e outros já mencionados anteriormente, somados a perturbações (histórico da área) e interações dentro das comunidades (Mucina 1997), podem influenciar na composição das comunidades. Esses fatores são de difícil mensuração e podem ser possíveis causas de "ruídos" nos resultados (McCune 1997).

A distribuição das comunidades vegetais no PNSC parece refletir a influência combinada de condições edáficas, como mostra a baixa variância explicada, associada a fatores como topografia, microclima e, particularmente, flutuação sazonal do lençol freático (Rizzini and Pinto 1964; Furley 1992; Hopkins 1992; Ratter 1992; Sarmiento 1992). Este padrão tem sido igualmente observado em estudos realizados em diferentes escalas em outras áreas de savanas hiper-sazonais da África (Burke 2001), da Bolívia (Haase 1990), do Brasil (Pinder and Rosso 1998; Zeilhofer and Schessl 1999; Miranda et al. 2003) e da Venezuela (Sarmiento and Monasterio 1969; San Jose and Montes 1991; San Jose et al. 1998).

A fertilidade e a textura do solo foram variáveis associadas à variação fisionômica da vegetação do PNSC, mas não estabeleceram limites claros entre as fisionomias. Mesmo assim, a porcentagem de argila pareceu ser a que melhor explicou a variação da vegetação.

Embora tendências gerais na distribuição da vegetação no PNSC possam ser explicitadas aqui, a hipótese inicial deste estudo é muito difícil de testar. Em geral, o conjunto das variáveis ambientais consideradas mostrou diferenças entre as comunidades vegetais, mas nenhuma variável, em particular, predominou como determinante de um dos eixos da ordenação (Figuras 2 e 3). Deste

modo, o efeito combinado das nove variáveis ambientais contribuiu apenas parcialmente para a separação das comunidades vegetais por meio da CCA, portanto não indicando relação simples e direta da variação da vegetação com a variação dos nutrientes dos solos no PNSC. Økland and Eilertsen (1994) afirmaram que, em pequenas escalas, condições microclimáticas, disponibilidade hídrica e grau de perturbação, particularmente o fogo, parecem sobrepor-se ao efeito das variáveis edáficas no estabelecimento dos tipos fisionômicos de uma área. Burke (2001) também apontou as condições microclimáticas como determinantes da ocorrência local das comunidades vegetais.

É importante que se tenha cuidado na interpretação da ocorrência (distribuição) das espécies em relação às variáveis ambientais, pois outros fatores, como disponibilidade de luz, de outros recursos e a própria dispersão das espécies são variáveis quase sempre não consideradas nesta abordagem (Botrel et al. 2002). Além disso, é geralmente difícil encontrar variáveis ambientais susceptíveis à mensuração e que expressem adequadamente a complexidade da dinâmica de fatores inter-relacionados, os quais caracterizam a maioria dos gradientes ambientais multidimensionais, tão comuns em ecologia (Minchin 1987; Pausas and Austin 2001). Particularmente, no caso do domínio dos cerrados, as relações solo-vegetação devem ser vistas com cautela frente às inúmeras interpretações conflitantes.

Agradecimentos: Os autores agradecem aos técnicos do IBAMA no Parque Nacional de Sete Cidades e Superintendência Estadual em Teresina; ao Sr. Aderson e Sr. Romão, guias de campo; a todos do TROPEN/UFPI, em especial ao Prof. Antonio Alberto Jorge Farias Castro; ao Prof. Francisco Cordeiro (Laboratório de Análise de Solos - LASO/UFPI) pela classificação e análises físicas e químicas dos solos da área. Este estudo foi parcialmente financiado pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (FBPN - processo n. 0325981) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - processo n. 02/02062-9). Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - processo n. 142014/2000-1) pela concessão de bolsa à primeira autora.

Referências

- Alvim, P.T. and Araújo, W.A. 1952. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. *Turrialba* 2: 153-160.
- Ayres, M., Ayres Jr., M., Ayres, D.L. and Santos, A.S. 2000. BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. v. 2.0. Sociedade Civil Mamirauá - CNPq; Belém - Brasília.
- Barroso, G.M. and Guimarães, E.F. 1980. Excursão botânica ao Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. *Rodriguésia* 32: 241-267.
- Beard, J.S. 1953. The savanna vegetation of northern tropical america. *Ecological Monographs* 23: 149-215.
- Botrel, R.J., Oliveira-Filho, A.T., Rodrigues, L.A. and Curi, N. 2002. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingai, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 195-213.
- Burke, A. 2001. Classification and ordination of plant communities of the Naukluft Mountains, Namibia. *Journal of Vegetation Science* 12: 53-60.
- Camargo, O.A., Moniz, A.C., Jorge, J.A. and Valadares, J.J.A.S. 1986. Métodos de análise química e física de solos do Instituto Agrônômico de Campinas. IAC, Campinas. (B. técnico, 106).
- Castro, A.A.J.F. 1994. Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí - São Paulo) de amostras de cerrado. UNICAMP. Tese de Doutorado.
- Castro, A.A.J.F., Martins, F.M. and Fernandes, A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, northeastern Brazil. *Edinburg Journal of Botany* 55: 455-472.
- Chappill, J. 2003. Cladistic analysis of the Leguminosae: classification of the Leguminosae employed for cladistic analysis modified from that of Polhill (1994) as indicated. [citado em 16 de junho de 2003 - 16:00]. URL: <http://www.botany.uwa.edu.au/systematics/summaryleg.html>.
- Cole, M.M. 1992. Influence of physical factors on the nature and dynamics of forest-savanna boundaries. In: Furley P.A., Proctor J. and Ratter J.A. (eds), *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. Chapman & Hall, London, pp. 63-75.
- Cronquist, A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. New York Botanical Garden, New York.
- Ducke, A. and Black, G.A. 1953. Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 25: 1-46.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review* 38: 201-341.

- EMBRAPA. 1979. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. EMBRAPA-SNLCS, Rio de Janeiro.
- EMBRAPA. 1999. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPq, Brasília/Rio de Janeiro.
- Fortes, F. 1996. Geologia de Sete Cidades. Fundação Cultural Monsenhor Chaves, Teresina.
- Furley, P.A. 1992. Edaphic changes at the forest-savanna boundary with particular reference to the neotropics. In: Furley P.A., Proctor J. and Ratter, J.A. (eds), Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London, pp. 91-117.
- Furley, P.A. 1999. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Global Ecology and Biogeography* 8: 223-241.
- Furley, P.A. and Ratter, J.A. 1988. Soil resources and plant-communities of the central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15: 97-108.
- Goodland, R. 1971. A physiognomic analysis of the cerrado vegetation of Central Brazil. *Journal of Ecology* 59: 411-419.
- Goodland, R. and Pollard, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology* 61: 219-224.
- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. California Press Berkeley, California.
- Haase, R. 1990. Community composition and soil properties in northern Bolivian savanna vegetation. *Journal of Vegetation Science* 1: 345-352.
- Haridasan, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado *sensu stricto* and cerradão communities in central Brazil. In: Furley P.A., Proctor J. and Ratter J.A. (eds), Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London, pp. 171-184.
- Hopkins, B. 1992. Ecological processes at the forest-savanna boundary. In: Furley P.A., Proctor J. and Ratter J.A. (eds), Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London, pp. 21-33.
- IBDF. 1979. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Plano de Manejo: Parque Nacional de Sete Cidades. M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), Brasília.
- IBGE. 1995. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de pedologia. IBGE-DRNEA, Rio de Janeiro.

- Jacomine, P.K.T., Cavalcanti, A.C., Pessoa, S.C.P., Burgos, N., Melo Filho, H.F.R., Lopes, O.F. and Medeiros, L.A.R. 1986. Levantamento exploratório de solos do estado do Piauí. (escala 1:1000) v.112. EMBRAPA/SUDENE-DNR, Rio de Janeiro. (Boletim de Pesquisa, 36; Série recursos de solos, 18).
- Jones, J.A. 1992. Soil formation and nutrient dynamics at the woodland-savanna boundary in east Africa. In: Furley P.A., Proctor J. and Ratter J.A. (eds), Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London, pp. 185-212.
- Lemos, R.C. de and Santos, R.D. dos. 1996. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3.ed. SBCS/EMBRAPA-CNPS, Campinas, SP.
- Lopes, A.S. and Cox, F.R. 1977. A survey of the fertility status of surface soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Soil Science Society of America Journal 41: 742-747.
- McCune, B. 1997. Influence of noisy environmental data on canonical correspondence analysis. Ecology 78: 2617-2623.
- McCune, B. and Mefford, M.J. 1999. Multivariate analysis of ecological data. v. 4.0. MjM Software, Oregon.
- Mesquita, M.R. 2002. Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal (Cerrado Baixo), Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. UFPE. Dissertação de Mestrado.
- Minchin, P.R. 1987. An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. Vegetatio 69: 89-107.
- Miranda, I.S., Absy, M.L. and Rebêlo, G.H. 2003. Community structure of woody plants of Roraima Savannas, Brazil. Plant Ecology 164: 109-123.
- Motta, P.E.F, Curi, N. and Franzmeier, D.P. 2002. Relation of soils and geomorphic surfaces in the Brazilian cerrado. In: Oliveira, P.S. and Marquis, R.J. (eds), The cerrados of Brazil. Columbia University Press, New York, pp. 13-32.
- Mucina, L. 1997. Classification of vegetation: past, present and future. Journal of Vegetation Science 8: 751-760.
- Nimer, E. 1972. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geografia 34: 3-51.
- Nimer, E. and Brandão, A.M.P.M. 1985. Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática. Revista Brasileira de Geografia 47: 373-416.
- Oliveira, M.E.A. and Martins, F.R. Classificação e caracterização dos tipos vegetacionais do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. Revista Brasileira de Botânica (a ser submetido).

- Oliveira, M.E.A., Martins, F.R. and Santos, J.R. Cobertura vegetal da porção oriental da bacia do Parnaíba, NE do Brasil utilizando imagens TM/Landsat e dados quantitativos. *Applied Vegetation Science* (a ser submetido).
- Oliveira, M.E.A., Martins, F.R. and Castro, A.A.J.F. Estrutura, relações florísticas e diversidade na transição campo - floresta no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. *Journal of Tropical Ecology* (a ser submetido).
- Oliveira-Filho, A.T. de, Shepherd, G.J., Martins, F.R. and Stubblebine, W.H. 1989. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 5: 413-431.
- Oliveira-Filho, A.T. de and Ratter, J.A. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinburg Journal of Botany* 52: 141-194.
- Oliveira-Filho, A.T. de, Curi, N., Vilela, E.A. and Carvalho, D.A. 1997. Tree species distribution along soil catenas in a riverside semideciduous forest in Southeastern Brazil. *Flora* 192: 47-64.
- Oliveira-Filho, A.T. de, and Ratter, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: Oliveira, P.S. and Marquis, R.J. (eds), *The cerrados of Brazil*. Columbia University Press, New York, pp. 91-120.
- Økland, R.H. 1996. Are ordination and constrained ordination alternative or complementary strategies in general ecological studies. *Journal of Vegetation Science* 7: 289-292.
- Økland, R.H. and Eilertsen, O. 1994. Canonical correspondence analysis with variation partitioning: some comments and an application. *Journal of Vegetation Science* 5: 117-126.
- Palmer, M.W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74: 2215-2230.
- Palmer, M.W. 2003. Ordination methods for ecologists. [citado em 29 de outubro de 2003 - 19:00]. URL: <http://www.okstate.edu/artsci/botany/ordinate>.
- Pausas, J.G. and Austin, M.P. 2001. Patterns of plant species richness in relation to different environments: an appraisal. *Journal of Vegetation Science* 12: 153-166.
- Pinder, L. and Rosso, S. 1998. Classification and ordination of plant formations in the Pantanal of Brazil. *Plant Ecology* 136: 151-165.
- Polhill, R.M. 1994. Classification of the Leguminosae. In: Bisby, F.A., Buckingham, J. and Harborne, J.B. (eds), *Phytochemical dictionary of the Leguminosae*, Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 35-57.

- Ratter, J.A. 1992. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil In: Furley P.A., Proctor J. and Ratter J.A. (eds), Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London, pp. 393-416.
- Ratter, J.A., Askew, G.P., Montgomery, R.F. and Gifford, D.R. 1978. Observations on forests of some mesotrophic soils in central Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 1: 47-58.
- Reatto, A., Correia, J.R. and Spera, S.T. 1998. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: Sano S.M. and Almeida S.P. (eds), Cerrado: ambiente e flora. EMBRAPA/CPAC, Planaltina, pp. 47-86.
- Ribeiro, J.F. and Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M. and Almeida, S.P. (eds), Cerrado: ambiente e flora. EMBRAPA/CPAC, Planaltina, pp. 89-166.
- Rizzini, C.T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 25: 3-65.
- Rizzini, C.T. and Pinto, M.M. 1964. Áreas climático-vegetacionais do Brasil segundo os métodos de Thornthwaite e de Mohr. *Revista Brasileira de Geografia* 26: 37-61.
- Ruggiero, P.G.C., Batalha, M.A., Pivello, V.R. and Meirelles, S.T. 2002. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 160: 1-16.
- Sampaio E.V.S.B., Souto, A., Rodal, M.J.N. and Castro, A.A.J.F. 1994. Caatingas e cerrados do NE: biodiversidade e ação antrópica. In: Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação. Fundação Esquel do Brasil, Fortaleza/Brasília, pp. 1-15.
- San Jose, J.J. and Montes, R. 1991. Regional interpretation of environmental gradients which influence *Trachypogon* savannas in the Orinoco Llanos. *Vegetatio* 95: 21-32.
- San Jose, J.J., Montes, R. and Mazorra, M. 1998. The nature of savanna heterogeneity in the Orinoco Basin. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7: 441-455.
- Santos, J.C. 2001. Quadro geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. UFSC. Dissertação de Mestrado.
- Sarmiento, G. 1992. A conceptual model relating environmental factors and vegetation formations in the lowlands of tropical South America. In: Furley P.A., Proctor J. and Ratter J.A. (eds), Nature and dynamics of forest-savanna boundaries, Chapman & Hall, London, pp. 583-601.
- Sarmiento, G. and Monasterio, M. 1969. Studies on the savanna vegetation of the Venezuelan Llanos. *Journal of Ecology* 57: 579-598.
- ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.

- ter Braak, C.J.F. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69: 69-77.
- ter Braak, C.J.F. 1995. Ordination. In: Jongman R.H.G., ter Braak C.J.F. and Tongeren O.F.R. (eds), *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, New York, pp. 91-173.
- ter Braak, C.J.F. and Prentice, I.C. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18: 271-313.
- UNESCO. 1973. International classification and mapping of vegetation. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey.
- Zeilhofer, P. and Schessl, M. 1999. Relationship between vegetation and environmental conditions in the northern Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Journal of Biogeography* 27: 159-168.
- Wilkinson, L. 1998. *SYSTAT*. v. 8.0. SPSS Inc., Chicago.
- Witkowski, E.T.F. and O'Connor, T.G. 1996. Topo-edaphic, floristic and physiognomic gradients of woody plants in a semi-arid African savanna woodland. *Vegetatio* 124: 9-23.
- Wojciechowski, M.F. 2003. Reconstructing the phylogeny of legumes (Leguminosae): an early 21st century perspective. In: Klitgaard, B.B. and Bruneau, A. (eds), *Advances in legume systematics*, part 10, Higher Level Systematics, Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 5-35.

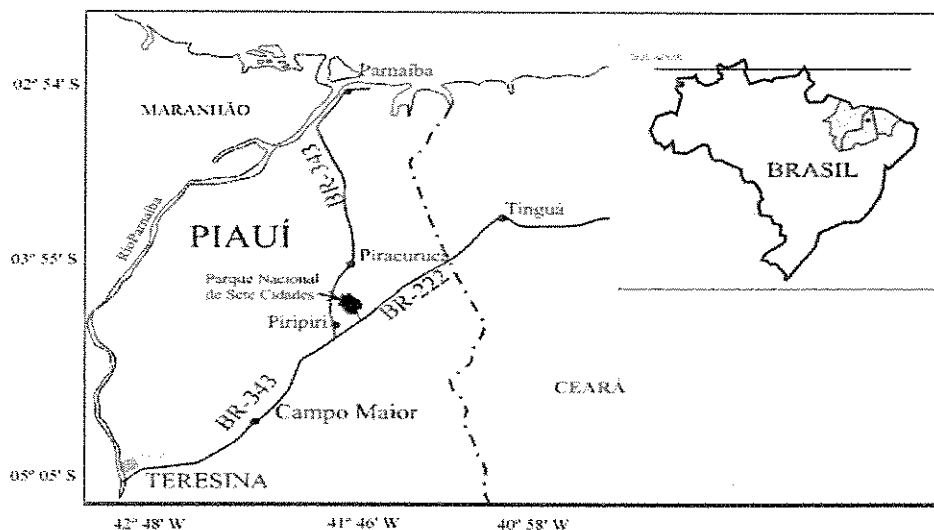


Figura 1 - Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí, NE do Brasil e suas principais vias de acesso. (Fonte: Della Fávera 1999, modificado).



Figura 2 - Tipos fisionômicos estudados no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. A) Campo graminóide cespitoso médio. B) Cerrado *s.s.* C) Cerradão. D) Floresta estacional semidecídua.

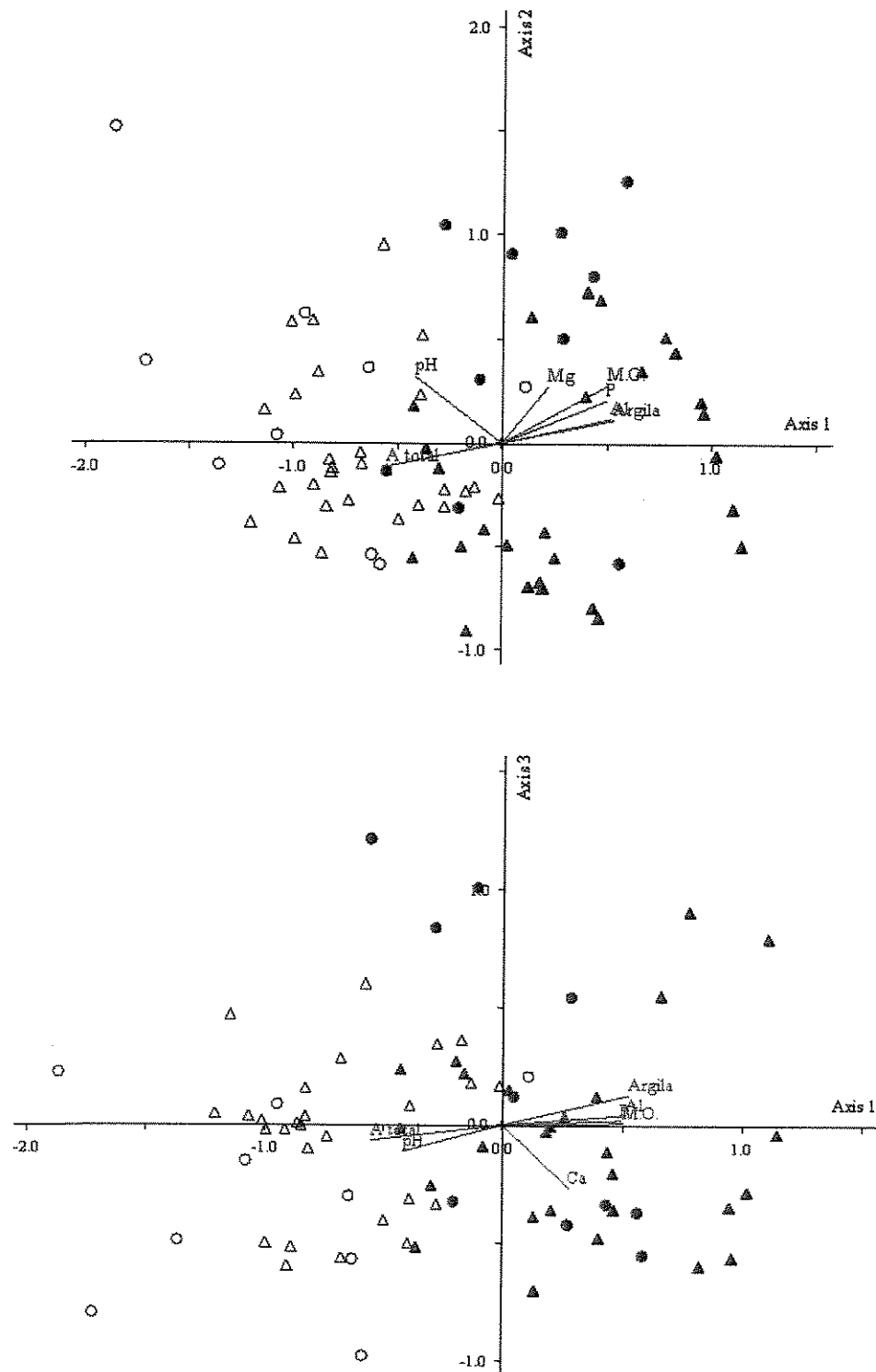


Figura 3 - Diagrama de ordenação das parcelas e variáveis ambientais (setas) nos três primeiros eixos produzidos pela análise de correspondência canônica (CCA) da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. As 73 parcelas encontram-se classificadas em quatro tipos fisionômicos: GR = campo graminóide (o), CS = cerrado típico (Δ), CE = cerradão ($\bullet$) e FL = floresta estacional semidecídua ($\blacktriangle$). As variáveis ambientais estão listadas na tabela 5.

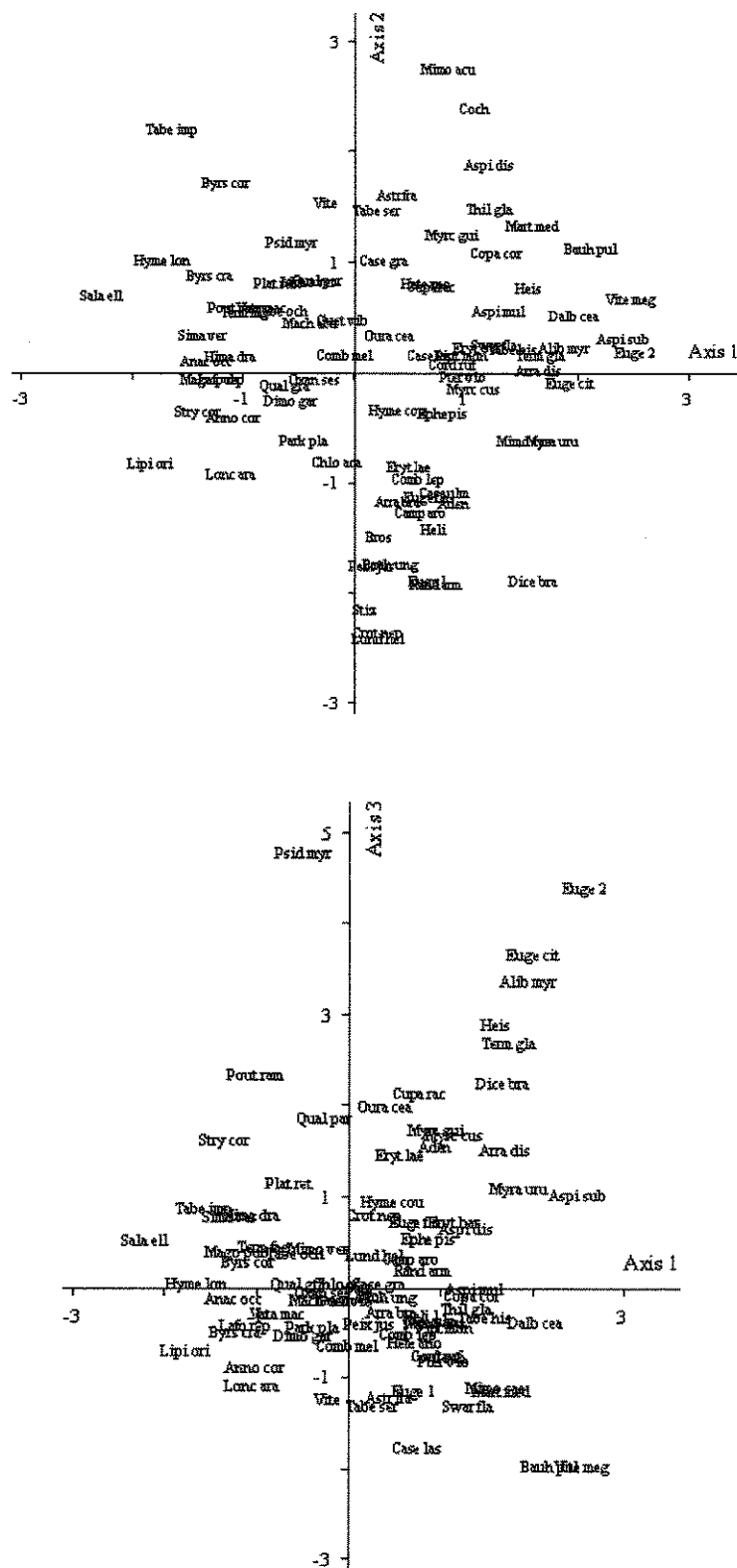


Figura 4 - Diagrama de ordenação das espécies nos três primeiros eixos produzidos pela análise de correspondência canônica (CCA) em quatro tipos fisionômicos do cerrado no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Os nomes completos das 84 espécies estão na tabela 2.

Tabela 1 - Principais tipos fisionômicos no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil, segundo a proposta da UNESCO (1973). Perfis esquemáticos da vegetação na figura 2.

Tipo de vegetação	Descrição	Código UNESCO	n. de parcelas
Campo graminóide cespitoso médio (<i>Medium tall grassland consisting mainly of bunch grasses</i>)	Vegetação campestre quase sem sinúsia arbórea, com domínio de graminóides robustos de altura inferior a 2 m.	V.B.5b	9
Cerrado s.s. (<i>Evergreen broad-leaved sclerophyllous shrubland</i>)	Vegetação de fanerófitos arbustivos cespitosos de folhas largas e altura inferior a 5 m, frequentemente com um estrato graminóide.	III.A.1d	27
Cerradão (<i>Evergreen broad-leaved woodland</i>)	Vegetação de árvores e arbustos de folhas largas e duras com alturas superiores a 5 m e cobertura do dossel acima de 40%. Epífitos ausentes. Ocorre, às vezes, um estrato herbáceo.	II.A.1	10
Floresta estacional semidecídua (<i>Tropical semi-deciduous forest</i>)	Vegetação florestal, de árvores superiores a 5 m de altura, na maioria semidecíduas (dossel). Presença de muitas perenifólias no estrato inferior com ausência de epífitos e abundância de lianas. Às vezes ocorre esparsos estrato herbáceo.	I.A.3a	27

Tabela 2 - Espécies lenhosas amostradas com mais de cinco indivíduos (DNS $\geq$ 3 cm) no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.

ANACARDIACEAE

Anacardium occidentale L.
Astronium fraxinifolium Schott
Myracrodruon urundeuva Allemão

ANNONACEAE

Annona coriacea Mart.
Ephedranthus pisocarpus R.E.Fr.
Oxandra sessiliflora R.E.Fr.

APOCYNACEAE

Aspidosperma discolor A.DC.
Aspidosperma multiflorum A.DC.

Aspidosperma subincanum Mart.

Himatanthus drasticus (Mart.) Plumel
Tabernaemontana hystrix Steud.

BIGNONIACEAE

Adenocalymma sp.
Arrabidaea brachypoda (DC.) Bureau
Arrabidaea dispar Bureau ex K.Schum.
Lundia helicocalyx A.H.Gentry
Stizophyllum sp.
Tabebuia impetiginosa (Mart. ex DC.) Standl.
Tabebuia ochracea (Cham.) Standl.
Tabebuia serratifolia (Vahl) G.Nicholson

BORAGINACEAE

Cordia rufescens A.DC.

COCHLOSPERMACEAE

Cochlospermum vitifolium (Willd.) Spreng.

COMBRETACEAE

Combretum leprosum Mart.
Combretum mellifluum Eichler var. *mellifluum*
Terminalia fagifolia Mart. & Zucc. ex Eichler
Terminalia glabrescens Mart.

Thilsea glaucocarpa (Mart.) Eichler

ERYTHROXYLACEAE

Erythroxylum barbatum O.E.Schulz
Erythroxylum laetevirens O.E.Schulz

EUPHORBIACEAE

Croton cf. *nepetifolius* Baill.

FLACOURTIACEAE

Casearia grandiflora Cambess.
Casearia lasiophylla Eichler

FLACOURTIACEAE

Casearia ulmifolia Vahl ex Vent.

HIPPOCRATEACEAE

Salacia elliptica (Mart. ex Schult.) G.Don

LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE

Bauhinia pulchella Benth.
Bauhinia unguolata L.
Copaifera coriacea Mart.
Dimorphandra gardneriana Tul.
Hymenaea courbaril L.
Hymenaea courbaril var. *longifolia* (Benth.)
Y.T.Lee & Andrade-Lima

Martiodendron mediterraneum (Mart. ex
Benth.) Koeppen

LEGUMINOSAE-MIMOSOIDEAE

Chloroleucon acacioides (Ducke) Barneby &
Grimes

Mimosa acutistipula Benth.

Mimosa caesalpinifolia Benth.

Mimosa verrucosa Benth.

Parkia platycephala Benth.

Piptadenia moniliformis Benth.

Plathymenia reticulata Benth.

Stryphnodendron coriaceum Benth.

LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE

Dalbergia cearensis Ducke

Lonchocarpus araripensis Benth.

Machaerium acutifolium Vogel

Pterocarpus violaceus Vogel

Swartzia flaemingii var. *pilonema* (Harms)
R.S.Cowan

Vatairea macrocarpa (Benth.) Ducke

LYTHRACEAE

Lafoensia replicata Pohl

MALPIGHIACEAE

Byrsonima coriifolia A.Juss.

Byrsonima crassifolia (L.) Kunth

Dicella bracteosa (A.Juss.) Griseb.

Heteropterys anoptera A.Juss.

Peixotoa jussieuana A.Juss.

MORACEAE

Brosimum sp.

MYRTACEAE

Campomanesia aromatica (Aubl.) Griseb.
Eugenia cf. *citrifolia* Poir.

Tabela 2 - Conclusão.

MYRTACEAE	SAPOTACEAE
<i>Eugenia flavescens</i> DC.	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.
<i>Eugenia</i> sp.1	SAPINDACEAE
<i>Eugenia</i> sp.2	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	<i>Cupania</i> cfr. <i>racemosa</i> (Vell.) Radlk.
<i>Myrciaria cuspidata</i> O.Berg	SIMAROUBACEAE
<i>Psidium myrsinites</i> DC.	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.
OCHNACEAE	STERCULIACEAE
<i>Ouratea cearensis</i> (v. Tiegh.) Sastre	<i>Helicteres</i> sp.
OLACACEAE	VERBENACEAE
<i>Heisteria</i> sp.	<i>Lippia organoides</i> H.B.K.
RUBIACEAE	<i>Vitex</i> cf. <i>megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke
<i>Alibertia myrciifolia</i> K.Schum.	<i>Vitex</i> sp.
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	VOCHYSIACEAE
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.
	<i>Qualea parviflora</i> Mart.

Tabela 3 - Comparações múltiplas das propriedades dos solos (0 - 20 cm) de quatro tipos de vegetação (0,73 ha) no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Análise de variância (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), com valores em cada linha seguidos por letras iguais não são significativamente diferentes. M.O. = matéria orgânica, H + Al = acidez total, m = saturação de alumínio, S = soma de bases, V = saturação de bases e CTC = capacidade de troca catiônica. Valores das medianas (md) e variação (intervalo de confiança).

Propriedades dos solos	Tipos fisionômicos							
	Campo graminóide		Cerrado s.s.		Cerradão		Floresta estacional semidecídua	
	md	variação	md	variação	md	variação	md	variação
P _{resina}	2,0 ^a	1,0-3,0	2,0 ^a	1,0-3,0	2,5 ^b	2,0-5,0	3,0 ^b	2,0-5,0
M.O.	8,0 ^a	6,0-18,0	10,0 ^a	5,0-18,0	26,0 ^b	11,0-69,0	15,0 ^b	11,0-53,0
pH (CaCl ₂)	4,2 ^a	4,0-4,7	4,1 ^a	3,9-4,3	4,0 ^a	3,9-4,2	3,9 ^b	3,7-4,2
K	0,4 ^a	0,3-0,5	0,4 ^a	0,2-0,6	0,6 ^b	0,4-1,9	0,8 ^b	0,4-1,9
Ca	2,0 ^{ab}	2,0-4,0	2,0 ^a	1,0-4,0	2,0 ^{ab}	1,0-11,0	3,0 ^b	2,0-14,0
Mg	1,0 ^a	0,0-2,0	1,0 ^a	0,0-1,0	2,0 ^b	1,0-8,0	2,0 ^b	1,0-8,0
Na	0,2 ns	0,1-0,4	0,2 ns	0,1-0,3	0,1 ns	0,1-0,2	0,1 ns	0,1-0,4
Al	3,0 ^a	1,0-8,0	4,0 ^a	3,0-8,0	8,5 ^b	0,0-12,0	7,0 ^b	3,0-16,0
H + Al	20,0 ^a	13,0-34,0	22,0 ^a	13,0-34,0	47,0 ^b	22,0-98,0	38,0 ^b	20,0-88,0
m	46,9 ns	13,5-77,7	56,6 ns	40,0-81,0	55,1 ns	0,0-77,6	57,5 ns	20,8-88,0
S	3,4 ^{ab}	2,3-6,4	3,4 ^a	1,4-5,5	4,5 ^b	2,6-20,7	5,4 ^b	3,5-22,8
V	18,0 ns	6,0-33,0	13,0 ns	4,0-18,0	10,5 ns	6,0-17,0	13,0 ns	6,0-23,0
CTC	24,7 ^a	18,2-36,6	25,9 ^a	15,6-37,9	51,0 ^b	26,0-118,9	42,2 ^b	25,6-111,2
Argila	3,9 ^a	2,7-7,9	4,9 ^b	3,1-9,7	11,8 ^c	3,1-14,6	9,5 ^c	5,3-19,5
Silte	7,6 ^a	5,4-10,4	7,0 ^a	4,0-12,3	13,2 ^b	5,5-19,9	13,0 ^b	5,7-23,5
Areia fina	75,0 ^a	64,5-81,1	76,5 ^a	40,2-84,6	67,5 ^b	38,7-75,0	67,8 ^b	37,4-78,0
Areia grossa	12,4 ^a	9,7-16,8	9,0 ^a	5,1-51,4	6,6 ^{ab}	4,2-52,6	7,1 ^b	3,9-51,6
Areia total	87,6 ^a	81,7-91,6	87,7 ^a	78,1-92,5	74,2 ^b	65,5-91,4	77,8 ^b	57,0-89,0

ns - não significativo. Campo graminóide (n = 9 parcelas), cerrado s.s. (27), cerradão (10) e floresta estacional semidecídua (27). Unidades usadas: m, V, Argila, Silte, Areia fina e Areia grossa = %; K, Ca, Mg, Na, Al, H + Al, S e CTC = mmol_c dm⁻³; P = mg dm⁻³; M.O. = g dm⁻³.

Tabela 4 - Resumo da análise de correspondência canônica (CCA) e teste de permutação de Monte Carlo das 73 parcelas, 84 espécies e nove variáveis ambientais, em quatro tipos fisionômicos do cerrado no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil.

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Autovalores (λ)	0,414	0,280	0,196
% acumulada de variância explicada	7,0	11,8	15,1
Correlação de Pearson (espécie-ambiente)	0,870	0,827	0,822
Significância da correlação espécie-ambiente (p = teste de Monte Carlo)	0,0010	0,0030	0,0060
Inércia total dos dados de espécies		5,8905	

Tabela 5 - Análise de correspondência canônica (CCA) das 73 parcelas, 84 espécies e nove variáveis ambientais em quatro tipos fisionômicos do cerrado no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Correlações internas (intra-set) e entre os conjuntos de dados (inter-set) para os dois primeiros eixos de ordenação e matriz de correlações ponderadas entre as variáveis. Correlações > 0,5 são indicadas em negrito.

Variáveis ambientais	Correlações intra-set		Correlações inter-set		Variáveis ambientais							
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Argila
M.O.	0,790	0,534	0,688	0,442	-							
pH	-0,644	0,608	-0,560	0,503	-0,184	-						
P	0,771	0,383	0,670	0,316	0,859	-0,254	-					
K	-0,065	0,369	-0,056	0,305	0,037	0,213	0,011	-				
Ca	0,435	0,379	0,378	0,313	0,667	0,163	0,629	0,182	-			
Mg	0,340	0,523	0,295	0,432	0,722	0,146	0,593	0,176	0,816	-		
Al	0,807	0,225	0,702	0,186	0,700	-0,502	0,656	-0,119	0,222	0,260	-	
Argila	0,825	0,205	0,717	0,169	0,829	-0,379	0,765	-0,028	0,441	0,492	0,644	-
Areia total	-0,860	-0,215	-0,748	-0,178	-0,851	-0,184	-0,789	0,053	-0,502	-0,544	-0,665	-0,976

Tabela 6 - Propriedades químicas dos solos de estudos realizados no gradiente de vegetação de cerrado no NE e SE do Brasil. M.O. = matéria orgânica e m = saturação de alumínio.

Locais de estudo	n. de amostras	M.O.	P	K	Al	m
1. Piauí						
Campo graminóide	09	9,0	1,88	0,38	4,22	50,20
Cerrado s.s.	27	11,0	1,85	0,41	4,48	56,42
Cerradão	10	30,0	2,90	0,83	7,80	50,81
Floresta estacional semidecídua	27	26,5	3,0	0,96	7,88	51,6
2. Minas Gerais						
Campo sujo	28	-	0,24	0,8	-	-
Campo cerrado	24	-	0,36	0,8	-	-
Cerrado s.s.	30	-	0,44	1,6	-	-
Cerradão	28	-	0,67	1,7	-	-
3. São Paulo						
Campo cerrado	10	25,5	7,5	0,36	9,4	74,6
Cerrado s.s.	10	27,6	4,3	0,52	9,6	76,0
Cerradão	10	39,0	4,9	0,46	15,0	81,0
Floresta estacional semidecídua	10	36,0	7,5	1,52	5,6	31,0

1. Este estudo; 2. Goodland and Pollard (1973); 3. Ruggiero et al. (2002).

Unidades usadas: m = %; K e Al = mmol_c dm⁻³; P = mg dm⁻³; M.O. = g dm⁻³.

Anexo 1 - Propriedades físicas e químicas analisadas de 73 amostras de solos (0 - 20 cm) de quatro tipos de vegetação estudadas no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Média ($\pm$ desvio padrão), M.O. = matéria orgânica, H + Al = acidez total, m = saturação de alumínio, S = soma de bases, V = saturação de bases e CTC = capacidade de troca catiônica.

Propriedades dos solos	Tipos fisionômicos			
	Campo graminóide	Cerrado s.s.	Cerradão	Floresta estacional semidecídua
P _{resina}	1,88 $\pm$ 0,78	1,85 $\pm$ 0,45	2,90 $\pm$ 1,10	3,0 $\pm$ 1,07
M.O.	9,33 $\pm$ 3,57	11,03 $\pm$ 3,32	30,40 $\pm$ 17,82	26,48 $\pm$ 16,43
pH (CaCl ₂)	4,23 $\pm$ 0,22	4,05 $\pm$ 0,10	4,05 $\pm$ 0,10	3,91 $\pm$ 0,13
K	0,38 $\pm$ 0,07	0,41 $\pm$ 0,10	0,83 $\pm$ 0,53	0,96 $\pm$ 0,47
Ca	2,55 $\pm$ 0,72	2,25 $\pm$ 0,59	3,80 $\pm$ 3,19	4,40 $\pm$ 3,45
Mg	0,88 $\pm$ 0,60	0,74 $\pm$ 0,44	3,0 $\pm$ 2,49	2,88 $\pm$ 2,13
Na	0,17 $\pm$ 0,09	0,16 $\pm$ 0,06	0,14 $\pm$ 0,05	0,15 $\pm$ 0,07
Al	4,22 $\pm$ 2,38	4,48 $\pm$ 1,36	7,80 $\pm$ 3,76	7,88 $\pm$ 3,64
H + Al	20,88 $\pm$ 7,35	23,70 $\pm$ 6,56	57,60 $\pm$ 26,52	51,88 $\pm$ 25,07
m	50,20 $\pm$ 19,65	56,42 $\pm$ 10,49	50,81 $\pm$ 22,3	51,6 $\pm$ 16,57
S	3,83 $\pm$ 1,28	3,41 $\pm$ 0,93	7,60 $\pm$ 6,10	8,26 $\pm$ 5,79
V	16,88 $\pm$ 8,02	12,81 $\pm$ 3,32	10,70 $\pm$ 3,56	13,48 $\pm$ 5,04
CTC	24,90 $\pm$ 6,70	27,39 $\pm$ 6,8	65,37 $\pm$ 32,10	60,09 $\pm$ 29,45
Granulometria				
Argila	4,71 $\pm$ 1,89	5,54 $\pm$ 1,99	11,13 $\pm$ 3,48	10,88 $\pm$ 3,82
Silte	7,96 $\pm$ 1,62	7,10 $\pm$ 2,19	13,40 $\pm$ 4,02	13,51 $\pm$ 4,23
Areia fina	74,63 $\pm$ 5,50	70,53 $\pm$ 13,48	63,58 $\pm$ 10,58	65,74 $\pm$ 10,05
Areia grossa	12,68 $\pm$ 2,44	16,83 $\pm$ 15,85	11,90 $\pm$ 14,51	9,89 $\pm$ 10,40
Areia total	87,32 $\pm$ 3,26	87,36 $\pm$ 3,96	75,47 $\pm$ 7,11	75,63 $\pm$ 7,83

Unidades usadas: m, V, Argila, Silte, Areia fina e Areia grossa = %; K, Ca, Mg, Na, Al, H + Al, S e CTC = mmol_c dm⁻³; P = mg dm⁻³; M.O. = g dm⁻³.

Flora vascular do Parque Nacional de Sete Cidades, estado do Piauí, NE Brasil [§]

Maria Edileide Alencar Oliveira

*Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UNICAMP, Caixa Postal 6109, Campinas, SP, 13083-970, Brasil
Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí, Rua Francisco Urquiza Machado, 462, Meladão, Floriano, 64800-000, PI, Brasil; E-mail meaoliveira@hotmail.com*

Fernando Roberto Martins

Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, UNICAMP, Caixa Postal 6109, Campinas, SP, 13083-970, Brasil; E-mail fmartins@unicamp.br

Antonio Alberto Jorge Farias Castro

Departamento de Biologia/TROPEN, UFPI, Av. Universitária, 1310, Teresina, PI, 64049-550, Brasil; E-mail aajcastro@uol.com.br

Resumo

O Brasil possui uma das mais ricas savanas tropicais do mundo, sendo um dos detentores de megadiversidade do planeta (*hotspots*). A flora dos cerrados marginais do Brasil (Grupo NE) no Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), entre os municípios de Brasileira e Piracuruca, Piauí, foi descrita por meio de coletas de material botânico, feitas mensalmente, durante dois anos, nas estações chuvosa e seca por meio de caminhadas assistemáticas na área de estudo. Foram coletados exemplares de ervas, subarbustos, arbustos, árvores e lianas das principais fisionomias vegetacionais do PNSC. No levantamento florístico foram coletados 1353 espécimes, pertencentes a 87 famílias, 281 gêneros e 439 espécies. Deste total, oito espécies foram consideradas invasoras e três são espécies novas para a ciência. As famílias mais ricas foram Leguminosae, Bignoniaceae, Poaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, Malpighiaceae e Apocynaceae, as quais representaram 51% do total de espécies. O espectro biológico das fisionomias da vegetação floresta estacional semidecídua (FL), cerradão (CE), cerrado *s.s.* (CS), cerrado rupestre (CR) e campo graminóide cespitoso médio (GR), no PNSC, foi significativamente diferente do normal de Raunkiaer ($\chi^2_{FL} = 35,3$; $\chi^2_{CE} = 19,2$; $\chi^2_{CS} = 64,6$; $\chi^2_{CR} = 20,4$; $\chi^2_{GR} = 15,8$; gl = 4; $p < 0,05$), enquanto que o da floresta ocasionalmente inundada (FI) não ($\chi^2_{FI} = 3,15$; gl = 4; $p < 0,05$). Os fanerófitos, hemicriptófitos, caméfitos e terófitos foram as classes de formas de vida predominantes nas fisionomias, com os fanerófitos caracterizando o espectro fanerofítico (FL, CE e CS), enquanto os hemicriptófitos e os terófitos identificaram o espectro hemicriptofítico (CR e GR) na área.

Key words: cerrado, flora, Nordeste, savanna, Sete Cidades parque, transição campo-floresta

[§] Instruções da revista *Sida* (ou *Brittonia*).

Introdução

As savanas ocupam 40% da superfície dos trópicos e, no Brasil, são denominadas de cerrados (Solbrig 1996; Ratter et al. 1997). O domínio dos cerrados ocupa 25% do território nacional, sua área nuclear ocorrendo no Planalto Central, com limites extremos ao norte, no Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte e, ao sul, no Paraná (Ferri 1977; Eiten 1994; Ratter et al. 1997; Uhlmann et al. 1998). A vegetação dos cerrados ocorre em mais de uma província fitogeográfica, constituindo-se de áreas contínuas (setor da Bacia do Parnaíba), de remanescentes (setor do Planalto) e de disjunções ao norte dos estados do Amapá, Pará e Roraima (Ribeiro & Walter 1998; Castro & Martins 1999; Joly et al. 1999). A vegetação de cerrados no Planalto Central tem relação fisionômica com as savanas do Amapá e de Roraima e os “Llanos” da Colômbia, Venezuela e Paraguai (Harley 1995).

A vegetação dos cerrados apresenta grande variação fisionômica e florística (Eiten 1972; Ratter et al. 1996; Mendonça et al. 1998; Ribeiro & Walter 1998; Castro et al. 1999; Oliveira-Filho & Ratter 2002). Os estudos mostram a flora ocorrendo, em geral, na forma de centros florísticos distintos e as espécies com distribuição restrita (Castro 1994, 1996; Ratter et al. 1996; Castro et al. 1999; Joly et al. 1999; Ratter et al. 2003). Existem algumas tentativas de classificação da vegetação ocorrente no domínio dos cerrados (Eiten 1972; Ribeiro & Walter 1998). Estes dois últimos autores reconheceram 22 tipos fisionômicos no domínio dos cerrados, enquadrando-os em formações florestais, savânicas e campestres.

O fogo é um importante fator ecológico que influencia fortemente a estrutura, a composição e a ciclagem de nutrientes das savanas e campos (*grasslands*) tropicais (Eiten 1992ab; Kauffman et al. 1994).

A estimativa de riqueza de espécies no domínio dos cerrados, que inclui outras formações vegetacionais além dos cerrados, atinge a 10.000 angiospermas (4.400 endêmicas), das quais 1.200 são listadas somente para a região Nordeste (Barbosa et al. 1996; Solbrig 1996; Mittermeier et al. 1999; MMA 1999). Este número pode ser ainda bem maior, uma vez que a flora dos cerrados apresenta consideráveis problemas taxonômicos (Castro 1996; Castro et al. 1998). Apesar da alta proporção de espécies endêmicas nos cerrados, somente 3% do domínio está preservado por lei por meio de unidades de conservação, a maioria delas em tamanho reduzido, evidenciando a crescente fragmentação desta formação (Mittermeier et al. 1999). O Brasil é colocado como sendo o detentor de uma das mais ricas savanas tropicais do mundo (Solbrig 1996; Joly et al. 1999; Mittermeier et al. 1999).

A crescente ocupação das paisagens naturais por atividades antrópicas tem sido uma das maiores ameaças à biodiversidade (Ehrlich 1997). O cerrado é um dos biomas mais ameaçados pela expansão das atividades humanas na América do Sul, sendo no Brasil considerado a última fronteira produtora de grãos (Castro 1996; Ratter et al. 1997). No setor da Bacia do Parnaíba, no nordeste do Brasil, considerado um dos supercentros de biodiversidade do cerrado (Castro 1994), tem igualmente havido grande interferência antrópica. Atualmente, 67% das áreas de cerrados são consideradas como “altamente modificadas”, restando somente 20% em seu estado original (Mittermeier et al. 1999; Cavalcanti & Joly 2002).

O Piauí e o Maranhão possuem as maiores extensões dos cerrados na região Nordeste, onde revestem, principalmente, o setor da Bacia do Parnaíba com cerca de 20 milhões de hectares, além de manchas em outros estados (Castro 1994; Sampaio et al. 1994; CEPRO 1996; Fernandes 1998).

No Piauí, os cerrados ocupam as porções centro-norte e sudoeste com cerca de 33% (8.349.759 ha) do seu território, além de apresentarem extensas áreas de transição e contato com outros tipos vegetacionais (Emperaire 1985; CEPRO 1992; Oliveira et al. 1997; Castro et al. 1998, Castro & Martins 1999). No final da década de 90 foi feita uma tentativa de atualização do conhecimento da flora lenhosa dos cerrados do estado do Piauí (Castro et al. 1998). Estes autores registraram a ocorrência de 307 espécies arbustivo-arbóreas em 11 levantamentos, das quais somente 22 ocorreram em 50% ou mais das áreas e apenas cinco espécies ocorreram em todos os levantamentos. No Piauí, são muitos ainda os “vazios” de coletas botânicas e de levantamentos quantitativos, fazendo com que a riqueza daquele bioma seja pouco conhecida. Este foi um dos motivos pelos quais o Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC) foi incluída como uma das 87 áreas prioritárias para a conservação do bioma cerrado (MMA 1999).

Estudos abrangendo os dois estratos existentes no cerrado (herbáceo-subarbustivo e arbustivo-arbóreo) ainda são escassos (Mantovani & Martins 1993; Castro et al. 1999; Weiser & Godoy 2001), sendo que os até agora realizados para o Nordeste quase sempre enfocaram sua flora lenhosa (Castro 1994; Conceição 2000; Mesquita 2002; Ribeiro & Tabarelli 2002). Com apenas uma exceção, o estrato herbáceo-subarbustivo tem sido totalmente negligenciado (Rodrigues 1998). Recentemente tem havido um incremento de levantamentos florísticos que englobam o estrato herbáceo-subarbustivo (Batalha & Martins 2002a). O que tem embasado estes estudos é que o número de espécies do estrato herbáceo-subarbustivo é de quase três vezes maior do que o do estrato arbustivo-arbóreo (Mantovani 1987; Castro et al. 1998; Rodrigues 1998; Batalha & Martins 2002a). O número de espécies (proporções) das floras do componente herbáceo e o lenhoso são dependentes das variações das fisionomias do cerrado na área.

O estudo das formas de vida das plantas (espectro biológico) é uma importante etapa da descrição e comparação do conjunto de espécies das comunidades vegetais de diferentes regiões vegetacionais da terra (Raunkiaer 1934; Greig-Smith 1983). Raunkiaer (1934) afirmou que as formas de vida das plantas baseiam-se em adaptações que possibilitam a sobrevivência na estação desfavorável, particularmente pela proteção dos eixos apicais (ou meristemas de crescimento). A porcentagem de distribuição das espécies de plantas entre as várias formas de vida foi denominada de espectro biológico, sendo que o espectro normal é uma medida (porcentagem) em relação as formas de vida da flora inteira (fanerógamas) da terra (i.e., hipótese nula) para comparações de espectros (Raunkiaer 1934). Espera-se que o espectro biológico varie segundo os fatores limitantes predominantes no ambiente e que eles sejam diferentes em cada tipo de vegetação estudada (Oliveira & Martins dados não publicados; Oliveira et al. dados não publicados).

O PNSC e a Estação Ecológica de Uruçu-Una constituem-se nas duas maiores áreas de preservação dos cerrados no Piauí. Para o PNSC existem escassos trabalhos acerca da vegetação (BRASIL 1973; IBDF 1979; Barroso & Guimarães 1980), os quais ora a caracterizaram como cerrado (flora oreádica) ora como caatinga (flora hamadriádica). Barroso & Guimarães (1980) afirmaram ser aquela vegetação semelhante a um mosaico de manchas, predominando o cerrado *sensu lato*. Recentemente, foi finalizado o primeiro estudo quantitativo de uma área do Parque (Mesquita 2002).

Neste estudo pretende-se responder a algumas questões básicas para o conhecimento da vegetação do estado do Piauí, particularmente do PNSC, visando fornecer dados à seleção de estratégias de gerenciamento para a área, bem como subsídios para elaboração de futuras propostas de classificação daquela vegetação. Para este fim foram feitas as seguintes perguntas: 1) Qual o número de espécies nas fisionomias de cerrado no PNSC? 2) Qual a proporção das espécies do estrato herbáceo-subarbustivo em relação às do arbustivo-arbóreo no cerrado *s.s.* na área? 3) Qual o espectro biológico dos principais tipos fisionômicos do PNSC? 4) Existe diferença do espectro biológico dos tipos fisionômicos do PNSC em relação ao normal de Raunkiaer?

A área de estudo

O PNSC abrange áreas dos municípios de Brasileira e Piracuruca (04° 02' - 08'S e 41° 40' - 45'W, com altitudes variando de 100 a 290 m), localizados na porção NE do estado do Piauí (Figura 1). A sua criação foi oficializada em 8 de junho de 1961 (Decreto Federal nº. 50.744), englobando uma área de 6.221,48 ha, com sete agrupamentos rochosos areníticos de formas irregulares (IBDF

1979). Possui clima fortemente sazonal ($C_2w_2A'_{4a'}$ - subúmido úmido com grande deficiência de água, quarto megatérmico e pequena amplitude térmica anual), segundo Thornthwaite & Mather (1955, 1957 *apud* Nimer & Brandão 1985). Há duas estações bem definidas durante o ano: seca (abril a novembro) e chuvosa (dezembro a março), com temperaturas médias anuais superiores a 25°C. Possui precipitação média anual de 1.558 mm, com excedente hídrico de 660 mm em fevereiro, março e abril, e déficit de 706 mm durante sete meses.

A vegetação da área apresenta grande heterogeneidade (Oliveira & Martins dados não publicados; Oliveira et al. dados não publicados), distribuindo-se em um mosaico de tipos, com o cerrado típico ocupando a maior extensão (37,6% da área), seguido do cerradão (24,3%) e do campo limpo (14,3%). As formações savânicas (cerrado típico e cerrado rupestre) totalizam 48,1% da área, seguidas das florestais que somam 36% (cerradão, mata de galeria inundável e mata seca semidecídua).

Métodos

Foram realizadas coletas botânicas mensais, durante dois anos, de ervas, subarbustos, arbustos, árvores e lianas das principais fisionomias vegetacionais do PNSC (Oliveira & Martins; Oliveira et al. não publicados). Essas coletas foram realizadas por meio de caminhadas assistemáticas por toda a área do PNSC. De espécimes em estágio reprodutivo foram coletados de oito a dez exemplares, processados através de técnicas usuais de herborização (Mori et al. 1989) e identificados por comparação com outros já identificados e por especialistas (Anexo 1). Foi montada e depositada uma coleção no herbário TEPB/UFPI e enviadas duplicatas aos herbários UEC/UNICAMP e HUEFS/UEFS (Holmgren et al. 1990).

A classificação da vegetação do PNSC obedeceu aos sistemas da UNESCO (1973) e de Ribeiro & Walter (1998). Na ordenação das famílias foi utilizado o sistema de classificação de Cronquist (1981), mas no caso da família Leguminosae foi utilizada a proposta de Polhill (1994) e Chappill (2003). A grafia dos nomes dos autores das espécies foi feita segundo Brummitt & Powell (1992). A área de distribuição das espécies deste estudo não listadas na flora do cerrado por Mendonça et al. (1998) foi estabelecida por meio de consultas a monografias especializadas e no [site www.nybg.org/bsci/hcol/sebc](http://www.nybg.org/bsci/hcol/sebc). O espectro biológico dos principais tipos fisionômicos da área foi feito por meio das classes de formas de vida de Raunkiaer (1934) e outras sugeridas por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974). Para a comparação dos espectros biológicos com o normal de Raunkiaer foram incluídos os epífitos, lianas e parasitas vasculares na classe dos fanerófitos

(Raunkiaer 1934), sendo que diferenças significativas foram testadas pelo qui-quadrado de independência (Zar 1999). Como formas de vida pertencentes ao estrato herbáceo-subarbusitivo foram consideradas os caméfitos, hemicriptófitos, geófitos, terófitos, trepadeiras herbáceas e holoparasitas. Os fanerófitos, trepadeiras lenhosas e hemiparasitas constituíram o estrato arbustivo-arbóreo.

Resultados

No levantamento florístico foram coletados 1353 espécimes, pertencentes a 87 famílias, 281 gêneros e 439 espécies (Tabela 1). Do total de espécies, 367 (83,6%) foram totalmente identificadas, 62 apenas ao nível de gênero, nove ao de família e uma espécie constou como sendo de família desconhecida. Neste estudo foram encontradas três espécies novas para a ciência, duas de Asteraceae (*Elephantopus* sp. e *Stilpnopappus* sp.) e a outra de Convolvulaceae (*Jacquemontia* sp.). Também foi feito o registro de *Pilosocereus flavipulvinatus* (Buinig & Brederoo) F.Ritter (Cactaceae), espécie somente conhecida de três localidades, de distribuição restrita, e de ocorrência em áreas ecotonais (caatinga/cerrado) no Piauí e no Maranhão (Zappi 1994).

As famílias mais abundantes e ricas na área em ordem decrescente foram Leguminosae (75 espécies), Bignoniaceae (24), Poaceae (21), Asteraceae (18), Rubiaceae (17), Cyperaceae, Euphorbiaceae e Myrtaceae (15, cada), Malpighiaceae (13) e Apocynaceae (12), as quais representaram 51,3% do total de espécies (Figura 2).

No PNSC, a proporção de espécies do estrato herbáceo-subarbusitivo para o arbustivo-arbóreo no cerrado s.s. foi de 1:1,6. As famílias dominantes no estrato herbáceo-subarbusitivo foram Leguminosae (13 espécies), Asteraceae (9), Euphorbiaceae (7), Amaranthaceae e Poaceae (5, cada), Convolvulaceae e Cyperaceae (4, cada). No arbustivo-arbóreo, as dominantes foram Leguminosae (37 espécies), Bignoniaceae (16), Myrtaceae (11), Malpighiaceae (10), Rubiaceae (8), Apocynaceae e Combretaceae (7, cada).

Nos seis principais tipos fisionômicos estudados (Oliveira & Martins; Oliveira et al. dados não publicados) foi registrada a ocorrência de 47 espécies na floresta ocasionalmente inundada, de 147 na floresta estacional semidecídua, de 70 no cerradão, de 263 no cerrado s.s., de 66 no cerrado rupestre e de 73 no campo graminóide (Tabela 1). Oito espécies na área (1,8% do total de espécies) foram listadas como sendo invasoras do bioma cerrado (Mendonça et al. 1998).

Com exceção do espectro biológico da floresta ocasionalmente inundada ($\chi^2_{FI} = 3,15$; g.l. = 4; $p < 0,05$), todos os outros foram significativamente diferentes quando comparados ao normal de

Raunkiaer ($\chi^2_{FL} = 35,3$; $\chi^2_{CE} = 19,2$; $\chi^2_{CS} = 64,6$; $\chi^2_{CR} = 20,4$; $\chi^2_{GR} = 15,8$; $gl = 4$; $p < 0,05$), ver tabela 2. Na figura 3 são mostrados os espectros biológicos dos tipos fisionômicos do PNSC. No espectro da floresta estacional semidecídua (FL), as formas de vida mais importantes foram os fanerófitos, representados por 81 espécies (55,1%), os hemiptófitos 28 (19,1%), as trepadeiras lenhosas 22 (15,0%) e os caméfitos 14 (9,5%). As classes que contribuíram com as maiores proporções ao valor do qui-quadrado total foram a dos terófitos (43,4%) e a dos fanerófitos (41,3%).

Semelhante ao espectro da FL, o do cerrado (CE) apresentou como classes importantes a dos fanerófitos com 43 (61,4%) e a dos hemiptófitos com 12 (17,1%). Os fanerófitos (45,7%) e os geófitos (21,9%) foram as classes que contribuíram com as maiores proporções ao valor do qui-quadrado total.

No espectro biológico do cerrado s.s. (CS) os fanerófitos tiveram proporções mais altas do que o esperado, enquanto os geófitos e os terófitos mostraram proporções muito menores que as esperadas pelo espectro normal. A maior contribuição ao valor do qui-quadrado foi dos terófitos (38,5%), seguidos dos fanerófitos (37,3%) e geófitos (18,6%).

Os espectros biológicos da floresta estacional semidecídua, cerrado e cerrado s.s. apresentaram desvios em relação ao espectro normal de Raunkiaer, principalmente pelas maiores proporções dos fanerófitos, indicando que aquelas fisionomias possuem um espectro fanerofítico.

No cerrado rupestre (CR), os hemiptófitos, os caméfitos e os terófitos mostraram proporções maiores e os fanerófitos e os geófitos tiveram proporções menores do que as esperadas. Como classes de maior contribuição ao qui-quadrado ocorreram os hemiptófitos (33,6%) e os fanerófitos (33,3%). Os hemiptófitos, os fanerófitos e os caméfitos foram as classes de formas de vida de maiores proporções no espectro do campo graminóide (GR). Os hemiptófitos e os caméfitos contribuíram com 62,0% ao valor do qui-quadrado total.

Os espectros do cerrado rupestre e do campo graminóide apresentaram como classes predominantes os hemiptófitos, as quais caracterizam um espectro hemiptofítico.

Discussão

A flora levantada no PNSC representou 6,9% da listada para o bioma cerrado (Mendonça et al. 1998) e variou de 6,3 a 14,6% do total estimado para o mesmo bioma (Castro et al. 1999). Quase um terço das espécies (122) deste estudo não foram listadas na flora vascular do cerrado feita por Mendonça et al. (1998). Estas 122 espécies tiveram registros de ocorrência feitos em todos os estados do Nordeste, particularmente na Bahia, seguidos pela Amazônia, Pará, Goiás, Distrito

Federal, Mato Grosso e Minas Gerais, além de estados do Sudeste do Brasil. Como tipos vegetacionais mais freqüentes em que elas ocorreram apareceram a caatinga, o cerrado (várias fisionomias) e a floresta tropical pluvial, bem como outros tipos de florestas (p.e., seca, mista, restinga e mata de galeria), e também fisionomias mais abertas como campinarana, campo rupestre e transições entre estes tipos de vegetação. Para a flora lenhosa dos cerrados do Piauí (Castro et al. 1998) foram adicionados 107 novos registros de espécies.

As famílias mais ricas no PNSC foram, em geral, também as encontradas em outros levantamentos de cerrados no Nordeste do Brasil (Castro et al. 1998; Rodrigues 1998; Conceição 2000; Mesquita 2002; Ribeiro & Tabarelli 2002). Isto também reflete a situação dos cerrados no Brasil, estando aquelas famílias entre as mais bem representadas no bioma cerrado (Mendonça et al. 1998). A ocorrência de Bignoniaceae como uma das famílias mais ricas na área deveu-se ao grande número de espécies de lianas existentes na floresta estacional semidecídua e que constituem uma forma de vida mal coletada (Oliveira et al. dados não publicados).

A flora de algumas áreas de cerrado tem sido caracterizada por certas famílias, como Bombacaceae, Combretaceae e Proteaceae (Solbrig 1996). Os cerrados do Piauí, como os da maioria do Nordeste, apresentam características que os diferenciam dos da área nuclear (Castro 1994; Castro et al. 1998). Nos levantamentos realizados em outras áreas de cerrados do Brasil, as famílias Bombacaceae, Orchidaceae e Proteaceae sempre ocorrem, mas neste estudo as duas primeiras estiveram representadas por apenas uma espécie, não tendo sido registrada a presença de Proteaceae. Esta família somente volta a surgir mais ao norte do país, nas savanas de Roraima (Miranda et al. 2003) e nos "Llanos" venezuelanos (Sarmiento 1983). Por outro lado, a família Combretaceae teve expressiva riqueza neste estudo, assim como em outros no Nordeste (Castro et al. 1998; Mesquita 2002; Ribeiro & Tabarelli 2002). Na maioria dos levantamentos de cerrados no Brasil, a presença de Combretaceae foi registrada com baixo número de espécies (Mantovani 1983; Batalha & Martins 2002a).

A porcentagem de espécies invasoras encontradas no PNSC esteve muito abaixo da encontrada nos cerrados do Brasil Central (Mendonça et al. 1998). Diferentemente do que ocorre em outros locais de cerrados do Brasil (Joly et al. 1999; Pivello et al. 1999), parece que as espécies invasoras ainda não são fator preocupante no PNSC.

A proporção de espécies herbáceo-subarbustivas e arbustivo-arbóreas no cerrado *s.s.* no PNSC não foi significativamente diferente ($\chi^2 = 0,18$; gl = 1; $p < 0,05$) da encontrada para o mesmo tipo fisionômico em Santa Rita do Passa Quatro, São Paulo (Weiser & Godoy 2001). Já com relação ao cerrado do Parque Nacional de Emas, Goiás (Batalha 2001) a proporção encontrada no presente

estudo foi estatisticamente diferente ($\chi^2 = 11,76$; $gl = 1$; $p < 0,05$). A explicação para este fato, primeiro, está na definição de quais formas de vida constituiriam o estrato herbáceo-subarbusivo e o arbustivo-arbóreo. Depois, a maior proporção encontrada no presente estudo para o estrato arbustivo-arbóreo provavelmente tem relação com a predominância de fisionomias florestais (fechadas) no PNSC (Oliveira et al. dados não publicados).

O fato de terem sido encontradas proporções tão variáveis entre os estratos, em outros trabalhos está relacionado tanto ao esforço de coleta da vegetação (Oliveira-Filho & Ratter 2002) quanto aos diferentes critérios utilizados nos trabalhos para classificar as espécies como herbáceas ou lenhosas.

As observações no campo levam a considerar que o maior número de espécies por fisionomia na área ocorra no cerrado *s.s.*, o que parece refletir o maior tamanho de área ocupada por aquela vegetação, proporcionando grande heterogeneidade (Oliveira et al. dados não publicados). Por outro lado, o menor número de espécies parece ocorrer na floresta ocasionalmente inundada e no cerrado rupestre. Estas duas formações ocorrem em ambientes com condições muito adversas para o estabelecimento da maioria das espécies.

As classes de formas de vida predominantes da vegetação foram os fanerófitos e os hemicriptófitos, independentemente dos tipos fisionômicos analisados, semelhante ao encontrado em outras áreas dos cerrados (Mantovani 1983; Batalha et al. 1997; Batalha & Mantovani 2001; Batalha & Martins 2002b). As trepadeiras lenhosas foram predominantes na floresta estacional semidecídua, enquanto os terófitos predominaram no cerrado rupestre e no campo graminóide. Batalha & Martins (2002b) afirmaram que as classes dos fanerófitos e dos hemicriptófitos seriam as mais representativas do espectro biológico dos cerrados, variando apenas a importância relativa delas quando se tratasse de uma vegetação mais campestre ou mais florestal. Por outro lado, Conceição (2000) afirmou serem os fanerófitos e os caméfitos as classes dominantes em um cerrado no Parque Estadual do Mirador, no Maranhão. Excluindo os fanerófitos, os hemicriptófitos e os caméfitos foram as duas outras formas de vida predominantes na vegetação do PNSC, parecendo ser uma resposta ao clima quente e seco, oscilações sazonais do lençol freático e influência do fogo, uma vez que na área ele ocorre, em média, no intervalo de cinco anos (Medeiros, informação pessoal).

A baixa porcentagem de terófitos (espécies anuais), exceto para o cerrado rupestre e o campo graminóide, confirma o que foi encontrado nos cerrados de Lagoa Santa, em Minas Gerais (Warming 1892). Filgueiras (2002) afirmou ser este um fato intrigante da flora herbácea dos

cerrados. Contudo, em área de cerrado marginal em Gilbués, no Piauí, aquele autor encontrou trinta vezes mais espécies de Poaceae anuais do que perenes.

Quase 30% da flora do PNSC não foi listada para o cerrado do Brasil (Mendonça et al. 1998), estando sua maior ocorrência registrada no estado da Bahia, refletindo o maior esforço de coletas naquele estado. A ocorrência das 122 espécies em alguns tipos vegetacionais (caatinga, cerrado e floresta pluvial tropical) sugere que a área do PNSC representa o final da rota de distribuição de muitas espécies que, predominantemente, têm suas maiores ocorrências na floresta tropical pluvial (superúmido) e somente atingindo ambientes mais secos até o PNSC; enquanto espécies geralmente de distribuição nas caatingas (semiárido) conseguem atingir locais mais úmidos no PNSC, que também representaria seu limite de distribuição. Gêneros com distribuição principalmente na Amazônia, como *Copaifera*, *Ephedranthus*, *Parkia* e *Platonia*, com o maior número de espécies próximo ao Equador, estão representados no PNSC por uma das poucas espécies que ocorrem fora da Amazônia (p.e., *Ephedranthus pisocarpus*, *Parkia platycephala*). Do mesmo modo, gêneros representados com muitas espécies na área nuclear da caatinga como *Caesalpinia*, *Croton*, *Mimosa*, *Moninna*, *Pilosocereus* e *Piptadenia* ocorreram na vegetação do PNSC (p.e., *Croton sonderianus*, *Mimosa acutistipula*, *Pilosocereus gounellei* e *Piptadenia stipulacea*).

Espera-se que estes resultados possam subsidiar estratégias de desenvolvimento sustentável para o estado do Piauí, fornecendo conhecimentos básicos para a preservação e conservação dos cerrados.

Agradecimentos: A todos os taxonomistas que sem eles a execução deste trabalho seria impossível (Anexo 1). Ao suporte financeiro dado no início deste trabalho da Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (FBPN, processo n. 0325981) e mais tarde pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo n. 02/02062-9). Aos funcionários do IBAMA no Piauí (Parque Nacional de Sete Cidades e Superintendência Estadual em Teresina) e ao CEFET - PI (Diretoria Geral e Gerência de Ensino da UNED - Floriano). Os autores agradecem ao CNPq (processo n. 142014/2000-1) pela concessão de bolsa a primeira autora.

Referências

- BARBOSA, M.R.deV., MAYO, S.J., CASTRO, A.A.J.F., FREITAS, G.L.de, PEREIRA, M.doS., GADELHA NETO, P.daC. and MOREIRA, H.M. 1996. *Checklist* preliminar das angiospermas. In: SAMPAIO, E.V.deS.B., MAYO, S.J., BARBOSA, M.R.deV. (eds.). Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas. SBB/Seção Regional de Pernambuco, Recife. Pp. 253-415.
- BATALHA, M.A. and MARTINS, F.R. 2002a. The vascular flora of the cerrado in Emas National Park (Goiás, Central Brazil). *Sida* 20: 295-311.
- BATALHA, M.A. and MARTINS, F.R. 2002b. Life-form spectra of Brazilian cerrado sites. *Flora* 197: 452-460.
- BATALHA, M.A. 2001. Florística, espectro biológico e padrões fenológicos do cerrado *sensu lato* no Parque Nacional das Emas (GO) e o componente herbáceo-subarbustivo da flora do cerrado *sensu lato*. UNICAMP. Tese de Doutorado.
- BATALHA, M.A. and MANTOVANI, W. 2001. Floristic composition of cerrado in the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, southeastern Brazil). *Acta Bot. Bras.* 15: 147-163.
- BATALHA, M.A., ARAGAKI, S. and MANTOVANI, W. 1997. Florística do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). *Bol. Bot. Univ. São Paulo* 16: 49-64.
- BARROSO, G.M. and GUIMARÃES, E.F. 1980. Excursão botânica ao Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. *Rodriguésia* 32: 241-267.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1973. Projeto RADAM. v.2. Folha SB.23 Teresina e parte da Folha SB.24 Jaguaribe; vegetação. MME/DNPM. Rio de Janeiro.
- BRUMMITT, R.K. and POWELL, C.E. 1992. Authors of plant names. Royal Botanic Gardens, Kew.
- CEPRO. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. 1992. Perfil dos municípios. CEPRO, Teresina.
- CEPRO. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. 1996. Piauí: Caracterização do Quadro Natural. CEPRO, Teresina.
- CASTRO, A.A.J.F. 1994. Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí - São Paulo) de amostras de cerrado. UNICAMP. Tese de Doutorado.
- CASTRO, A.A.J.F. 1996. Cerrados do Brasil e do Nordeste: considerações sobre os fatores ecológicos atuantes, ocupação, conservação e fitodiversidade. *Revista Econômica do Nordeste* 27: 183-205.

- CASTRO,A.A.J.F., MARTINS,F.M. and FERNANDES,A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, northeastern Brazil. *Edinb. J. Bot.* 55: 455-472.
- CASTRO,A.A.J.F. and 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.
- CASTRO,A.A.J.F., MARTINS,F.M., TAMASHIRO,J.Y. and SHEPHERD,G.J. 1999. How rich is the flora of the Brazilian cerrados? *Ann. Miss. Bot. Gard.* 86: 192-224.
- CAVALCANTI,R.B. and JOLY,C.A. 2002. Biodiversity and conservation priorities in the cerrado region. In: OLIVEIRA,P.A. and MARQUIS,R.J. (eds.). *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York. Pp. 351-367.
- CHAPPILL,J. 2003. Cladistic analysis of the Leguminosae: classification of the Leguminosae employed for cladistic analysis modified from that of Polhill (1994) as indicated. [citado em 16 de junho de 2003 - 16:00]. URL: <http://www.botany.uwa.edu.au/systematics/summaryleg.html>.
- CONCEIÇÃO,G.M. 2000. Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal, Parque Estadual do Mirador, Mirador, Maranhão. UFPE. Dissertação de Mestrado.
- CRONQUIST,A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press, New York.
- EHRlich,P.R. 1997. A perda da diversidade: causas e consequências. In: WILSON,E.O. (ed.). *Biodiversidade*. Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro. Pp. 27-35.
- EITEN,G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Bot. Rev.* 38: 201-341.
- EITEN,G. 1992a. How names are used for vegetation. *J. Veg. Science* 3: 419-424.
- EITEN,G. 1992b. Natural Brazilian vegetation types and their causes. *An. Acad. Bras. Ciências* 64 (Supl. 1): 35-65.
- EITEN,G. 1994. Vegetação. In: PINTO,M.N. (ed.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2ed. Ed. da Universidade de Brasília, Brasília. Pp. 17-73.
- EMPERAIRE,L. 1985. Végétation del'État du Piauí (Brésil). *C. R. Soc. Biogéogr.* 60: 151-163.
- FERNANDES,A. 1998. *Fitogeografia brasileira*. Ed. Multigraf, Fortaleza.
- FERRI,M.G. 1977. Ecologia dos cerrados. In: FERRI,M.G. (coord.). *IV Simpósio sobre o Cerrado: bases para utilização agropecuária*. Ed. Itatiaia, Belo Horizonte; Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo. Pp. 15-33.
- FILGUEIRAS,T.S. 2002. Herbaceous plant communities. In: OLIVEIRA,P.A. and MARQUIS,R.J. (eds.). *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York. Pp. 121-139.
- GREIG-SMITH,P. 1983. *Quantitative plant ecology*. California Press Berkeley, California.

- JOLY,C.A., AIDAR,M.P.M., KLINK,C.A., McGRATH,D.G., MOREIRA,A.G., MOUTINHO,P., NEPSTAD,D.C., OLIVEIRA,A.A., POTT,A., RODAL,M.J.N. and SAMPAIO,E.V.S.B. 1999. Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation. *Ciência e Cultura* 51: 331-348.
- KAUFFMAN,J.B., CUMMINGS,D.L. and WARD,D.E. 1994. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. *J. Ecol.* 82: 519-531.
- HARLEY,R.M. 1995. Introdução. In: STANNARD,B.L. (ed.). *Flora of the Pico das Almas: Chapada Diamantina, Bahia, Brazil*. 1.ed. Kew, London. Pp. 43-78.
- HOLMGREN,P., HOLMGREN,N. and BARNETT,L. 1990. *Index Herbariorum. Part I: The Herbaria of the World*. International Association for Plant Taxonomy and New York Botanical Garden, New York.
- IBDF. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1979. *Plano de Manejo: Parque Nacional de Sete Cidades*. M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN). Brasília.
- MANTOVANI,W. 1983. Composição e similaridade florística, fenologia e espectro biológico do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçu, estado de São Paulo. UNICAMP. Dissertação de Mestrado.
- MANTOVANI,W. 1987. Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu e em Itirapina, SP. UNICAMP. Tese de Doutorado.
- MENDONÇA,R.C.de, FELFILI,J.M., WALTER,B.M., SILVA JÚNIOR,M.C.da, REZENDE,A.V., FILGUEIRAS,T.S. and NOGUEIRA,P.E. 1998. A flora vascular do cerrado. In: SANO,S.M. & ALMEIDA,S.P. (eds.). *Cerrado: ambiente e flora*. EMBRAPA, Planaltina. Pp. 289-556.
- MESQUITA,M.R. 2002. Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal (Cerrado Baixo), Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. UFPE. Dissertação de Mestrado.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 1999. Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do cerrado e pantanal. MMA/FUNATURA/CI/Fundação BIODIVERSITAS/UnB, Brasília.
- MIRANDA,I.S., ABSY,M.L. and REBÊLO,G.H. 2003. Community structure of woody plants of Roraima Savannas, Brazil. *Plant Ecology* 164: 109-123.
- MITTERMEIER,R.A., MYERS,N., MITTERMEIER,C.G. and GIL,P.R. 1999. Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Conservation International do Brasil, CEMEX. (Anexo, ed. Heloisa de Oliveira/tradução e revisão Heleine Heringer).

- MORI,S.A., SILVA,L.A.M., LISBOA,G. and CORANDIN,L. 1989. Manual de manejo do herbário fanerogâmico. 2.ed. Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus.
- MUELLER-DOMBOIS,D. and ELLENBERG,H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York.
- NIMER,E. and BRANDÃO,A.M.P.M. 1985. Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática. Rev. Bras. Geog. 47: 373-416.
- OLIVEIRA-FILHO,A.T. and RATTER,J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA,P.A. and MARQUIS,R.J. (eds.). The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna. Columbia University Press, New York. Pp. 91-120.
- OLIVEIRA,M.E.A., SAMPAIO,E.V.S.B., RODAL,M.J.N. and CASTRO,A.A.J. 1997. Flora e fitossociologia de uma área de transição carrasco-caatinga de areia em Padre Marcos, Piauí. Naturalia 22: 131-150.
- OLIVEIRA, M. E. A. and MARTINS, F. R. Classificação e caracterização dos tipos vegetacionais do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. Rev. Bras. Bot. (a ser submetido).
- OLIVEIRA,M.E.A., MARTINS,F.R. and SANTOS,J.R. Cobertura vegetal da porção oriental da bacia do Parnaíba, NE do Brasil utilizando imagens TM/Landsat e dados quantitativos. A. Veg. Science (a ser submetido).
- OLIVEIRA,M.E.A., MARTINS,F.R. and CASTRO,A.A.J.F. Estrutura, relações florísticas e diversidade na transição campo - floresta no Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. J. Trop. Ecol. (a ser submetido).
- PIVELLO,V.R., CARVALHO,V.M.C., LOPES,P.F., PECCININI,A.A. and ROSSO,S. 1999. Abundance and distribution of native and alien grasses in a "cerrado" (Brazilian savanna) biological reserve. Biotropica 31: 71-82.
- POLHILL,R.M. 1994. Classification of the Leguminosae. In: BISBY,F.A., BUCKINGHAM,J. and HARBORNE,J.B. (eds.). Phytochemical dictionary of the Leguminosae, Royal Botanic Gardens, Kew. Pp. 35-57.
- RATTER,J.A., BRIDGEWATER,S., ATKINSON,R. and RIBEIRO,J.F. 1996. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. Edinb. J. Bot. 53:153-180.
- RATTER,J.A., RIBEIRO,J.F. and BRIDGEWATER,S. 1997. The brazilian cerrado vegetation and threats to its diversity. Ann. Bot. 80: 223-230.

- RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S. and RIBEIRO, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinb. J. Bot.* 60:57-109.
- RAUNKIAER, C. 1934. Life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford.
- RIBEIRO, J.F. and WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M. and ALMEIDA, S.P.de. (eds.). Cerrado: ambiente e flora. EMBRAPA/CPAC, Planaltina. Pp. 89-166.
- RIBEIRO, L.F. and TABARELLI, M. 2002. A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life history and plant composition. *J. Trop. Ecol.* 18: 775-794.
- RODRIGUES, S.M.C.B. 1998. Florística e fitossociologia de uma área de cerrado em processo de desertificação no município de Gilbués - PI. UFRPE. Dissertação de Mestrado.
- SAMPAIO, E.V.S.B., SOUTO, A., RODAL, M.J.N., CASTRO, A.A.J.F. and HAZIN, C. 1994. Caatingas e cerrados do NE: biodiversidade e ação antrópica. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO. Fundação Esquel do Brasil, Fortaleza/Brasília. Pp. 1-15.
- SARMIENTO, G. 1983. The savannas of tropical America. In: BOURLIERE, F. (ed.). Tropical savannas. Elsevier, Amsterdam. Pp. 245-288.
- SOLBRIG, O.T. 1996. The diversity of the savanna ecosystem. In: SOLBRIG, O.T., MEDINA, E. and SILVA, J.F. (eds.). Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective. Springer, Germany. Pp. 1-27.
- UHLMANN, A., GALVÃO, F. and SILVA, S.M. 1998. Análise da estrutura de duas unidades fitofisionômicas de savana (cerrado) no sul do Brasil. *Acta Bot. Bras.* 12: 231-247.
- UNESCO. 1973. International classification and mapping of vegetation. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- WARMING, E. 1892. Lagoa Santa: contribuição para a geographia phytobiológica. In: WARMING, E. and FERRI, M.G. 1973. Lagoa Santa e a vegetação dos cerrados brasileiros. Itatiaia/EDUSP, Belo Horizonte/São Paulo. Pp. 1- 284.
- WEISER, V.L. and GODOY, S.A.P. 2001. Florística em um hectare de cerrado *stricto sensu* na ARIE - cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta Bot. Bras.* 15: 201-212.
- ZAPPI, D.C. 1994. *Pilosocereus* (cactaceae): the genus in Brazil. Royal Botanic Gardens, Kew.
- ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4rd ed. Prentice Hall, New Jersey.

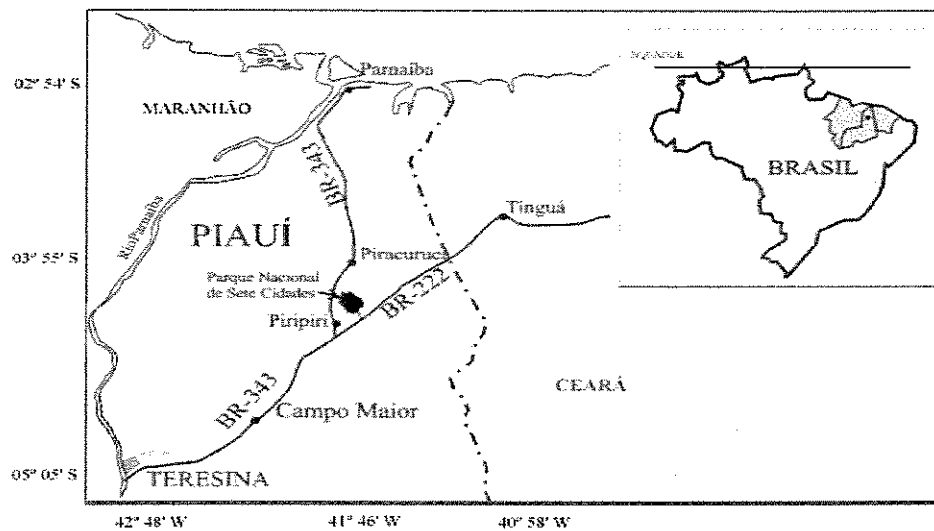


Figura 1 - Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Brasileira e Piracuruca, Piauí, NE do Brasil e suas principais vias de acesso. (Fonte: Della Fávera 1999, modificado).

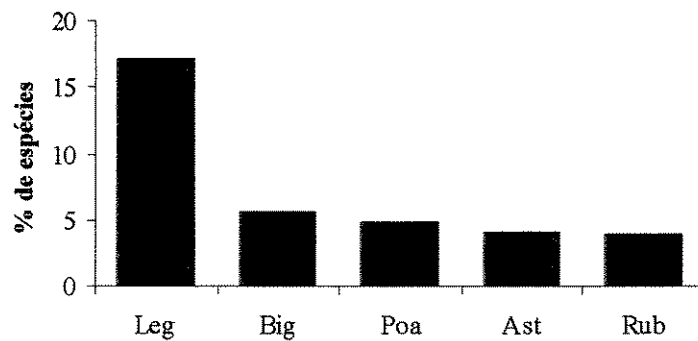


Figura 2 - Porcentagem de espécies nas famílias mais ricas na flora do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Leg = Leguminosae, Big = Bignoniaceae, Poa = Poaceae, Ast = Asteraceae e Rub = Rubiaceae. As outras 82 famílias compreendem 64,6% do número total de espécies.

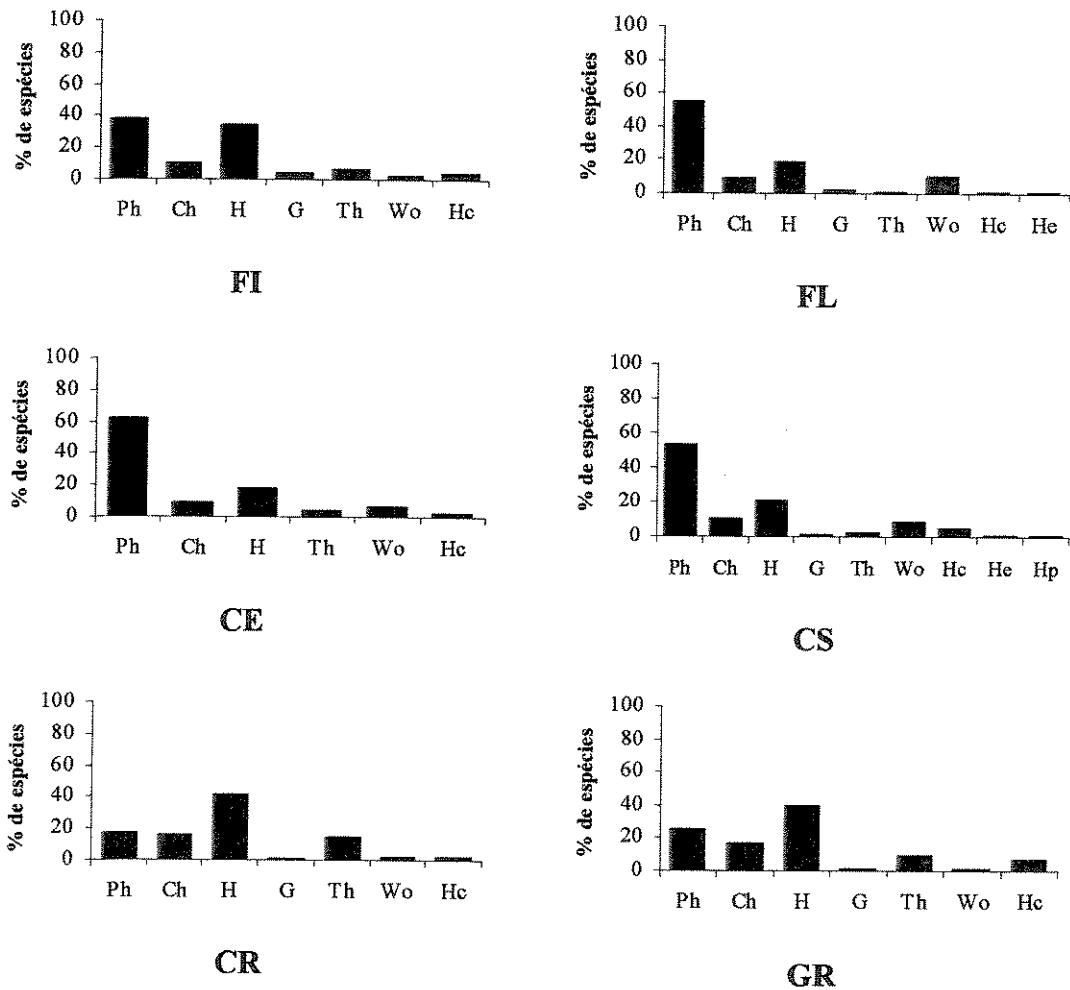


Figura 3 - Espectro biológico dos tipos fisionômicos da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Ph = fanerófitos, Ch = caméfitos, H = hemicriptófitos, G = geófitos, Th = terófitos, Wo = trepadeira lenhosa, Hc = trepadeira herbácea, He = hemiparasita e Hp = holoparasita (Raukiaer 1934; Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). Tipos florestais (FI - floresta ocasionalmente inundada; FL - floresta estacional semidecídua; CE - cerrado), savânicos (CS - cerrado *s.s.*; CR - cerrado rupestre) e campestre (GR - campo graminóide).

Tabela 1 - Lista florística e classes de formas de vida das espécies registradas nas fisionomias de cerrado do Parque Nacional de Sete Cidades, NE do Brasil. Ch = caméfitos, G = geófitos, H = hemicriptófitos, Hc = trepadeiras herbáceas, He = hemiparasita, Hp = holoparasita, Ph = fanerófitos, Th = terófitos e Wo = trepadeiras lenhosas. 1 = Floresta ocasionalmente inundada, 2 = Floresta estacional semidecídua, 3 = Cerradão, 4 = Cerrado s.s., 5 = Cerrado rupestre, 6 = Campo graminóide. # = número do coletor (M.E. Alencar); em negrito, outros coletores. O asterisco (*) indica espécies invasoras (Mendonça et al. 1998).

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
A - Pteridophyta			
1 - Schizaeaceae			
<i>Anemia</i> sp.	846	H	4
B - Magnoliopsida			
2 - Acanthaceae			
<i>Ruellia</i> sp.	733	H	1
Desconhecida 1	1138	H	4 e 6
3 - Amaranthaceae			
<i>Alternanthera bahiensis</i> Pedersen	618	H	4
<i>Alternanthera</i> sp.	963	H	2
<i>Froelichia lanata</i> (H.B.K.) Moq. (F.M.T. Freire)	2808	H	6
<i>Gomphrena agrestis</i> Mart.	1020	H	4
<i>Gomphrena gardnerii</i> Moq.	904	H	4
<i>Gomphrena leucocephala</i> Mart.	1231	H	4 e 6
<i>Gomphrena</i> sp.	302	H	4
4 - Anacardiaceae			
<i>Anacardium occidentale</i> L.	318	Ph	4
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	809	Ph	2 e 4
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	910	Ph	2
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	757	Ph	2, 4 e 6
5 - Annonaceae			
<i>Annona coriacea</i> Mart.	337	Ph	4
<i>Duguetia</i> sp.	1273	Ph	3
<i>Ephedranthus pisocarpus</i> R.E.Fr.	1153	Ph	2, 3 e 4
<i>Oxandra sessiliflora</i> R.E.Fr.	1219	Ph	4
<i>Rollinia exsucca</i> (DC. ex Dunal) A.DC.	1206	Ph	1
<i>Rollinia</i> sp.	538	Ph	4
6 - Apocynaceae			
<i>Allamanda blanchetii</i> A.DC.	569	Ch	4
<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.	1490	Ph	2 e 3
<i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC.	801	Ph	2, 3 e 4
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	1007	Ph	2, 3 e 4
<i>Forsteronia pubescens</i> A.DC.	1608	Wo	2
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	471	Ph	4 e 6
<i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel	394	Ph	2, 4 e 6
<i>Mandevilla</i> aff. <i>hirsuta</i> (Rich.) K.Schum.	1141	Hc	3, 4 e 5
<i>Mandevilla tenuifolia</i> (J.C.Mikan) Woodson	312	G	4 e 6

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Odontadenia</i> sp.	734	Wo	4
<i>Secondatia densiflora</i> A.DC.	819	Wo	1, 2 e 4
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	817	Ph	2, 3 e 4
7 - Aristolochiaceae			
<i>Aristolochia papillaris</i> Mart.	1334	Hc	4
8 - Asclepiadaceae			
<i>Blepharodon bicolor</i> Decne.	1227	Hc	4
<i>Ditassa hastata</i> Decne.	1346	Ch	2, 5 e 6
<i>Shubertia</i> cf. <i>grandiflora</i> Mart.	1221	Wo	3
9 - Asteraceae			
<i>Aspilia attenuata</i> (Gardner) Baker	1226	H	2
<i>Aspilia cupulata</i> S.F.Blake	1377	H	4
<i>Bidens riparia</i> H.B.K. (R. Barros)	????	Th	4 e 6
<i>Delilia biflora</i> (L.) Kuntze	1288	H	2
<i>Elephantopus hirtiflorus</i> DC.	994	H	4 e 6
<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K. *	997	H	4
<i>Elephantopus</i> sp. nova	933	H	4
<i>Eupatorium</i> cf. <i>clematideum</i> Griseb. (R. Barros)	????	H	4 e 6
<i>Pithecoseris pacourinoides</i> Mart.	1347	H	2
<i>Praxelis pauciflora</i> (H.B.K.) R.M.King & H.Rob.	1287	H	2
<i>Rolandra argentea</i> Rottb.	1381	H	1 e 2
<i>Staurochlamys burchellii</i> Baker (R. Barros)	????	H	4 e 6
<i>Stilpnopappus pratensis</i> var. <i>crotonifolia</i> Mart.	639	Ch	5
<i>Stilpnopappus trichospiroides</i> Mart.	693	Ch	4 e 6
<i>Stilpnopappus</i> sp. nova (R. Barros)	????	Ch	5
<i>Vernonia grisea</i> Baker	299	Ch	5
<i>Vernonia remotiflora</i> Rich.	1363	H	3
<i>Wedelia</i> sp. (R. Barros)	????	H	3 e 4
10 - Bignoniaceae			
<i>Adenocalymma scabriusculum</i> Mart.	584	Wo	4
<i>Adenocalymma subincanum</i> Huber	982	Wo	2
<i>Anemopaegma glaucum</i> Mart. ex DC.	390	Ch	4
<i>Arrabidaea brachypoda</i> (DC.) Bureau	485	Wo	2 e 4
<i>Arrabidaea dispar</i> Bureau ex K.Schum.	950	Wo	4 e 5
<i>Arrabidaea limae</i> A.H.Gentry	1095	Wo	4
<i>Arrabidaea</i> cf. <i>pliciflora</i> Bureau & K.Schum.	1324	Wo	5
<i>Arrabidaea</i> aff. <i>triplinervia</i> (Mart. ex DC.) Baill. ex Bureau	980	Wo	3
<i>Cuspidaria argentea</i> (Wawra) Sandwith	496	Ph	4
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	1506	Ph	4
<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	366	Ph	4
<i>Jacaranda jasminoides</i> (Thunb.) Sandwith	1453	Ch	2
<i>Jacaranda praetermissa</i> Sandwith	391	Ph	4 e 6
<i>Jacaranda ulei</i> Bureau & K.Schum.	334	Ph	4
<i>Lundia helicocalyx</i> A.H.Gentry	868	Wo	2 e 4

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Memora campicola</i> Pilg.	979	Ch	2, 3 e 4
<i>Neojobertia candolleana</i> (Mart. ex DC.) Bureau & K.Schum.	515	Wo	4
<i>Stizophyllum</i> sp.	1180	Wo	2 e 4
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	790	Ph	4
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.	708	Ph	2 e 4
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	743	Ph	4
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G.Nicholson	1255	Ph	4 e 6
<i>Xylophragma</i> sp.	429	Ch	6
Desconhecida 1	1130	Wo	2
11 - Bombacaceae			
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil.) A.Robyns	1320	Ph	2 e 3
12 - Boraginaceae			
<i>Cordia polycephala</i> (Lam.) Johnst.	588	H	4
<i>Cordia rufescens</i> A.DC.	1166	Ph	2 e 4
13 - Burseraceae			
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	382	Ph	1, 4 e 5
14 - Cactaceae			
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	1555	Ph	5
<i>Pilosocereus flavipulvinatus</i> (Buining & Brederoo) F.Ritter	1449	Ph	5
<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	1450	Ph	5
<i>Melocactus</i> sp.	1635	H	5
15 - Caryocaraceae			
<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.	816	Ph	4
16 - Chrysobalanaceae			
<i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc.	351	Ph	2 e 4
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	810	Ph	1
<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	684	Ph	4
17 - Clusiaceae			
<i>Clusia panapanari</i> (Aubl.) Choisy	595	Ch	1, 3 e 4
<i>Platonia insignis</i> Mart.	1636	Ph	1 e 2
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	306	Ph	4
18 - Cochlospermaceae			
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	710	Ph	3, 4 e 6
19 - Combretaceae			
<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl) Eichler	999	Ph	4
<i>Combretum duarteanum</i> Cambess.	1151	Ph	1, 2 e 4
<i>Combretum laxum</i> Jacq.	807	Ch	1
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	561	Ph	2, 4 e 5
<i>Combretum mellifluum</i> Eichler var. <i>mellifluum</i>	1203	Ph	2 e 4
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart. & Zucc. ex Eichler	329	Ph	2, 4 e 5
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	784	Ph	2 e 4
<i>Thilsea glaucocarpa</i> (Mart.) Eichler	557	Ph	3 e 4
20 - Connaraceae			
<i>Rourea gardneriana</i> Planch.	438	Ph	4

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Rourea</i> sp. 1	1176	Ph	4
<i>Rourea</i> sp. 2	870	Ph	4
21 - Convolvulaceae			
<i>Evolvulus</i> sp. 1	917	H	6
<i>Evolvulus</i> sp. 2	919	H	4
<i>Evolvulus</i> sp. 3	648	H	5
<i>Ipomoea blanchetii</i> Choisy	854	Hc	4
<i>Ipomoea</i> sp.	988	Hc	1 e 4
<i>Jacquemontia montana</i> (Moric.) Meisn.	918	Hc	6
<i>Jacquemontia</i> sp. nova	1322	Hc	4
22 - Cuscutaceae			
<i>Cuscuta partita</i> Choisy	894	Hp	4
23 - Dilleniaceae			
<i>Curatella americana</i> L.	340	Ph	4
<i>Davilla</i> cf. <i>rugosa</i> Poir.	317	Wo	4
<i>Davilla</i> sp.	406	Wo	4
<i>Doliocarpus</i> sp.	1360	Wo	2 e 4
24 - Droseraceae			
<i>Drosera montana</i> A.St.-Hil. var. <i>montana</i>	704	H	6
25 - Ebenaceae			
<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	867	Ph	2
26 - Erythroxylaceae			
<i>Erythroxylum barbatum</i> O.E.Schulz	824	Ph	2 e 4
<i>Erythroxylum laetevirens</i> O.E.Schulz	489	Ph	2 e 4
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	500	Ph	4
<i>Erythroxylum subracemosum</i> Turcz.	493	Ph	4
27 - Euphorbiaceae			
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	895	H	4
<i>Cnidoscolus urens</i> (L.) Arthur (R. Schütz Rodrigues)	1474	H	2
<i>Croton</i> aff. <i>blanchetianus</i> Baill.	1196	H	2
<i>Croton</i> cf. <i>nepetifolius</i> Baill.	1181	Ch	2 e 4
<i>Croton sonderianus</i> Müll.Arg.	455	Ch	2
<i>Croton urticifolius</i> Lam.	856	Ch	4
<i>Croton</i> sp. 1	1098	H	4
<i>Croton</i> sp. 2	1384	H	4
<i>Croton</i> sp. 3	1536	H	3
<i>Croton</i> sp. 4	1545	Th	3
<i>Dalechampia affinis</i> Müll.Arg.	972	Hc	2, 4 e 6
<i>Mabea</i> sp.	523	Ph	2 e 4
<i>Manihot</i> cf. <i>caerulescens</i> Pohl	840	Ch	4 e 6
<i>Manihot</i> sp.	1508	H	2
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	419	Ph	1 e 4
28 - Flacourtiaceae			
<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	1557	Ph	2 e 4

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	765	Ph	2, 3 e 4
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	772	Ph	4
<i>Casearia ulmifolia</i> Vahl ex Vent.	487	Ph	2 e 4
<i>Xylosma benthamii</i> (Tul.) Triana ex Planch.	1460	Ph	2
29 - Gentianaceae			
<i>Coutoubea spicata</i> Aubl. (R. Barros)	921	H	6
<i>Curtia patula</i> (Mart.) Knobl.	654	Th	5 e 6
<i>Schultesia doniana</i> Progel	651	Th	5
<i>Schultesia guianensis</i> (Aubl.) Malme	615	Th	5
<i>Schultesia</i> sp.	931	Th	5
30 - Hippocrateaceae			
<i>Prionostemma aspera</i> (Lam.) Miers	376	Wo	4
<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G. Don	1142	Ph	3 e 4
31 - Humiriaceae			
<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) A. St.-Hil.	328	Ph	1 e 2
32 - Krameriaceae			
<i>Krameria tomentosa</i> A. St.-Hil.	640	H	4 e 5
33 - Lamiaceae			
<i>Eriopidion strictum</i> (Benth.) Harley	852	H	4
<i>Hypernia salzmanii</i> (Benth.) Harley	725	H	1, 2 e 3
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	631	H	5 e 6
<i>Raphiodon echinus</i> (Mart. & Nees) Schauer	1380	H	2 e 4
<i>Mentha</i> sp.	1019	Ch	6
34 - Lauraceae			
<i>Ocotea canaliculata</i> (Rich.) Mez	847	Ph	1, 4 e 6
35 - Leguminosae (Subfamília: Caesalpinioideae)			
<i>Bauhinia dubia</i> G. Don	463	Ch	1 e 4
<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.	716	Ph	2 e 4
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	307	Ph	2, 3 e 4
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. ex Tul.	678	Ph	4
<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Killip	664	Ch	2, 4 e 6
<i>Chamaecrista eitenorum</i> (H.S. Irwin & Barneby) H.S. Irwin & Barneby	375	Ph	6
<i>Chamaecrista fagonoides</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby	705	Th	6
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene *	567	Ch	6
<i>Chamaecrista repens</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby var. <i>multijuga</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	633	Ch	5
<i>Copaifera coriacea</i> Mart.	1207	Ph	2, 3 e 4
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (M.R. Mesquita)	76	Ph	4
<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	925	Ph	4
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	889	Ph	2, 3 e 4
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>longifolia</i> (Benth.) Y.T. Lee & Andrade-Lima	789	Ph	4
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	1400	Ph	2 e 4
<i>Hymenaea</i> sp.	1047	Ph	2
<i>Martiodendron mediterraneum</i> (Mart. ex Benth.) Koeppen	555	Ph	1, 2 e 4

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Peltogyne confertiflora</i> Benth.	1337	Ph	2
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	844	Ph	2, 3 e 4
<i>Senna acuruensis</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	1345	Ph	2 e 4
<i>Senna georgica</i> H.S.Irwin & Barneby	1123	Ph	3 e 4
<i>Senna macranthera</i> (Collad.) H.S.Irwin & Barneby var. <i>micans</i> (Nees) H.S.Irwin & Barneby	1382	Ph	4
Subfamília: Mimosoideae			
<i>Acacia</i> sp.	1071	Ph	2
<i>Calliandra fernandesii</i> Barneby	928	Ch	4
<i>Chloroleucon acacioides</i> (Ducke) Barneby & Grimes	985	Ph	3 e 4
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	806	Ph	1 e 2
<i>Inga marginata</i> Willd.	363	Ph	2 e 4
<i>Mimosa acutistipula</i> Benth.	1362	Ph	2, 3 e 4
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	579	Ph	2 e 4
<i>Mimosa hypoglauca</i> Mart.	712	Ch	6
<i>Mimosa sensitiva</i> L.	1359	H	2
<i>Mimosa somnians</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	709	Ch	6
<i>Mimosa verrucosa</i> Benth.	583	Ph	4
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	1637	Ph	3 e 4
<i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.	507	Ph	2, 3 e 4
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	1233	Ph	2 e 3
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	411	Ph	4
<i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth.	990	Ph	4
Desconhecida 1	568	H	6
Subfamília: Papilionoideae			
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	476	Ph	4 e 6
<i>Aeschynomene histrix</i> Poir.	606	Th	4
<i>Aeschynomene matosii</i> Afr.Fern. (A. Fernandes - EAC 17.998)		Ch	3
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	726	Ph	2
<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.	788	Ch	4 e 6
<i>Andira paniculata</i> Benth.	741	Ph	4
<i>Andira</i> cf. <i>surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Pulle	968	Ph	4
<i>Arachis</i> cf. <i>sylvestris</i> (A.Chev.) A.Chev.	1211	H	4
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	1385	Ph	3 e 4
<i>Centrosema brasiliense</i> (L.) Benth.	987	Hc	4
<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	1399	H	6
<i>Clitoria simplicifolia</i> (Kunth) Benth.	1632	H	3
<i>Crotalaria maypurensis</i> Kunth	1368	H	2
<i>Crotalaria retusa</i> L.	1204	H	4
<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke	1119	Ph	2, 3 e 4
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	1186	Ph	4
<i>Deguelia nitidula</i> (Benth.) Az.-Tozzi	1096	Ph	4
<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth. * (A.S. Flores)	926	H	4 e 5
<i>Desmodium glabrum</i> (Mill.) DC.	677	Ch	4

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Dioclea virgata</i> (Rich.) Amshoff	767	Wo	4
<i>Galactia jussiaeana</i> Kunth var. <i>glabrescens</i> Benth. (R. Schütz Rodrigues)	1469	H	4
<i>Galactia texana</i> A.Gray	694	H	4
<i>Harpalyce brasiliiana</i> Benth.	993	Ph	4
<i>Lonchocarpus araripensis</i> Benth.	1387	Ph	2, 3 e 4
<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	1102	Ph	4
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	912	Ph	2 e 4
<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	600	Ch	4 e 5
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	1215	Ph	4
<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel	1154	Ph	2 e 3
<i>Stylosanthes angustifolia</i> Vogel	713	Th	6
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw. * (R. Schütz Rodrigues)	1472	H	1
<i>Swartzia flaemingii</i> var. <i>psilonema</i> (Harms) R.S.Cowan	1182	Ph	2 e 3
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	1397	Ph	4
<i>Zornia gardneriana</i> Moric.	1333	H	4
<i>Zornia latifolia</i> Sm. (A.S. Flores)	923	H	5 e 6
<i>Zornia</i> cf. <i>marajoara</i> Huber	656	H	5 e 6
36 - Lentibulariaceae			
<i>Utricularia sandwithii</i> P.Taylor	700	Th	1 e 6
<i>Utricularia subulata</i> L.	699	Th	1 e 6
37 - Loganiaceae			
<i>Antonia ovata</i> Pohl	729	Ph	4
<i>Strychnos araguaensis</i> Krukoff & Barneby	361	Wo	2
38 - Loranthaceae			
<i>Psittacanthus robustus</i> Mart.	331	He	4
39 - Lythraceae			
<i>Cuphea laricoides</i> Koehne	629	H	5
<i>Cuphea</i> aff. <i>pulchra</i> Moric.	952	Ch	5
<i>Lafoensia replicata</i> Pohl	1365	Ph	4
40 - Malpighiaceae			
<i>Banisteriopsis lutea</i> (Griseb.) Cuatrec.	779	Wo	2, 3 e 4
<i>Banisteriopsis pubipetala</i> (A.Juss.) Cuatrec.	320	Wo	4
<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb.) B.Gates	1229	Wo	4
<i>Byrsonima blanchetiana</i> Miq.	466	Ph	4
<i>Byrsonima correifolia</i> A.Juss.	1094	Ph	3 e 4
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	836	Ph	3, 4 e 6
<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A.Juss.	344	Ph	4 e 5
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	827	Ph	1, 2 e 4
<i>Dicella bracteosa</i> (A.Juss.) Griseb.	984	Wo	2
<i>Heteropterys anoptera</i> A.Juss.	480	Wo	2, 4 e 6
<i>Peixotoa jussieuana</i> A.Juss.	586	Wo	2 e 4
<i>Stigmaphyllon paralias</i> A.Juss.	514	H	4
<i>Tetrapteryx maranhensis</i> A.Juss.	756	Ch	4
41 - Malvaceae			

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav.	1335	H	4
<i>Pelteia trinervis</i> (C.Presl) Krapov. & Cristóbal	674	H	4
<i>Sida angustissima</i> A.St.-Hil.	1379	H	4
<i>Wissadula</i> sp.	676	H	4
42 - Melastomataceae			
<i>Clidemia urceolata</i> DC.	564	Ph	1
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	338	Ch	2 e 4
<i>Miconia ciliata</i> DC.	405	Ph	2 e 4
<i>Leandra</i> sp.	449	Ph	4 e 6
<i>Mouriri</i> cf. <i>elliptica</i> Mart.	386	Ph	4
<i>Pterolepis polygonoides</i> (DC.) Triana	687	H	5
<i>Tibouchina</i> cf. <i>clinopodifolia</i> Cogn.	721	H	1
<i>Tibouchina</i> cf. <i>martialis</i> Cogn.	673	Ch	6
Desconhecida 1	853	Ch	4
43 - Menispermaceae			
<i>Disciphania contraversa</i> Barneby	1479	Wo	3
44 - Moraceae			
<i>Brosimum</i> sp.	1053	Ph	2
<i>Dorstenia brasiliensis</i> Lam.	1220	H	2
<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & Bouché	414	Ph	2 e 4
<i>Ficus guianensis</i> Desv.	830	Ph	2 e 4
45 - Myristicaceae			
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	1214	Ph	1
46 - Myrtaceae			
<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.	1556	Ph	2, 3 e 4
<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O.Berg	829	Ph	4
<i>Eugenia</i> cf. <i>citrifolia</i> Poir.	1080	Ph	2 e 4
<i>Eugenia flavescens</i> DC.	1169	Ph	2
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	1046	Ph	2
<i>Eugenia</i> cf. <i>vernica</i> O.Berg	520	Ph	3 e 4
<i>Eugenia</i> sp. 1	1625	Ph	2 e 3
<i>Eugenia</i> sp. 2	1596	Ph	2
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	771	Ph	3, 4 e 6
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	727	Ph	2, 3, 4, 5 e 6
<i>Myrcia laruttea</i> Cambess. (A. Carvalho)	30	Ph	4 e 6
<i>Myrcia subcordata</i> DC.	314	Ph	4
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	1631	Ph	3 e 4
<i>Myrciaria cuspidata</i> O.Berg	547	Ph	2, 3, 4, 5 e 6
<i>Psidium myrsinites</i> DC.	472	Ph	4
47 - Nyctaginaceae			
<i>Guapira</i> sp.	1062	Ch	2
Desconhecida 1	1624	Ph	3

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
48 - Ochnaceae			
<i>Ouratea cearensis</i> (v. Tiegh.) Sastre	792	Ph	2, 3 e 4
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Engl.	802	Ph	4
<i>Ouratea parvifolia</i> (A. St.-Hil.) Engl.	774	Ch	5
<i>Sauvagesia erecta</i> L.	1140	H	2 e 6
49 - Olacaceae			
<i>Heisteria</i> sp.	732	Ph	2 e 4
<i>Ximenia americana</i> L.	365	Ph	3 e 4
50 - Onagraceae			
<i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G. Don) Exell	627	H	5
51 - Opiliaceae			
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers	396	Ph	2 e 4
52 - Oxalidaceae			
<i>Oxalis</i> aff. <i>euphorbioides</i> A. St.-Hil.	851	H	4 e 5
53 - Passifloraceae			
<i>Passiflora foetida</i> L.	835	Hc	4
54 - Phytolaccaceae			
<i>Microtea</i> sp.	1173	H	4
<i>Phytolaca</i> sp.	1571	Ph	2
55 - Polygalaceae			
<i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.	1350	Wo	2 e 4
<i>Monnina insignis</i> A. W. Benn.	1224	H	2 e 4
<i>Polygala celosioides</i> Mart. ex A. W. Benn.	737	Th	5
<i>Polygala longicaulis</i> H. B. K.	881	H	2
<i>Polygala longicaulis</i> var. <i>maior</i> Chodat	533	H	4
<i>Polygala timoutou</i> Aubl.	707	Th	2
<i>Polygala variabilis</i> H. B. K.	736	H	5
<i>Polygala</i> sp.	643	H	5
<i>Securidaca volubilis</i> L.	324	Wo	4
56 - Portulacaceae			
<i>Portulaca</i> sp.	1549	Th	5
57 - Rubiaceae			
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	333	Ph	2 e 4
<i>Alibertia myrciifolia</i> K. Schum.	347	Ch	2, 4 e 5
<i>Alibertia rigida</i> K. Schum.	824	Ph	4
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	535	Ph	4
<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC. *	617	H	4
<i>Chomelia obtusa</i> Cham. & Schltdl.	456	Ph	2 e 4
<i>Chomelia ribesioides</i> Benth. ex A. Gray	450	Ph	2
<i>Diodia radula</i> (Roem. & Schult.) Cham. & Schltdl.	632	Th	5
<i>Faramea crassifolia</i> Benth.	1170	Ph	1 e 2
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	884	Ph	1, 2 e 4
<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC. *	1321	H	5
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	828	Ph	4

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Richardia glandiflora</i> Cham. & Schltdl.	610	H	4 e 5
<i>Rudgea crassiloba</i> (Benth.) B.L.Rob.	553	Ph	1
<i>Staelia aurea</i> K. Schum.	1326	Th	5
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum. subsp. <i>formosa</i>	511	Ph	4
<i>Tocoyena hispidula</i> Standl.	1201	Ph	2 e 4
58 - Sapindaceae			
<i>Allophylus semidentatus</i> (Miq.) Radlk.	560	Ch	3 e 4
<i>Cupania</i> cfr. <i>racemosa</i> (Vell.) Radlk.	760	Ph	4
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	805	Ph	2 e 4
<i>Serjania lethalis</i> A.St.-Hil.	797	Hc	4 e 6
Desconhecida 1	1266	Wo	2
59 - Sapotaceae			
<i>Chrysophyllum</i> sp.	1015	Ph	3 e 4
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	413	Ph	2 e 4
60 - Scrophulariaceae			
<i>Angelonia cornigera</i> Hook.f.	641	Th	5
<i>Angelonia pubescens</i> Benth.	634	Th	4
<i>Bacopa angulata</i> (Benth.) Edwall	659	H	4 e 5
<i>Buchnera</i> sp.	644	H	5
<i>Tetraulacium veronicaeforme</i> Turcz.	642	H	5
Desconhecida 1	1200	H	6
61 - Simaroubaceae			
<i>Simaba cedron</i> Planch.	368	Ch	4
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	778	Ph	4 e 5
62 - Solanaceae			
<i>Solanum asperum</i> Rich.	491	Ch	3 e 4
<i>Solanum crinitum</i> Lam.	590	Ph	4
<i>Solanum</i> sp. 1	497	Ph	4
<i>Solanum</i> sp. 2	850	Ph	4
<i>Solanum</i> sp. 3	945	Ch	2
63 - Sterculiaceae			
<i>Helicteres heptandra</i> L.B.Sm.	457	Ch	1, 2 e 4
<i>Helicteres</i> sp.	981	Ch	2, 3 e 4
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	683	Ph	4
<i>Waltheria indica</i> L. *	706	H	6
<i>Waltheria</i> sp.	1378	H	4
64 - Tiliaceae			
<i>Luehea paniculata</i> Mart.	785	Ph	2 e 3
<i>Triumfetta</i> cf. <i>althaeoides</i> Lam.	1366	Ch	2
65 - Trigoniaceae			
<i>Trigonia nivea</i> Cambess.	492	Wo	4
66 - Turneraceae			
<i>Piriqueta plicata</i> Urb.	695	Ch	6
<i>Turnera caerulea</i> DC. var. <i>surinamensis</i> (Urb.) Arbo & Fernández	799	H	6

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Turnera melochioides</i> Cambess.	723	H	4 e 5
67 - Verbenaceae			
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	501	Ch	2 e 4
<i>Amasonia campestris</i> (Aubl.) Moldenke	563	H	4
<i>Lantana camara</i> L. *	505	Ch	4
<i>Lippia origanoides</i> H.B.K.	1097	Ch	4
<i>Vitex cymosa</i> Bert. ex Spreng.	811	Ph	2
<i>Vitex cf. megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	469	Ph	2, 3 e 4
<i>Vitex</i> sp.	773	Ch	5
Desconhecida 1	692	H	5
68 - Violaceae			
<i>Hybanthus</i> sp.	848	H	4
69 - Viscaceae			
<i>Phoradendron mucronatum</i> (DC.) Krug & Urb. (R.S. Albino)	07	He	2
70 - Vitaceae			
<i>Cissus erosa</i> Rich. subsp. <i>erosa</i>	630	Hc	4 e 5
71 - Vochysiaceae			
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	1634	Ph	2 e 3
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	1327	Ph	2, 3 e 4
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	1157	Ph	4
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	296	Ph	4, 5 e 6
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	731	Ph	4 e 5
72 - Família Desconhecida	1013	Wo	2
C - Liliopsida			
73 - Alismataceae			
<i>Sagittaria guayanensis</i> Kunth	670	Th	1
74 - Araceae			
<i>Philodendron acutatum</i> Schott	596	Ch	1 e 4
<i>Spathiphyllum gardneri</i> Schott	529	G	1
<i>Taccarum peregrinum</i> Engl.	863	G	2
75 - Arecaceae			
<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	1638	Ph	4 e 6
<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) Moore	1521	Ph	1 e 6
<i>Desmoncus</i> sp. (R. Barros)	582	Hc	1
<i>Mauritia martiana</i> (Mart.) Bureau	1639	Ph	1
<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart.	1640	Ph	4
76 - Bromeliaceae			
<i>Ananas ananassoides</i> (Baker) L.B.Sm.	395	H	4
<i>Bromelia plumieri</i> (E. Morren) L.B.Sm.	1641	H	2 e 3
<i>Encholirium erectifolium</i> L.B.Sm.	715	H	5 e 6
<i>Pitcairnia</i> sp.	1193	H	2
77 - Commelinaceae			
<i>Commelina</i> sp.	833	Th	4

Tabela 1 - Continuação.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
78 - Cyperaceae			
<i>Bulbostylis conifera</i> (Kunth) C.B. Clarke	647	H	5
<i>Bulbostylis junciformis</i> (Kunth) C.B. Clarke	524	H	6
<i>Bulbostylis vestita</i> (Kunth) C.B. Clarke	498	H	6
<i>Bulbostylis</i> sp.	527	H	6
<i>Cyperus haspan</i> L.	541	H	1
<i>Cyperus schomburgkianus</i> Nees	528	H	6
<i>Cyperus sphacelatus</i> Rottb.	521	H	4
<i>Cyperus</i> sp.	540	H	1
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	532	H	1 e 4
<i>Fimbristylis spadicea</i> (L.) Vahl	546	H	1
<i>Kyllinga vaginata</i> Lam.	402	H	2
<i>Rhynchospora barbata</i> (Vahl) Kunth	545	H	1, 4 e 6
<i>Rhynchospora marcelo-guerrae</i> Luceño & M. Alves	544	H	1, 4 e 6
<i>Rhynchospora riparia</i> (Nees) Boeck.	565	H	1 e 6
<i>Scleria</i> sp.	1146	H	2 e 3
79 - Dioscoriaceae			
<i>Dioscorea</i> aff. <i>dumetosa</i> Uline ex R. Knuth	1212	Hc	4
<i>Dioscorea orthogoneura</i> Uline ex Hochr.	1194	Hc	3
80 - Eriocaulaceae			
<i>Paepalanthus</i> sp.	649	H	5
<i>Syngonanthus</i> sp.	650	H	4 e 5
81 - Iridaceae			
<i>Cipura paludosa</i> Aubl.	859	G	4
82 - Marantaceae			
<i>Calathea villosa</i> Lindl.	1546	G	2
<i>Maranta ruiziana</i> Körn.	880	G	2
83 - Orchidaceae			
<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	1386	G	1 e 2
84 - Poaceae			
<i>Andropogon fastigiatus</i> Sw.	935	H	2 e 5
<i>Andropogon pseudapricus</i> Stapf	930	H	5
<i>Aristida longifolia</i> Trin.	1213	H	2 e 5
<i>Aristida setifolia</i> Kunth	958	H	4
<i>Axonopus polydactylus</i> (Steud.) Dedecca	977	H	4
<i>Axonopus</i> sp.	1190	H	6
<i>Chaetium festuoides</i> Nees	960	H	2 e 4
<i>Eragrostis maypurensis</i> (Kunth) Steud.	936	H	2 e 5
<i>Ichnanthus calvescens</i> (Nees ex Trin.) Doell.	953	H	1 e 3
<i>Mesosetum loliiforme</i> (Hochst. ex Steud.) Chase	1192	H	3
<i>Oplismenus burmannii</i> (Retz.) P. Beauv.	1329	Th	3
<i>Panicum heterostachyum</i> Hack.	969	H	2 e 3
<i>Panicum pilosum</i> Sw.	1172	H	1 e 2
<i>Paspalum multicaule</i> Poir.	956	H	3

Tabela 1 - Conclusão.

Família/espécies	#	Forma- vida	Habitat
<i>Paspalum parviflorum</i> Rhode	971	H	6
<i>Paspalum</i> sp.	1199	H	1 e 4
<i>Sacciolepis vilvoides</i> (Trin.) Chase	1373	Th	6
<i>Setaria</i> sp.	983	H	2
<i>Steirachne diandra</i> Ekm.	992	H	6
<i>Streptostachys asperifolia</i> Desv.	1191	Th	2, 3 e 4
Desconhecida 1	947	H	1 e 3
85 - Smilacaceae			
<i>Smilax campestris</i> Griseb.	1148	Hc	6
<i>Smilax cissoides</i> Mart. ex Griseb.	1149	Hc	6
86 - Velloziaceae			
<i>Vellozia tubiflora</i> (A.Rich.) Kunth	944	Ch	5
87 - Xyridaceae			
<i>Xyris savanensis</i> Miq.	652	Th	5

Tabela 2 - Comparação entre o espectro normal de Raunkiaer (esperado) e o espectro das formas de vida dos principais tipos fisionômicos da vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades - PNSC (observado), NE do Brasil. OBS = observado, ESP = esperado, Ph = fanerófito, Ch = caméfito, H = hemicriptófito, G = geófito e Th = terófito.

	Classes de formas de vida					Total
	Ph	Ch	H	G	Th	
Floresta ocasionalmente inundada (OBS)	21	5	16	2	3	47
Normal Raunkiaer (ESP)	21,62	4,23	12,22	2,82	6,11	47
χ^2	0,018	0,14	1,12	0,24	1,60	3,15
Floresta estacional semidecídua (OBS)	99	14	28	4	2	147
Normal Raunkiaer (ESP)	67,62	13,23	38,22	8,82	19,11	147
χ^2	14,57	0,04	2,73	2,63	15,32	35,3*
Cerradão (OBS)	49	6	12	0	3	70
Normal Raunkiaer (ESP)	32,2	6,3	18,2	4,2	9,1	70
χ^2	8,77	0,014	2,11	4,2	4,11	19,2*
Cerrado s.s. (OBS)	175	27	54	2	5	263
Normal Raunkiaer (ESP)	120,98	23,67	68,38	15,78	34,19	263
χ^2	24,12	0,47	3,02	12,03	24,90	64,6*
Cerrado rupestre (OBS)	16	11	28	1	10	66
Normal Raunkiaer (ESP)	30,4	5,94	17,2	4,0	8,60	66
χ^2	6,80	4,30	6,85	2,20	0,20	20,4*
Campo graminóide (OBS)	24	12	29	1	7	73
Normal Raunkiaer (ESP)	33,58	6,57	18,98	4,38	9,49	73
χ^2	2,73	4,50	5,30	2,61	0,65	15,8*

g.l. = 4, χ^2 crítico ($p < 0,05$) = 9,49.

Anexo 1 - Taxonomistas/instituições (herbários) a que pertencem. Siglas do Index Herbariorum (Holmgren 1990, Mori *et al.* 1989, www.nybg.org/bsci/ih).

Taxonomista/Família	Instituição	Herbário
Alismataceae		
Emerson R. Pansarin	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Amaranthaceae		
Luisa Senna	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
Maria Salete Marchioreto	Instituto Anchietano de Pesquisas/UNISINOS	PACA
Anacardiaceae, Burseraceae e Simaroubaceae		
Jorge Yoshio Tamashiro	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
José Rubens Pirani	Universidade de São Paulo/USP	SPF
Annonaceae e Velloziaceae		
Renato Mello-Silva	Universidade de São Paulo/USP	SPF
Apocynaceae		
André Olmos Simões	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Andréa Pozetti Spina	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Carolyn Elinore B. Proença	Universidade de Brasília/UnB	UB
Ingrid Koch	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Washington Marcondes-Ferreira	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Sueli Maria Gomes	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Araceae		
Eduardo L. M. Catharino	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Ivanilza M. de Andrade	Universidade Estadual Vale do Acaraú/UVA	UVA
Aristolochiaceae		
M. J. S. Lemos	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
Asclepiadaceae		
Tatiana Konno	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Asteraceae		
Jimi Naoki Nakajima	Universidade Federal de Uberlândia/UFU	HUFU
Roseli Farias Melo de Barros	Universidade Federal do Piauí/UFPI	TEPB
Bignoniaceae		
Carolyn Elinore B. Proença	Universidade de Brasília/UnB	UB
Jorge Yoshio Tamashiro	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Lúcia Garcez Lohmann	University of Missouri/St.Louis	MO
Marco Antonio de Assis	Universidade Estadual Paulista de Rio Claro/UNESP	HRCB
Milene Maria da Silva	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
Rosana Farias	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Boraginaceae		
Neusa Taroda Ranga	Universidade Estadual Paulista de São José do Rio Preto/UNESP	SJRP
Bromeliaceae e Xyridaceae		
Gardene Maria de Sousa	Universidade Federal do Piauí/UFPI	TEPB

Taxonomista/Família	Instituição	Herbário
Maria das Graças Lapa Wanderley Cactaceae e Rubiaceae	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Daniela Zappi Clusiaceae	Royal Botanic Gardens/Kew	K
Volker Bittrich Combretaceae, Erythroxylaceae, Olacaceae e Rubiaceae	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Ayrton Amaral Jr.	Universidade Estadual Paulista de Botucatu/UNESP	BOTU
Maria Iracema Bezerra-Loiola	Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN	UFRN
Nilda Marquete F. da Silva Convolvulaceae	Jardim Botânico do Rio de Janeiro/JBRJ	RB
Rosângela Simão-Bianchini Cyperaceae	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Ana Paula do N. Prata Marccus Vinícius Alves Dilleniaceae	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT Universidade Federal de Pernambuco/UFPE	SP UFP
Carolyn Elinore B. Proença Dioscoriaceae	Universidade de Brasília/UnB	UB
Mizue Kirizawa Droseraceae e Lentibulariaceae	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Liana Oighenstein Anderson Euphorbiaceae	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE	
Daniela S. Carneiro-Torres	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
Inês Cordeiro Flacourtiaceae	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Roseli B. Torres S. G. Tressens Gentianaceae	Instituto Agrônomo de Campinas/IAC Universidad Nacional del Nordeste/UNNE	IAC CTES
Elsie Franklin Guimarães Sônia Crespo Hippocrateaceae	Jardim Botânico do Rio de Janeiro/JBRJ Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	RB UEC
Júlio Antonio Lombardi M. J. C. Miranda Humiriaceae	Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG Universidade de Brasília/UnB	BHCB UB
Carolyn Elinore B. Proença Jorge Yoshio Tamashiro Lamiaceae	Universidade de Brasília/UnB Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UB UEC
Raymond M. Harley	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS

Anexo 1 - Continuação.

Taxonomista/Família	Instituição	Herbário
Lauraceae		
João Batista Baitello	Instituto Florestal de São Paulo/IEF	SPSF
Pedro Luís Rodrigues de Moraes	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Leg. - Caesalpinioideae, Leg. - Mimosoideae e Leg. - Papilionoideae		
Afrânio Gomes Fernandes	Universidade Estadual do Ceará/UECE	UECE
Ana Maria G. Azevedo Tozzi	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Ana Paula Fortuna	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Andréa M. Fillettaz	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Andréa Silva Flores	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Ângela Lúcia Bagnatori Sartori	Universidade Federal do Mato Grosso/UFMG	COR
Ângela Studart F. Vaz	Jardim Botânico do Rio de Janeiro/JBRJ	RB
Carlos Victor Mendonça Filho	Faculdades Federais Integradas de Diamantina/FAFEID	FAFEID
Jorge Yoshio Tamashiro	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Luciano Paganucci de Queiroz	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
Regina Célia Viana Martins da Silva	EMBRAPA/CPATU Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental	IAN
Rodrigo Schütz Rodrigues	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Ruperty Barneby (<i>in memoriam</i>)	The New York Botanical Garden	NY
Vidal de Freitas Mansano	Jardim Botânico do Rio de Janeiro/JBRJ	RB
Loranthaceae		
Maria Aglaene Barboza	Universidade de Brasília/UnB	UB
Marie Sugiyama	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Lythraceae		
Taciana Barbosa Cavalcanti	EMBRAPA/CENARGEN Recursos Genéticos e Biotecnologia	CEN
Malpighiaceae		
André M. Amorim	Universidade Estadual de Santa Cruz/UESC	UESC
Jorge Yoshio Tamashiro	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Maria Candida H. Mamede	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Malvaceae, Sterculiaceae e Tiliaceae		
Carmen L. Cristóbal	Universidad Nacional del Nordeste/UNNE	CTES
Gerleni Lopes Esteves	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Maranthaceae		
Karla Yoshida-Arns	Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE	PEUFR
Melastomataceae		
Ângela Borges Martins	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Cássia Munhoz	Universidade de Brasília/UnB	UB
Jorge Yoshio Tamashiro	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC

Anexo 1 - Continuação.

Taxonomista/Família	Instituição	Herbário
Kazue Matsumoto	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Moraceae		
José Eduardo L. da S. Ribeiro	Instituto de Pesquisas da Amazônia/INPA	INPA
Myristicaceae		
William Antônio Rodrigues	Universidade Federal do Paraná/UFPR	UPCB
Myrtaceae		
Carolyn Elinore B. Proença	Universidade de Brasília/UnB	UB
Graziela Maciel Barroso	Jardim Botânico do Rio de Janeiro/JBRJ	RB
(<i>in memorian</i>)		
Marcos E. G. Sobral	Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG	BHCB
Ochnaceae		
Kikyo Yamamoto	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Maria do Carmo Estanislau do Amaral	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Onagraceae		
Ana Odete Santos Vieira	Universidade Estadual de Londrina/UEL	FUEL
Orchidaceae		
Rodrigo Bustos Singer	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Passifloraceae		
Teonildes Sacramento Nunes	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
Poaceae		
Maria do Socorro C. Bona do Nascimento	EMBRAPA/ CPAMN Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte	CPAMN
Reyjane Patrícia de Oliveira	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
Steve Renvoize	Royal Botanic Gardens/Kew	K
Polygalaceae		
Ana Cristina Aguiar	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Eliane Barbosa Miranda-Silva	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
Florian Pastore Junior	Universidade de Brasília/UnB	UB
Jorge Yoshio Tamashiro	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Rubiaceae		
Anajde Lemos de Prado	Universidade Federal do Mato Grosso/UFMT	UFMT
Elisete Araújo da Anunciação	Instituto de Botânica de São Paulo/IBT	SP
Elnatan Bezerra de Souza	Universidade Estadual Vale do Acaraú/UVA	UVA
Elsa Leonor Cabral	Universidad Nacional del Nordeste/UNNE	CTES
Piero Delprete	The New York Botanical Garden	NY
Sapindaceae e Tiliaceae		
Maria S. Ferruci	Universidad Nacional del Nordeste/UNNE	CTES
Pedro Acevedo	The New York Botanical Garden	NY
Sapotaceae		

Taxonomista/Família	Instituição	Herbário
Claúdia Elena Carneiro	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
Scrophulariaceae		
Susane Izídio da Silva	Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE	PEUFR
Vinícius Castro Souza	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP	ESA
Smilacaceae		
Regina Helena P. Andreatta	Universidade Santa Úrsula/USU	RUSU
Solanaceae		
Maria de Fátima Agra	Universidade Federal da Paraíba/UFPb	JPB
Trigoniaceae		
Jorge Yoshio Tamashiro	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Turneraceae		
Maria Mercedes Arbo	Universidad Nacional del Nordeste/UNNE	CTES
Verbenaceae e Vochysiaceae		
Andréa Rodrigues Barbosa	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Carolyn Elinore B. Proença	Universidade de Brasília/UnB	UB
Flávio França	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS
J. C. M. Silva	Universidade de Brasília/UnB	UB
Jorge Yoshio Tamashiro	Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP	UEC
Tânia Regina dos Santos Silva	Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS	HUEFS