

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



MARTA REGINA ALMEIDA MUNIZ

Biomassa, aspectos nutricionais e anatômicos de indivíduos jovens de espécies arbóreas de Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida pelo(a) candidato (a) Marta Regina Almeida Muniz e aprovada pela Comissão Julgadora.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ricardo Ribeiro Rodrigues".

Tese apresentada ao Instituto de Biologia, para obtenção do título de Doutor em Biologia Vegetal

Orientador: Ricardo Ribeiro Rodrigues
Co-orientadora: Beatriz Appezzato-da-Glória

Campinas - SP
2010

UNIDADE BC CL
Nº CHAMADA
T/UNICAMP M925b
V _____
TOMBO BC/ 86744
PROC. 16.8.134.10
C _____
PREÇO 11.00
DATA 21.07.10
CÓD. TIT. 768837

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP

M925b

Muniz, Marta Regina Almeida

Biomassa, aspectos nutricionais e anatômicos de indivíduos jovens de espécies arbóreas de Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual / Marta Regina Almeida Muniz. – Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientadores: Ricardo Ribeiro Rodrigues, Beatriz Appezzato-da-Glória.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Cerradão. 2. Floresta estacional semidecidual. 3. Anatomia vegetal. 4. Plantas - Nutrição. 5. Biomassa vegetal. I. Rodrigues, Ricardo Ribeiro. II. Appezzato-da-Glória, Beatriz. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. IV. Título.

(rcdt/ib)

Data de defesa: 28/01/2010

Banca examinadora

Titulares:

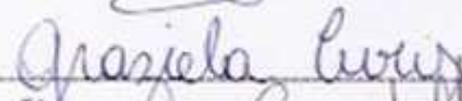
Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Rodrigues



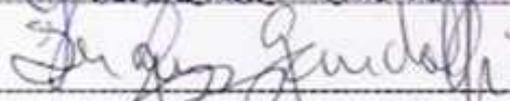
Prof. Dr. Mário Tomazello Filho



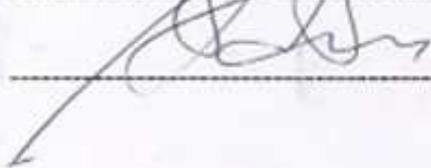
Dra. Graziela Cury



Prof. Dr. Sergius Gandolfi



Dr. Adônis Moreira



Suplentes:

Prof. Dr. Flavio Bertin Gandara



Profa. Dra. Luiza Sumiko kinoshita



Dr. Paulo César Botosso



Ao Ronaldo, dedico

Agradecimentos

Agradeço imensamente à minha família que representa a base da minha formação pessoal.

Aos meus queridos Ronaldão e Luiza, agradeço pelo incentivo profissional que sempre me deram.

Ao Curso de Pós-graduação em Biologia Vegetal do Instituto de Biologia da UNICAMP pela possibilidade de ter realizado o curso de doutorado.

Aos coordenadores dos Laboratórios de Ecologia e Restauração Florestal (LERF), Anatomia Vegetal e Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira da ESALQ/USP que possibilitaram a realização das etapas de preparo e análise dos dados do meu trabalho de doutorado.

Agradeço ao projeto Temático Biota FAPESP - Parcelas Permanentes (1999/09635-0) pela possibilidade de realização desse trabalho, que deu parte do suporte logístico para o desenvolvimento do trabalho em campo.

Agradeço ao CNPq e Capes pela bolsa concedida durante o período de doutorado.

Ao meu orientador Ricardo Ribeiro Rodrigues pela oportunidade de realização do doutorado.

A minha co-orientadora Beatriz Appezzato-da-Glória pela valiosa orientação e por ter aceitado realizar esse trabalho comigo.

Agradeço ao Prof. Dr. Mario Tomazelo Filho do Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP pela imensa ajuda durante a fase do trabalho de anatomia.

Agradeço a Prof. Dra. Lician Vaz de Arruda Silveira do Departamento de Estatística do Instituto de Biologia da Unesp-Botucatu pela imensa ajuda com as análises estatísticas.

Ao querido Francisco Carlos Antonioli do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP, pela amizade e colaboração no trabalho de campo.

Agradeço a querida Marli Kassue Soares do Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP, pela amizade e pelas inúmeras ajudas no laboratório.

À Bianca Minink Villa agradeço muito pela colaboração na fase de laboratório e pela sempre disposição em me ajudar no meu trabalho e pela nossa amizade construída e também agradeço a Larissa Fernanda Muniz pela ajuda durante as medições das fibras.

Agradeço a querida Maria Bermudez do Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, pela amizade e pelas valiosas ajudas no laboratório.

Ao Antônio Carlos Galvão de Melo e Edivaldo Furlan, da Floresta Estadual de Assis do Instituto Florestal, pela colaboração durante a coleta em campo.

Agradeço ao Allan, Nino, Leandro Batata, Pinus, Bianca, Eduardo, Ronaldo, Ricardinho e Pedro pela valiosa ajuda durante a fase de campo.

Aos membros da Pré Banca e Banca Examinadora, Graziela Cury, Sandra Maria Carmello-Guerreiro, Sergius Gandolfi, Mário Tomazello Filho, Adônis Moreira, Flávio B. Gandara e Luiza S. Kinoshita pela gentileza em participar da avaliação deste trabalho.

Agradeço à todos os meus verdadeiros amigos que eu amo tanto, pela ajuda nos momentos de estresse e pela imensa alegria de poder conviver com eles.

Ao meu querido e amado Rô, que sempre esteve ao meu lado, principalmente nos momentos mais difíceis.

Índice

Resumo.....	xiv
Abstract	xv
Introdução geral	1
Objetivo geral	5
Bibliografia citada	5
Capítulo 1: Biomassa e estado nutricional de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual do Oeste Paulista.....	10
1. <i>Introdução</i>	10
2. <i>Hipótese</i>	12
3. <i>Objetivo geral</i>	12
4. <i>Material e métodos</i>	12
4.1. <i>Escolha das espécies</i>	16
4.2. <i>Biomassa, estado nutricional e mensurações da parte aérea e sistema radicular</i>	16
5. <i>Resultados e discussão</i>	18
5.1. <i>Comunidades</i>	18
5.1.1. <i>Investimento em parte aérea e raízes: comparação entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão</i>	18
5.1.2. <i>Teores, quantidades e distribuição de macro e micronutrientes e alumínio em plantas jovens: comparação entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão</i>	24
5.2. <i>Espécies comuns</i>	42
5.2.1. <i>Investimento em parte aérea e raízes: comparação entre plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão</i>	42
5.2.2. <i>Teores, quantidades e distribuição de macro e micronutrientes e alumínio na planta: comparação entre plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão</i>	49
6. <i>Considerações gerais</i>	74
7. <i>Bibliografia citada</i>	75
Capítulo 2: Anatomia do xilema secundário de plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. (Sapindaceae) de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual do Oeste Paulista	80
1. <i>Introdução</i>	80
2. <i>Objetivo geral</i>	81
3. <i>Material e métodos</i>	81
3.1. <i>Coleta e preparo do material</i>	82
4. <i>Resultados e discussão</i>	86
5. <i>Considerações gerais</i>	100

6. Bibliografia citada.....	101
Considerações finais	107
ANEXO	108

Lista de tabelas

Tabela 1: Coordenadas geográficas e condições climáticas médias das localidades onde as áreas de estudo estão inseridas. FES = Estação Ecológica de Caetetus (Floresta Estacional Semidecidual), Ce = Estação Ecológica de Assis (Cerradão).	14
Tabela 2: Resultados da análise química dos solos (profundidade 0-25 cm) coletados nas Estações Ecológicas dos Caetetus (FES - Floresta Estacional Semidecidual) e de Assis (Ce - Cerradão). Letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas entre as duas áreas pelo teste t ($p < 0,05$).	15
Tabela 3: Comprimento médio da parte aérea (PA) e das raízes (R) e da razão PA/R de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	21
Tabela 4: Massa seca médio de folha, caule, raízes e total de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	21
Tabela 5: Teores dos macronutrientes na folhas, caule e raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	25
Tabela 6: Teores médios dos micronutrientes e de alumínio na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	27
Tabela 7: Razão entre as duas formações quanto às quantidades totais acumuladas de nutriente e de alumínio na planta e no solo.	41
Tabela 8: Comprimento médio da parte aérea e das raízes de plantas jovens de <i>Myrsine umbellata</i> Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	44
Tabela 9: Comprimento médio da parte aérea e das raízes de plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	44
Tabela 10: Massa seca médio da parte aérea (folha e caule) e das raízes de plantas jovens de <i>Myrsine umbellata</i> Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	45
Tabela 11: Massa seca médio da parte aérea (folha e caule) e das raízes de plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	45
Tabela 12: Teores de macro e micronutrientes e alumínio na parte aérea (folhas e caule) e nas raízes de plantas jovens de <i>Myrsine umbellata</i> Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	52
Tabela 13: Teores de macro e micronutrientes e alumínio na parte aérea (folhas e caule) e nas raízes de plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	57

Tabela 14: Características anatômicas do xilema secundário do caule de plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).....	94
Tabela 15: Características anatômicas do xilema secundário da porção não tuberizada das raízes de plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).....	95
Tabela 16: Características anatômicas do xilema secundário da porção tuberizada das raízes de plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).....	96
Tabela 17: Quantidade total acumulada de macronutrientes na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	108
Tabela 18: Quantidade total acumulada de micronutrientes e alumínio na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).....	108
Tabela 19: Valores médios do comprimento das raízes e da parte aérea, biomassa de folha, caule, raízes e total de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).....	109
Tabela 20: Valores médios dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas diferentes partes da planta de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	110
Tabela 21: Valores médios dos teores de cálcio, magnésio e enxofre nas diferentes partes da planta de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	111
Tabela 22: Valores médios dos teores de boro, zinco e manganês nas diferentes partes da planta de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).	112
Tabela 23: Valores médios dos teores de ferro, cobre e alumínio nas diferentes partes da planta de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).....	113
Tabela 24: Quantidades de macro e micronutrientes e alumínio na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de <i>Myrsine umbellata</i> procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).....	114
Tabela 25: Quantidades de macro e micronutrientes e alumínio na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).....	115

Lista de figuras

- Figura 01: Localização das quatro parcelas do Projeto “Parcelas Permanentes” no estado de São Paulo, no qual as parcelas de Floresta Estacional Semidecidual e de Cerradão estão em destaque. 13**
- Figura 2: Aspecto geral da parte aérea e das raízes das plantas jovens das espécies procedentes do Cerradão. A- *Copaifera langsdorffii*, B- *Cupania tenuivalvis*, C- *Machaerium acutifolium*, D- *Myrsine umbellata*, E- *Ocotea corymbosa*, F- *Protium heptaphyllum*, G- *Xylopiá aromática*. Barras = 20 cm..... 19**
- Figura 3: Aspecto geral da parte aérea e das raízes das plantas jovens das espécies procedentes da Floresta Estacional Semidecidual. A- *Aspidosperma polyneuron*, B- *Centrolobium tomentosum*, C- *Cupania tenuivalvis*, D- *Esenbeckia leiocarpa*, E- *Metrodorea nigra*, F- *Machaerium stipitatum*, G- *Myrsine umbellata*, H- *Trichillia claussoni*. Barras = 20cm..... 20**
- Figura 4: Razão entre o comprimento da parte aérea e das raízes e entre a massa seca da parte e o das raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal para cada variável seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade..... 22**
- Figura 5: Distribuição percentual da biomassa em parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. 23**
- Figura 6: Quantidade total acumulada dos macronutrientes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). 29**
- Figura 7: Quantidade total acumulada dos micronutrientes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). 30**
- Figura 8: Quantidade total acumulada de alumínio em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Letras indicam que as médias diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. 30**
- Figura 9: Percentual de cada nutriente em relação à quantidade total acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). A- macronutrientes e B- micronutrientes. 32**
- Figura 10: Distribuição percentual da quantidade total dos macronutrientes na parte aérea e raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. 33**
- Figura 11: Distribuição percentual da quantidade total dos micronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. 33**

Figura 12: Distribuição percentual da quantidade total dos macronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	35
Figura 13: Distribuição percentual da quantidade total dos micronutrientes e alumínio na parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.....	36
Figura 14: Distribuição da quantidade total de alumínio em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual. Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.....	38
Figura 15: Razões entre as quantidades totais de Ca, de bases (K, Ca e Mg) e de macronutrientes e a quantidade total de alumínio em plantas jovens de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Cerradão (Ce). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade... 	39
Figura 16: Coeficientes de utilização biológica (CUB) para os macros e micronutrientes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.....	40
Figura 17: Aspecto geral e detalhe das raízes das plantas jovens coletados das espécies comuns entre Cerradão (Ce) e em Floresta Estacional Semidecidual (FES). A e B- <i>Cupania tenuivalvis</i> - Ce; C e D- <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. - FES; E e F- <i>Myrsine umbellata</i> Mart. - Ce; G e H- <i>Myrsine umbellata</i> - FES. A, C, E e G – barra= 20cm B, D, F e H – barra=10cm.....	43
Figura 18: Razão entre parte aérea e raízes considerando comprimento (PA/R) e massa seca (PSPA/PSR) de plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	46
Figura 19: Distribuição percentual da biomassa em parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	48
Figura 20: Massa seca total das raízes, massa seca total das raízes finas e massa seca total de raízes tuberizadas de plantas jovens de <i>C. tenuivalvis</i> procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade... 	48
Figura 21: Quantidade total de N, P, K, Ca, Mg e S acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	59

Figura 22: Quantidade total de Mn, Fe Zn, B e Cu acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	60
Figura 23: Percentual de cada nutriente em relação a quantidade total acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). A- macronutrientes em <i>M. umbellata</i>; B- micronutrientes em <i>M. umbellata</i>; C- macronutrientes em <i>C. tenuivalvis</i> e D- micronutrientes em <i>C. tenuivalvis</i>.62	62
Figura 24: Quantidade total de alumínio acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	63
Figura 25: Distribuição percentual dos macronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de <i>Myrsine umbellata</i> Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	67
Figura 26: Distribuição percentual dos micronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de <i>Myrsine umbellata</i> Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.....	68
Figura 27: Distribuição percentual dos macronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	69
Figura 28: Distribuição percentual dos micronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.....	70
Figura 29: Coeficientes de utilização biológica (CUB) para os macronutrientes de plantas jovens de espécies comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	72
Figura 30: Coeficientes de utilização biológica (CUB) para os micronutrientes de plantas jovens de espécies comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	73
Figura 31: Esquema da retirada de amostras das plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> para a realização de estudo anatômico.	83
Figura 32: Aspecto geral das plantas jovens de <i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk. (A,C) e detalhe das raízes (B,D) coletados em Cerradão (A,B) e em Floresta Estacional Semidecidual (C,D).A e C – barra = 20cm B e D – barra =10cm	86

Figura 33: *Cupania tenuivalvis* Radlk. Cortes transversais (B,C), longitudinal radial (E) e elementos dissociados (A,D). A. Elementos de vaso com e sem apêndice (Ap) e placa de perfuração simples (setas). B. Vasos solitários (vs) e múltiplos (vm) no xilema secundário. C-E. Célula perfurada do raio (em destaque) na porção tuberizada da raiz de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk..... 88

Figura 34: Elementos dissociados (A-C), corte transversal (D) e longitudinal tangencial (E) do xilema secundário de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. A. Fibras libríformes com amido, sendo uma delas bifurcada (seta). B. Fibras com amido (fa) e fibras sem amido (fsa). C. Fibras septadas (fs). D. Raios unisseriados com conteúdo fenólico (seta). E. Cristais prismáticos no parênquima radial unisseriado..... 91

Figura 35: Grãos de amido evidenciados pelo teste com cloreto de zinco iodado em cortes transversais de caule (A-B), raiz porção não tuberizada (C-D) e tuberizada (E-F) de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (A,C,E) e de Floresta Estacional Semidecidual (B,D,F). 92

Resumo

Biomassa, estado nutricional e anatomia ecológica de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual do Oeste Paulista

O presente abordou aspectos da relação solo-planta, verificando o reflexo das condições físico-químicas e da disponibilidade hídrica do solo de áreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES), sobre a anatomia do xilema secundário, sobre aspectos morfológicos (comprimento e a biomassa de parte aérea e de raízes), e sobre o teor, a quantidade e a distribuição de nutrientes e alumínio em plantas jovens de espécies arbóreas. O objetivo geral foi comparar plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual quanto ao crescimento proporcional em parte aérea e raízes, a distribuição da biomassa, aos teores e conteúdo de nutrientes e de alumínio, e a organização do xilema secundário, a fim de elucidar se há diferenças entre essas formações. O trabalho foi desenvolvido em duas parcelas de 10 ha de Cerradão (Estação Ecológica de Assis; Assis, SP) e de Floresta Estacional Semidecidual (Estação Ecológica de Caetetus; Gália, SP) que são mantidas pelo projeto temático “Parcelas Permanentes”. Este trabalho foi dividido em dois capítulos: o primeiro relacionado a aspectos morfológicos, como comprimento total da parte aérea e raízes, biomassa, e teores, quantidades e distribuição de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Mn, Cu, Fe) e alumínio na planta. Para este estudo, foram escolhidas espécies abundantes e que representam aproximadamente 50% da comunidade arbórea adulta presentes em cada uma das parcelas. No total, foram escolhidas sete espécies de Ce e oito espécies de FES, sendo utilizadas para as análises, quinze plantas jovens de cada uma das espécies em cada uma das formações. Dentre as espécies escolhidas, duas são comuns entre Ce e FES. No segundo capítulo realizou-se uma abordagem anatômica, para o qual foram utilizadas plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk, que é uma espécie comum às duas formações, pertencente à família Sapindaceae e que possui tuberizações ao longo de suas raízes. Os resultados encontrados neste trabalho mostraram que as variáveis analisadas são definidas pelas características edáficas dessas duas formações. As maiores concentrações de nutrientes encontrados em plantas de FES estão relacionados à maior disponibilidade de nutrientes presentes no solo dessa formação. As diferenças entre o xilema secundário das plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. estão relacionadas à disponibilidade de água nas camadas superficiais dos solos dessas duas formações.

Abstract

Biomass, nutritional status and ecology anatomy of saplings of tree species from Savannah and Seasonal Semideciduous Forest of the West Paulista

This study investigated aspects of soil-plant relations, focusing on how physicochemical conditions and ground water availability in areas of Savannah (Sa) and Seasonal Semideciduous Forest (SSF) reflect on the anatomy of secondary xylem, on shoot and roots morphological characteristics such as length and biomass, and also on the percentage, quantity and distribution of nutrients and aluminum in wildlings of tree species. The overall objective was the comparison between saplings of tree species from Savannah and Seasonal Semideciduous Forest regarding the proportional investment in shoot vs roots, biomass distribution, percentage and content of nutrients and aluminum, and secondary xylem organization in order to elucidate whether there are significant differences between these vegetation formations. The study was conducted in two plots of 10 ha of Savannah (Assis Ecological Station, Assis, SP) and Seasonal Semideciduous Forest (Ecological Station Caetetus; Gália, SP) that are maintained by the project "Permanent Plots." This study is divided into two chapters. The first chapter focuses on aboveground and belowground morphology, total length and biomass, besides nutrients and aluminum percentages, amounts and distribution in the plant. For this study, we chose abundant species which represent approximately 50% of the adult tree community present in each of the plots. In total, seven species were chosen from Ce and eight species of FES, and used for analysis, fifteen saplings of each species in each of the formations. Among the species selected, two are common these two formations. In the second chapter held an anatomical approach, for which they were used of *Cupania tenuivalvis* Radlk, which is a species common to both two formations in the family Sapindaceae and has tuberous along their roots. The results of this study showed that the variables examined are defined by soil characteristics of these two formations. The highest concentrations of nutrients found in plants of FES are related to increased availability of nutrients in the soil of that training. The differences between the secondary xylem of saplings of *Cupania tenuivalvis* Radlk. are related to water availability in the surface layers of soils in these two formations.

Introdução geral

Dentre os biomas existentes no Brasil, com suas diversas fisionomias, ocorrem no estado de São Paulo o Cerrado e a Mata Atlântica. Do bioma Cerrado, ocorre desde o Cerrado *sensu stricto*, os Campos sujos até os Cerradões e do bioma Mata Atlântica, as Florestas Estacionais Semidecíduais e Floresta Ombrófila Densa dentre outras fisionomias, conferindo uma grande diversidade vegetal ao estado (IBGE, 1992).

Cada uma dessas fisionomias apresenta características particulares tanto na composição florística quanto estrutural e de funcionamento. O presente estudo dará ênfase às formações Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão.

As Florestas Estacionais Semidecíduais possuem um dossel que pode chegar a 25m de altura, tendo indivíduos emergentes a esse limite e, parte dos seus indivíduos arbóreos apresenta deciduidade na época mais seca do ano, o inverno (IBGE 1992). O Cerradão tem aspecto também florestal, com um dossel alcançando até 15m de altura (Coutinho, 1978 e Rizzini, 1997).

A correlação entre a vegetação e as características físicas e químicas do solo já foi demonstrada em estudos realizados por Ratter, (1971); Ratter et al., (1973), Ratter et al., (1977), Ratter et al., (1978), Goodland & Ferri, (1979), Botrel, et al. (2002), Ruggiero et al., (2002), Haridasan & Araújo, (2005), Budck et al., (2007), Ferreira et al., (2007), Camargos et al., (2008).

Florestas Estacionais Semidecíduais estão, geralmente, relacionadas a solos mais férteis, como os Argissolos (Oliveira-Filho et al., 1994; Moreno & Schiavini 2001), enquanto nas áreas de Cerrado os tipos de solos predominantes são Latossolos bem drenados (Reatto & Martins, 2005), de baixa disponibilidade de nutrientes, ácidos e com altos níveis de alumínio trocável (Malavolta & Kliemann, 1985).

Nas formações de Cerradão, os componentes da flora apresentam características morfológicas como, folhas com textura coriáceas ou cartáceas e seus caules suberificados e espessados (Warming, 1892; Warming, 1908; Goodland & Ferri, 1979; Fernandes & Bezerra, 1990). Tais características, outrora eram entendidas por estudiosos da época, como Warming (1892 e 1908) como características xéricas, ou seja, relacionadas às condições de seca do solo em determinada época do ano (Goodland & Ferri, 1979). Porém, Arens (1958) ao comparar a vegetação do Cerrado e da Caatinga, verificou que apenas na Caatinga as folhas apresentavam

murcha nas horas mais quentes do dia e, a partir dessas observações, propôs a teoria de “escleromorfismo oligotrófico”. Essa teoria consiste essencialmente em afirmar que se as plantas do Cerrado dispõem de luz, ar e água em abundância, naturalmente elas poderiam produzir carboidratos e lipídeos, no entanto, o fator limitante para a síntese de proteínas seria a baixa disponibilidade de nutrientes nesses solos e, portanto, essas plantas apresentariam um crescimento comprometido, ficando com a aparência raquítica.

Sendo assim, o desenvolvimento peculiar das plantas do cerrado (Warming, 1892; Warming, 1908, Goodland & Ferri, 1979) é reflexo da baixa disponibilidade de nutrientes somada à acidez e aos altos teores trocáveis de alumínio e manganês, e ao baixo conteúdo de matéria orgânica e fósforo disponível. Além disso, também pode ocorrer acúmulo de ferro disponível devido às condições de baixo pH (Goodland, 1971). A baixa disponibilidade de nutrientes é resultado da intensa dessilificação e lixiviação dos nutrientes, e também acompanhada pela remoção dos minerais primários (Malavolta & Kliemann, 1985).

Segundo Malavolta & Kliemann (1985), a limitação para o desenvolvimento das plantas no Cerrado, considerando culturas agrícolas, segue a seguinte ordem: acidez > deficiência de P > deficiência de S ou K > deficiência de Zn > deficiência de B > deficiência de Cu. Além da restrição ao crescimento, algumas dessas deficiências podem alterar a forma das árvores. Por exemplo, a deficiência de boro e Zn provoca a perda da dominância apical nas plantas, tornando-as bifurcadas, retorcidas e com entrenós mais curtos segundo Malavolta & Kliemann, 1985. Porém, a toxicidade de Al, Fe e Mn que ocorre em plantas cultivadas pode não ser verificada para espécies nativas dessas formações, uma vez que elas são adaptadas a esses ambientes sem prejuízo ao seu crescimento e produção (Haridasan & Araújo, 2005).

As características físico-químicas têm sido abordadas também como parcialmente determinantes na densidade, dominância relativa e distribuição das espécies dentro da floresta, onde mesmo dentro de um único tipo vegetacional, a distribuição e abundância das espécies estão relacionadas com as características tanto químicas quanto físicas do solo (Ratter et al., 1978; Botrel et al., 2002; Ruggiero et al., 2002; Budck et al., 2007; Ferreira et al., 2007; Camargos et al., 2008).

Em Cerradão, por exemplo, de acordo com a disponibilidade de nutrientes do solo, pode ser classificado como Cerradão Distrófico (solos pobres em nutrientes e com maior saturação por Al) ou Cerradão Mesotrófico (solos mais ricos em nutrientes, com alto teor de Ca trocável e menor saturação por Al), cada qual possuindo espécies características adaptadas a esses ambientes (Ratter, 1971; Ratter et al., 1973; Ratter et al., 1977; Ratter et al., 1978; Goodland & Ferri, 1979; Ribeiro & Haridasan, 1990; Oliveira-Filho & Ratter, 1995).

A baixa disponibilidade de nutrientes e água dos solos de Cerrado quando comparado aos de florestas, pode estar refletida, por exemplo, no investimento radicular das plantas, seja em biomassa ou em comprimento. Vários autores comentam que as plantas do Cerrado tendem a apresentar raízes mais profundas quando comparadas com as de outras formações florestais (Rizzini & Heringer 1962; Poggiani, 1974; Coutinho 2002; Franco 2002; Hoffman & Franco 2003) e que a partição da biomassa é uma das diferenças nítidas entre os grupos de espécies de Cerrado e de floresta, uma vez que uma das características marcantes da vegetação do Cerrado é a alta proporção de biomassa subterrânea em relação à biomassa aérea (Haridasan 2000; Hoffmann, 2005). Raízes mais profundas podem alcançar a água nas camadas mais profundas do solo (Franco, 2002; Hoffman & Franco, 2003) e um maior investimento em biomassa radicular significa mais reserva para o rebrotamento, inclusive radicular (Hoffman 2005) conferindo assim uma forma de adaptação dessas plantas ao ambiente de Cerrado (Paviani & Haridasan, 1988).

Além do sistema subterrâneo, as folhas também podem servir como parâmetro para comparar espécies do Cerrado e de mata. Características marcantes como epiderme protegida por cutícula espessa, estômatos abrigados em criptas, ocorrência abundante de tricomas em uma ou ambas as faces epidérmicas, grande abundância de esclerênquima, parênquima incolor e hipoderme, maior succulência do limbo foliar, menor área foliar foram atribuídas às espécies do Cerrado quando comparadas com espécies de mata (Ferri, 1944; Morretes & Ferri, 1959; Mauro et al., 2007; Oliveira et al., 2007, Scarpa, 2007).

Os estudos de anatomia ecológica são importantes no entendimento da forma como as plantas respondem anatomicamente às características do ambiente em que elas estão vivendo.

As inter-relações entre estrutura anatômica e os parâmetros climáticos têm sido discutidas na literatura (Baas & Carlquist 1985; Barajas-Morales 1985; Gomes & Muñiz 1986; Mattos Filho 1971 e 1989; Alves & Angyalossy-Alfonso 2001, Marcati et al., 2001; Lima et al., 2009), sendo Baas & Carlquist (1985) e Carlquist & Hoekman (1985) os pioneiros a tratar de anatomia ecológica e no Brasil, foi Mina-Rodrigues (1986) a primeira pesquisadora a comparar Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado quanto à morfo-anatomia.

Além das características foliares, a maior ou menor disponibilidade de água no solo também é refletida no xilema, uma vez que esse tecido é responsável pelo transporte de água e solutos à longa distância e armazenamento de nutrientes (Costa et al., 2006). Os estudos pioneiros já relacionavam parâmetros como diâmetro, comprimento, frequência dos elementos de vaso, comprimento de fibras, espessura da parede das fibras, altura e largura de raios com fatores ambientais (Bass et al., 1983; Carlquist & Hoekman, 1985; Bass & Carlquist, 1985;

Barajas-Morales, 1985; Bass & Schweingruber, 1987). Ceccantini (1996) constatou ainda que o diâmetro, o comprimento e a frequência dos elementos de vaso são mais sensíveis às variações ambientais. Esses estudos demonstram que em ambientes mais secos, ocorre uma maior frequência de elementos de vaso de menor diâmetro quando comparados com ambientes sem restrições de água (Outer & Veenendaal, 1976; Bass & Carlquist, 1985; Lindorf, 1944). E em estudos mais recentes também foram encontrados diâmetros menores dos elementos de vaso em indivíduos procedentes de ambientes com restrição de água (Lucchi, 2004; Lima et al., 2009).

Apesar da teoria de “escleromorfismo oligotrófico” afirmar que existe água em abundância nos solos de Cerrado, na verdade a água em abundância ocorre nas camadas mais profundas (Schubart & Rawitscher, 1950), fazendo com que as plantas adultas não sofram de falta de água durante os meses mais secos do ano. Porém, as camadas mais superficiais do solo do Cerrado apresentam baixa disponibilidade de água no período mais seco do ano, sendo que a presença de água nessa camada está intimamente relacionada ao evento chuvoso, e uma vez cessando a chuva, essa camada retorna rapidamente ao seu estado original de baixa umidade (Juhász, et al., 2006). Sendo assim, a escassez de água na camada mais superficial do solo em determinadas épocas do ano pode significar uma barreira a ser vencida principalmente pelas plantas jovens que ainda não possuem raízes tão desenvolvidas em profundidade e quantidade.

A questão levantada pelo presente estudo diz respeito às estratégias de sobrevivência de plantas jovens de espécies do Cerradão em condição de baixa disponibilidade de água e nutrientes, elevada acidez e alta saturação por alumínio, quando comparadas às espécies de Floresta Estacional Semidecidual, cujo solo possui maior disponibilidade de água e nutrientes, menor acidez e baixa saturação por alumínio.

Sendo assim, qual seria o reflexo das condições físico-químicas e da disponibilidade de água do solo em áreas de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual sobre a anatomia do xilema secundário, sobre os aspectos morfológicos como o comprimento e a biomassa de parte aérea e de raízes e sobre o teor, a quantidade e a distribuição de nutrientes e alumínio em plantas jovens de espécies arbóreas?

Objetivo geral

Comparar plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual quanto ao crescimento proporcional em parte aérea e raízes, a distribuição da biomassa, aos teores e conteúdo de nutrientes e de alumínio, e a organização do xilema secundário a fim de elucidar se há diferenças significativas entre essas formações.

Bibliografia citada

- Alves, E. S. & Angyalossy-Alfonso, V. 2001. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. **Growth rings and vessels**. *IAWA Journal* 21:31-40.
- Arens K. 1958. O cerrado como vegetação oligotrófica. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**. 224 Botânica (15):59-77.
- Barajas-Morales, J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. **IAWA Bulletin** (6):355-364.
- Bass, P. & Carlquist, S 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. **IAWA Bulletin**, (6):349-353.
- Bass, P. & Schweingruber, F.H. 1987. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin**, (8):245-274.
- Bass, P.; Wheeler, E.; Fahn, A. 1983. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin**, (4):141-159.
- Botrel, R.T.; Oliveira Filho, A.T.; Rodrigues, L.A.; 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 Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, Brasil, 25(2):195-213.
- Budck, J.C.; Jarenkow, J.A., Oliveira-Filho, A.T. 2007. Relationships between tree component structure topography and soils of a riverside forest, Rio Botucaraí, southern Brazil. **Plant Ecology**. 189:187-200.
- Camargos, V.L.; Silva, A.F; Meira Neto, J.A.A, Martins, S.V. 2008. Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecídua no entorno da Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. 22(1):75-84.
- Carlquist, S. & Hoekman, D.A. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern californian flora. **IAWA Bulletin**, (6):319-347.

- Ceccantini, G. 1996. **Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata: *Casearia sylvestris* Sw. e *Machaerium villosum* Vog.** Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Costa, C.G.; Callado, C.H.; Coradin, V.T.R.; Carmello-Guerreiro, S.M. 2006. **Xilema.** In: Appezato-da-Glória, B. & Carmello-Guerreiro, S.M. (eds). Anatomia Vegetal, 2a edição, Viçosa, Editora UFV. 2006.
- Coutinho, L. M. 1978. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, 1: 17-23.
- Coutinho, L.M. 2002. O **Bioma Cerrado.** In: Klein (org.) **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois.** P.77-91.
- Fernandes, A. & Bezerra, P. 1990. **Estudo fitogeográfico do Brasil.** Stylos Comunicações, Fortaleza.
- Ferreira, I.C.M; Coelho, R.M.; Torres, R.B., Bernacci, L.C. 2007. Solos e vegetação nativa remanescente no município de Campinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.2, n.9, p1319-1327.
- Ferri, M.G. 1944. Transpiração das plantas permanentes dos cerrados. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.** Botânica (4):155-224.
- Franco, A. C. 2002. **Ecophysiology of woody plants.** In: P. S. Oliveira & R. J. Marquis. (Eds.). The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a neo tropical savanna. pp. 178-197. Columbia University Press, Irvington, USA.
- Gomes, A. V. & Muñiz, G. I. B. 1986. **Wood structure and ultrastructure of *Prosopis caldenia*, *P. Chilensis* and *P. Juliflora* and influence of ecological factors.** In: II Internacional Conference on Prosopis. FAO, Recife, p.195-216.
- Goodland, R. J. & Ferri, M.G. 1979. **Relações planta-solo.** In: Ecologia do Cerrado (R. Goodland & M.G. Ferri, eds.). EDUSP, São Paulo, p.146-157.
- Goodland, R. J. 1971. **Oligotrofismo e alumínio no Cerrado.** In: III Simpósio sobre o Cerrado (ed. By M. G. Ferri), pp 44-60. Editora da Universidade de São Paulo.
- Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, (12): 54-64.
- Haridasan, M. & Araújo, G.M. 2005. Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, 28(2):295-303.
- Hoffmann, W. A. & Franco, A. C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, 91: 475-484.
- Hoffmann, W.A. 2005. **Ecologia comparativa de espécies lenhosas de cerrado e de mata.** In: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C & Felfili, J.M. (org.) Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2005. p.156-165.

- IBGE. 1992. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 92p. (Séries Manuais Técnicos em Geociências, 1).
- Juhász, C. E. P.; Cursi, P. R.; Cooper, M.; Oliveira, T. C.; Rodrigues, R. R. 2006. Dinâmica Físico-hídrica de uma toposequência de solos sob Savana Florestada (Cerradão) em Assis, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, (30): 401-412.
- Lima, R.S.; Oliveira, P.L.; Rodrigues, L.R. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrentes em dois ambientes. 2009. **Revista Brasileira de Botânica**, v.32, (2):361-374.
- Lindorf, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. **IAWA Journal**, (15): 363-376.
- Luchi, A. E. 2004. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, 27:271-280.
- Malavolta, E.; Kliemann, H.J. 1985. **Desordens nutricionais do cerrado**. Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 136p.
- Marcati, C. M.; Angyalossy, V.; Benetati, L. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, Brasil, v. 24, n. 3, p. 311-320.
- Mattos Filho, A. 1971. Estudo comparativo entre duas espécies de Leguminosae latescentes do cerrado e da caatinga. **Rodriguesia**, 38:9-33.
- Mattos Filho, A. 1989. Estudo morfológico da madeira do par de espécies vicariantes de *Pithecellobium anajuliae* Riz. e *Pithecellobium tortum* Mart. (Leguminosae-Mimosoideae). **Revista Brasileira de Biologia**, 48:143-154.
- Mauro, C.; Pereira, A. M. S.; Silva, C. P.; Missima, J.; Ohnuki, T.; Rinaldi, R. B. 2007. Estudo anatômico das espécies de cerrado *Anemopaegma arvense* (Vell.) Steff. ex de Souza (catuaba), *Zeyheria montana* Mart. (bolsa-de-pastor) e *Jacaranda decurrens* Chamisso (caroba) – Bignoniaceae. **Revista Brasileira Farmacognosia**, João Pessoa. 17(2) 262-265.
- Mina-Rodrigues, E.M.C. 1986. Estudo morfo-anatômico dos órgãos vegetativos de *Pera glabrata* Baill. (Euphorbiaceae), em material procedente de mata mesófila semidecídua e de cerrado. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Moreno, M.I.C. & Schiavini, I. 2001. Relação entre a vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, 24(4) (suplemento):537-544.
- Morretes, B. L. & Ferri, M. G. 1959. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do cerrado. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, 243 – Botânica n.16: 7-70.
- Oliveira, A.L.S.; Elias, S.R.M.; Figueiredo, A.D.L. 2007. Anatomia foliar em plantas adultas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Mimosaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl.1, p.321-323.

- Oliveira-Filho, A.T & Ratter, J.A. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinburgh Journal of Botany*, (52):141-194).
- Oliveira-Filho, A.T.; Vilela, E.A.; Gavilanes, J.M.; Carvalho, D.A. 1994. Comparison of the woody flora and soils of six areas of montane semideciduous forest in southern Minas Gerais, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, (51):355-389.
- Outer, R.W. den; Veenedaal, W.L.H. 1976. **Variation in wood anatomy of species with a distribution covering both rain forest and savanna areas of the Ivory Coast, West-Africa**. Leiden In: Wood structure in biological and technological research (P. Bass., A.J. Bolton & D.M. Catling, eds.) Leiden Botanical Series, n.3, Leiden University Press, Leiden, p.182-195.
- Paviani, T. I. & Haridasan, M. 1988. Tuberosidade em *Vochysia thyrsoidea* Pohl (Vochysiaceae). **Ciência e Cultura**, São Paulo, 40(10):998-1003.
- Pogianni, F. 1974. Efeito de alguns nutrientes sobre o crescimento inicial de duas espécies arbóreas do cerrado. **IPEF**, (8):3-12.
- Ratter, J. A. 1971. Some notes on two types of cerradão occurring in northeastern Mato Grosso. Pp.110-112. In: M. G. Ferri (ed.). III Simpósio Sobre o Cerrado. São Paulo, EDUSP/Edgard Blücher.
- Ratter, J. A.; Richards, P. W.; Argent, G. & Gifford, D. R. 1973. Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso I. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* (266):449-492.
- Ratter, J. A.; Askew, G. P.; Montgomery, R. F. & Gifford, D. R. 1977. **Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos no Brasil central**. Pp.303-316. In: M.G. Ferri (ed.). IV Simpósio sobre o Cerrado: Bases para a Utilização Agropecuária. São Paulo, EDUSP.
- Ratter, J.A.; Richards, P.W.; Argent, G.; Gifford, D.R. 1978. Observations on the forests of some mesotrophic soils in central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. Brasil, (1):47-58.
- Reatto, A.; Martins, E.S. **Classes de solos em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado**. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J.C.; FELFINI, J.M. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. 1.ed. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p.47-59.
- Ribeiro, J.F. & Haridasan, M. 1990. **Comparação fitossociológica de um cerrado denso e um cerradão em solos distróficos no Distrito Federal**. In: Congresso Nacional de Botânica, 35., 1984, Manaus. Anais...Brasília DF, Sociedade Botânica do Brasil, p.342-353.
- Rizzini, C. T. 1997. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Âmbito Cultural Edições LTDA, Rio de Janeiro.
- Rizzini, C.T. & Heringer, E. P. 1962. Studies on the underground organs of trees and shrubs from some southern Brazilian savannas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 34(2):235-47.

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.

Scarpa, F.M. 2007. **Estudo comparativo do crescimento de plântulas e de atributos foliares em espécies de Cerrado e da Mata Atlântica**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas. 166p.

Schubart, O. & Rawitscher, F.K. 1950. Notas sobre o movimento de água subterrânea de Emas. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP** 109. Botânica (8):69-73.

Warming, E. 1892. **Lagoa Santa, contribuição para a geografia fitobiológica**. pp. 1-284. In E. Warming & M.G. Ferri (eds.). 1973. Lagoa Santa e a vegetação dos cerrados brasileiros. Itatiaia, Belo Horizonte.

Warming, E. 1908. **Lagoa Santa: contribuição para a geographia phytobiológica**. Belo Horizonte.

Capítulo 1: Biomassa e estado nutricional de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual do Oeste Paulista

1. Introdução

A correlação entre a vegetação e as características físicas e químicas do solo já foi demonstrada por vários estudos (Ratter, 1971; Ratter et al., 1973; Ratter et al., 1977; Ratter et al., 1978; Goodland & Ferri, 1979; Botrel, et al. 2002; Ruggiero et al., 2002; Haridasan & Araújo, 2005; Budck et al., 2007; Ferreira et al., 2007; Camargos et al., 2008), sendo as Florestas Estacionais Semidecíduais, geralmente, associadas a solos mais férteis, como por exemplo, os Argissolos (Oliveira-Filho et al., 1994; Moreno & Schiavini 2001), enquanto nas áreas de Cerrado os tipos de solos predominantes são Latossolos bem drenados (Reatto & Martins, 2005), de baixa disponibilidade de nutrientes, ácidos e com altos níveis de alumínio trocável (Malavolta & Kliemann, 1985).

O reflexo da baixa disponibilidade de nutrientes dos solos do Cerrado é percebido pelas baixas concentrações de nutrientes nas folhas das espécies nativas, sendo que onde ocorre uma maior disponibilidade de nutrientes, normalmente há maior concentração de nutrientes nas folhas (Haridasan, 1987 e 1992; Araújo & Haridasan, 1988). As características edáficas refletem na composição florística, densidade e dominância relativa das espécies. Existem espécies que ocorrem somente em solos ácidos, outras, porém, estão restritas aos solos calcários e outros indiferentes quanto à disponibilidade de nutrientes do solo (Ratter et al., 1977, 1978). A melhor maneira, entretanto, para demonstrar a baixa disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas do Cerrado seria através de uma comparação de sua biomassa e estoque de nutrientes com outros ecossistemas nativos (Haridasan 2000).

A baixa disponibilidade de nutrientes e água dos solos do Cerrado quando comparado aos de florestas, pode estar refletida, por exemplo, no investimento radicular das plantas, seja em biomassa, comprimento, ou na razão parte aérea/raízes. Vários autores comentam que as plantas do Cerrado tendem a apresentar raízes mais profundas quando comparadas com as de outras formações florestais (Rizzini & Heringer 1962; Poggiani, 1974; Coutinho 2002; Franco 2002; Hoffman & Franco 2003) e que a partição da biomassa é uma das diferenças nítidas entre os grupos de espécies do Cerrado e de floresta, uma vez que uma das características marcantes da vegetação do Cerrado é a alta proporção de biomassa subterrânea em relação à

biomassa aérea (Haridasan 2000; Hoffmann, 2005). Raízes mais profundas podem alcançar a água nas camadas mais profundas do solo (Franco 2002; Hoffman & Franco 2003) e uma maior quantidade em biomassa radicular significa maior reserva em carboidratos para a rebrota, (Hoffman 2005), por exemplo, conferindo assim uma forma de adaptação dessas plantas ao ambiente de Cerrado (Paviani & Haridasan, 1988).

As camadas mais superficiais do solo de Cerradão apresentam baixa disponibilidade de água, apresentando picos de umidade intimamente relacionados ao evento chuvoso, e uma vez cessando a chuva, essa camada retorna rapidamente ao seu estado original de umidade (Juhász, et al., 2006). Sendo assim, a escassez de água na camada mais superficial do solo pode significar uma barreira a ser vencida principalmente pelas plantas jovens que ainda não possuem sistema radicular bem desenvolvido em profundidade e quantidade.

A questão levantada pelo presente estudo diz respeito às estratégias de sobrevivência de plantas jovens de espécies do Cerradão em condição de baixa disponibilidade de água e nutrientes, elevada acidez e alta saturação por alumínio, quando comparadas às espécies de Floresta Estacional Semidecidual, cujo solo possui maior disponibilidade de água e nutrientes, menor acidez e baixa saturação por alumínio.

Sendo assim, qual é o reflexo das condições físico-químicas e disponibilidade de água do solo de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual sobre os aspectos morfológicos como o comprimento e a biomassa de parte aérea e raízes de plantas jovens de espécies arbóreas? E também sobre o teor, a quantidade e a distribuição de nutrientes e alumínio em plantas jovens de espécies arbóreas?

2. Hipótese

As hipóteses testadas foram: *a)* as plantas jovens de espécies arbóreas do Cerradão apresentam maior investimento em comprimento e biomassa de raízes quando comparados às plantas jovens de espécies de Floresta Estacional Semidecidual e *b)* as plantas jovens de espécies arbóreas de Floresta Estacional Semidecidual apresentam maior teor e conteúdo de nutrientes e menor teor e conteúdo de alumínio na folha, caule e raízes em relação aos das espécies do Cerradão em função das diferentes condições nutricionais e de disponibilidade de alumínio do solo dessas formações e *c)* as plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual seguem o mesmo comportamento em relação as variáveis de investimento em comprimento e biomassa de raízes, teor e conteúdo de nutrientes e teor e conteúdo de alumínio na folha, caule e raízes encontrados para comunidade de uma forma geral.

3. Objetivo geral

O objetivo geral do estudo foi comparar plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual quanto ao investimento proporcional em parte aérea e raízes, quanto à distribuição da biomassa e quanto aos teores e conteúdo de nutrientes e de alumínio, a fim de verificar se essas variáveis são definidas pelas características desses ambientes.

4. Material e métodos

O estudo foi realizado com plantas jovens de espécies arbóreas de duas fisionomias florestais distintas: Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).

A coleta do material foi feita em florestas da Estação Ecológica dos Caetetus (EEC), em Gália, SP (FES) e da Estação Ecológica de Assis (EEA), Assis, SP (Ce) nos arredores de duas das quatro parcelas permanentes do projeto temático “Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes” (BIOTA/FAPESP – 1999/09635-0) – “Parcelas Permanentes” (Figura 01).

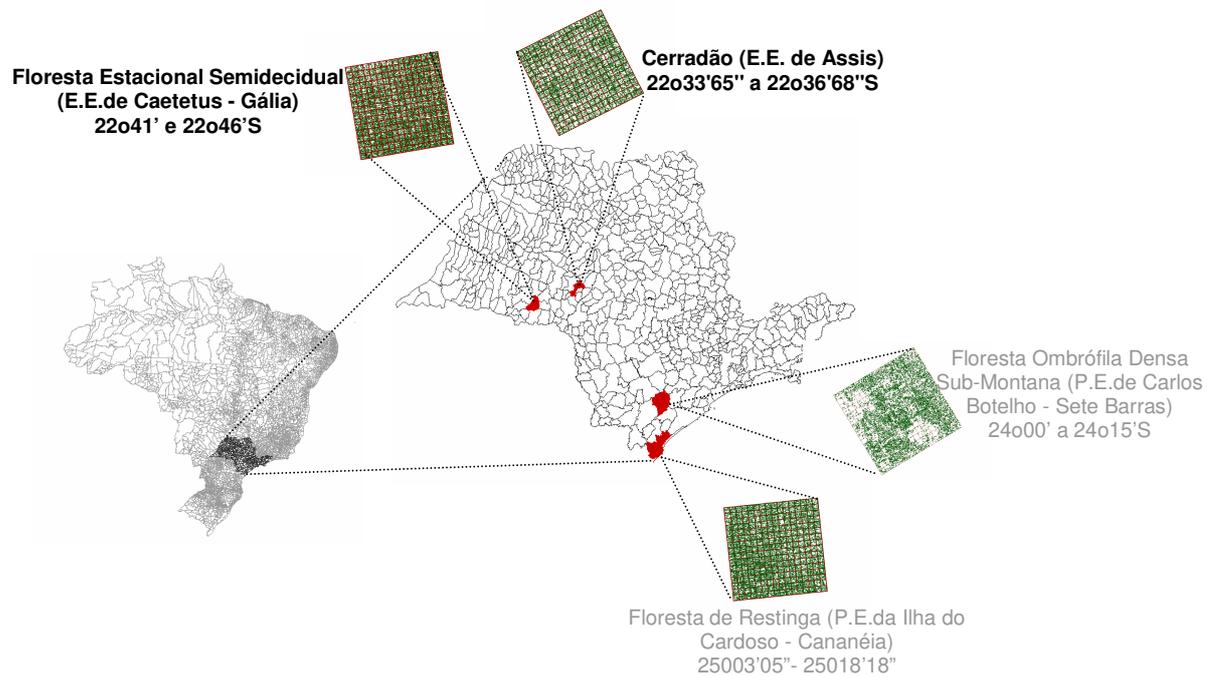


Figura 01: Localização das quatro parcelas do Projeto “Parcelas Permanentes” no estado de São Paulo, no qual as parcelas de Floresta Estacional Semidecidual e de Cerradão estão em destaque.

A Estação Ecológica de Assis localiza-se entre as coordenadas geográficas 22°33'65" a 22°36'68" S e 50°23'00" a 50°22'29" W e entre as altitudes de 520 e 590m, sendo o tipo climático da região definido como megatérmico, tropical com estação seca no inverno (Aw), segundo a classificação de Köppen, e com precipitação média anual em torno de 1.255 mm, e sua vegetação enquadra-se no conceito de cerrado "*sensu lato*", sendo a forma *cerradão* a fisionomia predominante.

Já a Estação Ecológica dos Caetetus localiza-se entre as coordenadas geográficas: 22° 41' a 22° 46' S e 49° 10' e 49° 16' W, abrangendo os municípios de Gália e Alvilândia, SP com tipo climático Mesotérmico, Sub-Tropical, com estação seca no inverno (Cwa), segundo a classificação de Köppen, e com precipitação média anual também em torno de 1.303 mm.

Na Tabela 1 são apresentadas as coordenadas geográficas e as principais características climáticas médias das duas localidades estudadas (Fonte: BiotaFAPESP-1999/09635-0, 2005).

Os principais tipos de solo do trecho onde está alocada a parcela permanente da EEA (Cerradão) são Latossolos e na parte mais baixa da parcela ocorre Gleissolos. Na parcela permanente da EEC (Floresta Estacional Semidecidual), os tipos de solo que predominam nas partes mais altas são os Argissolos Vermelho-Amarelos e nas partes mais baixas os Gleissolos Háplicos (BiotaFAPESP-1999/09635-0, 2005). Os solos da Floresta Estacional Semidecidual

apresentam maiores teores de matéria orgânica, de bases, fósforo, Zn e Mn, maior valor de pH e menor teor de alumínio trocável que os solos de Cerradão, conforme apresentado na tabela 2 (BiotaFAPESP-1999/09635-0, 2005).

Tabela 1: Coordenadas geográficas e condições climáticas médias das localidades onde as áreas de estudo estão inseridas. FES = Estação Ecológica de Caetetus (Floresta Estacional Semidecidual), Ce = Estação Ecológica de Assis (Cerradão).

Local	Lat.S	Lon.W	Alt.	Tmed	Tmax	Tmin	Prec	ETP	DEF	EXC	N	n	Fonte	
	Graus		m	°C				mm			h			
FES	Gália	22,30	49,55	522	21,4	30,6	9,0	1.303	1034	10	278	10,7/13,3	7,1	IAC
Ce	Assis	22,41	50,58	505	22,4	30,2	10,9	1.255	1109	20	165	10,7/13,3	6,3	DAEE

Lat. = latitude, Lon = longitude, Alt. = altitude, Tmed = temperatura média anual, Tmax = temperatura máxima média do mês mais quente, Tmin = temperatura mínima média do mês mais frio, Prec = precipitação pluviométrica, ETP = evapotranspiração potencial, DEF = deficiência hídrica anual, EXC = excedente hídrico anual, N = fotoperíodo, n = insolação.
 Fonte: BiotaFAPESP-1999/09635-0, 2005

Tabela 2: Resultados da análise química dos solos (profundidade 0-25 cm) coletados nas Estações Ecológicas dos Caetetus (FES - Floresta Estacional Semidecidual) e de Assis (Ce - Cerradão). Letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas entre as duas áreas pelo teste t ($p < 0,05$).

Formação	pH		MO	P	Na	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	SO4	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	H ₂ O	KCl	g.dm ⁻³	mgkg ⁻¹	mmolc.dm ⁻³								%	mg.dm ⁻³						
Ce	4,50 b	3,82 b	27,04 b	5,20 b	0,37 b	0,33 b	2,63 b	2,20 b	49,38 a	11,19 a	6,54 b	55,92 b	11,17 b	65,73 a	9,67 a	0,65 a	103,17 a	0,27 b	2,28 b	0,43 a
FES	5,98 a	5,58 a	38,96 a	15,08 a	0,45 a	4,38 a	87,52 a	15,77 a	20,22 b	1,29 b	108,12 a	128,34 a	79,36 a	1,22 b	12,83 a	0,48 a	72,67 a	1,45 a	21,25 a	0,42 a

Fonte: modificado de BiotafAPESP-1999/09635-0, 2005 e também de dados não publicados de Viani, R.

4.1. Escolha das espécies

A escolha das espécies foi baseada nos resultados de estudos fitossociológicos já realizados nas parcelas permanentes (BiotaFAPESP-1999/09635-0, 2002).

Como critério de escolha das espécies usou-se o parâmetro de abundância das espécies na parcela permanente, sendo que para cada formação foram escolhidas espécies que representam aproximadamente 50% da comunidade arbórea adulta.

Do Cerradão foram escolhidas as seguintes espécies: *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., *Machaerium acutifolium* Vogel, *Copaifera langsdorffii* Desf., *Ocotea corymbosa* (Meisn.) Mez, *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Cupania tenuivalvis* Radlk. e *Myrsine umbellata* Mart. E da Floresta Estacional Semidecidual as seguintes espécies foram escolhidas: *Metrodorea nigra* A. St.-Hil., *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg., *Esenbeckia leiocarpa* Engl., *Centrolobium tomentosum* Guillemain ex Benth., *Trichilia clausenii* C. DC., *Machaerium stipitatum* (DC.) Vogel, *Cupania tenuivalvis* Radlk. e *Myrsine umbellata* Mart.

Os resultados do estudo fitossociológico do projeto Biota Parcelas Permanentes indicam que dentre as 118 espécies encontradas na parcela do Cerradão, as espécies escolhidas para o presente estudo representam aproximadamente 50% da comunidade arbórea adulta da parcela (BiotaFAPESP-1999/09635-0, 2002) e das 162 espécies encontradas na parcela da Floresta Estacional Semidecidual do projeto Biota Parcelas Permanentes, as espécies escolhidas para esse estudo representam aproximadamente 50% da comunidade arbórea adulta da parcela (BiotaFAPESP-1999/09635-0, 2002).

Para o estudo comparativo entre Ce e FES usando espécies comuns a essas duas formações, foram escolhidas duas espécies, a *Cupania tenuivalvis* Radlk. e a *Myrsine umbellata* Mart.

4.2. Biomassa, estado nutricional e mensurações da parte aérea e sistema radicular

Para essas análises foram coletados 15 plantas jovens de cada uma das espécies. Essas plantas foram separadas em três repetições por espécie, sendo que cada uma das repetições foi composta por cinco plantas. Essa medida foi tomada para garantir a massa seca mínima por repetição de modo que se conseguisse realizar as análises químicas das diferentes partes da planta.

Foi realizada a mensuração do comprimento da parte aérea e do sistema radicular de todas as plantas coletadas e posteriormente essas plantas foram separadas em raízes, caule e folhas. Esse material foi mantido em estufa a 70 °C por 48 horas para secar. Em seguida foi obtida a massa seca desse material. Posteriormente, o material seco foi moído e submetido às digestões nitroperclórica e sulfúrica para obtenção dos extratos, visando à determinação dos macro (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (boro, zinco, Cu, Fe e Mn), conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). A determinação do fósforo (P) foi realizada pelo método de colorimetria de molibdato-vanadato; o potássio (K) por fotometria de chama; o cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) por espectrometria de absorção atômica; enxofre (S) por turbidimetria de suspensão de sulfato de bário; boro (B) por colorimetria de azometina. As determinações de nitrogênio (N) foram feitas através do método micro Kjeldahl (Malavolta et al., 1997).

A partir dos resultados de massa seca e dos teores de cada um dos nutrientes e do alumínio (Al) em cada parte da planta, foi calculada a quantidade desses elementos nas referidas partes da planta, assim como a distribuição percentual dos nutrientes e do Al dentro da planta.

A eficiência de utilização de macro e micronutrientes para a produção de matéria seca foi calculada pela metodologia do coeficiente de utilização biológica (CUB) proposto por Siddiqi & Glass (1981), definido pela expressão: $E = W/C$, sendo: $C = Q/W$, no qual: E = eficiência de utilização, W = massa seca total estocada, C = concentração do nutriente no tecido e Q = quantidade do nutriente na biomassa. $CUB = (massa\ seca\ total\ estocada)^2 / quantidade\ do\ nutriente\ na\ biomassa$.

E = eficiência de utilização $E = W/C$ W = massa seca total estocada

C = concentração de nutriente no tecido $C = Q/W$

Q = quantidade do nutriente na biomassa

CUB = (massa seca total estocada)² / quantidade do nutriente na biomassa.

Os dados de comprimento e razão de parte aérea e de raízes, massa seca das diferentes partes das plantas, teores, quantidades e distribuição dos nutrientes e Al foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente ao teste de Tukey de comparação de médias, ao nível de 1% de probabilidade, usando como ferramenta o programa estatístico SAS.

5. Resultados e discussão

5.1. Comunidades

5.1.1. Investimento em parte aérea e raízes: comparação entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão

A figura 2 mostra o aspecto geral das plantas jovens das espécies do Cerradão (Ce) estudado: *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., *Machaerium acutifolium* Vogel, *Copaifera langsdorffii* Desf., *Ocotea corymbosa* (Meisn.) Mez, *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Cupania tenuivalvis* Radlk. e *Myrsine umbellata* Mart. Enquanto a figura 3 mostra as plantas jovens das espécies da Floresta Estacional Semidecidual (FES) estudada: *Metrodorea nigra* A. St.-Hil., *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg., *Esenbeckia leiocarpa* Engl., *Centrolobium tomentosum* Guillemain ex Benth., *Trichilia clausenii* C. DC., *Machaerium stipitatum* (DC.) Vogel, *Cupania tenuivalvis* Radlk. e *Myrsine umbellata* Mart.

Constatou-se que a razão entre o comprimento total da parte aérea e de raízes foi significativamente diferente quando se comparou as duas formações, sendo superior na FES (Tabela 3). Esse resultado sugere que as plantas jovens na FES têm que investir rapidamente na formação da parte aérea em função da luminosidade, uma vez que no sub-bosque da FES a quantidade de luz incidente é menor quando comparado ao do Ce (Muniz, 2004). Outros estudos comparativos também relataram uma maior razão parte aérea/raízes em grupo de espécies oriundas de floresta em relação ao grupo de Cerrado (Hoffman & Franco, 2003; Hoffmann, 2005).

Apesar de ter sido constatada diferença significativa entre as plantas de Ce e FES quanto à razão do comprimento de parte aérea e raízes, nota-se que o comprimento total da parte aérea e também o comprimento total de raízes de plantas jovens quando analisados separadamente não diferiu as duas formações, dessa forma essas variáveis não foram um indicador adequado para estudos com plantas jovens, sugerindo assim que outros estudos comparativos utilizem a razão parte aérea/raízes (Tabela 3). Uma explicação para esse resultado seria que o estudo foi realizado utilizando-se plantas jovens, podendo num estágio mais avançado do desenvolvimento surgirem diferenças entre essas formações quanto ao crescimento das raízes principalmente, uma vez que vários autores comentam que as plantas

do Cerrado tendem a apresentar raízes mais profundas quando comparadas com as de outras formações florestais (Rizzini & Heringer 1962; Poggiani, 1974; Coutinho 2002).

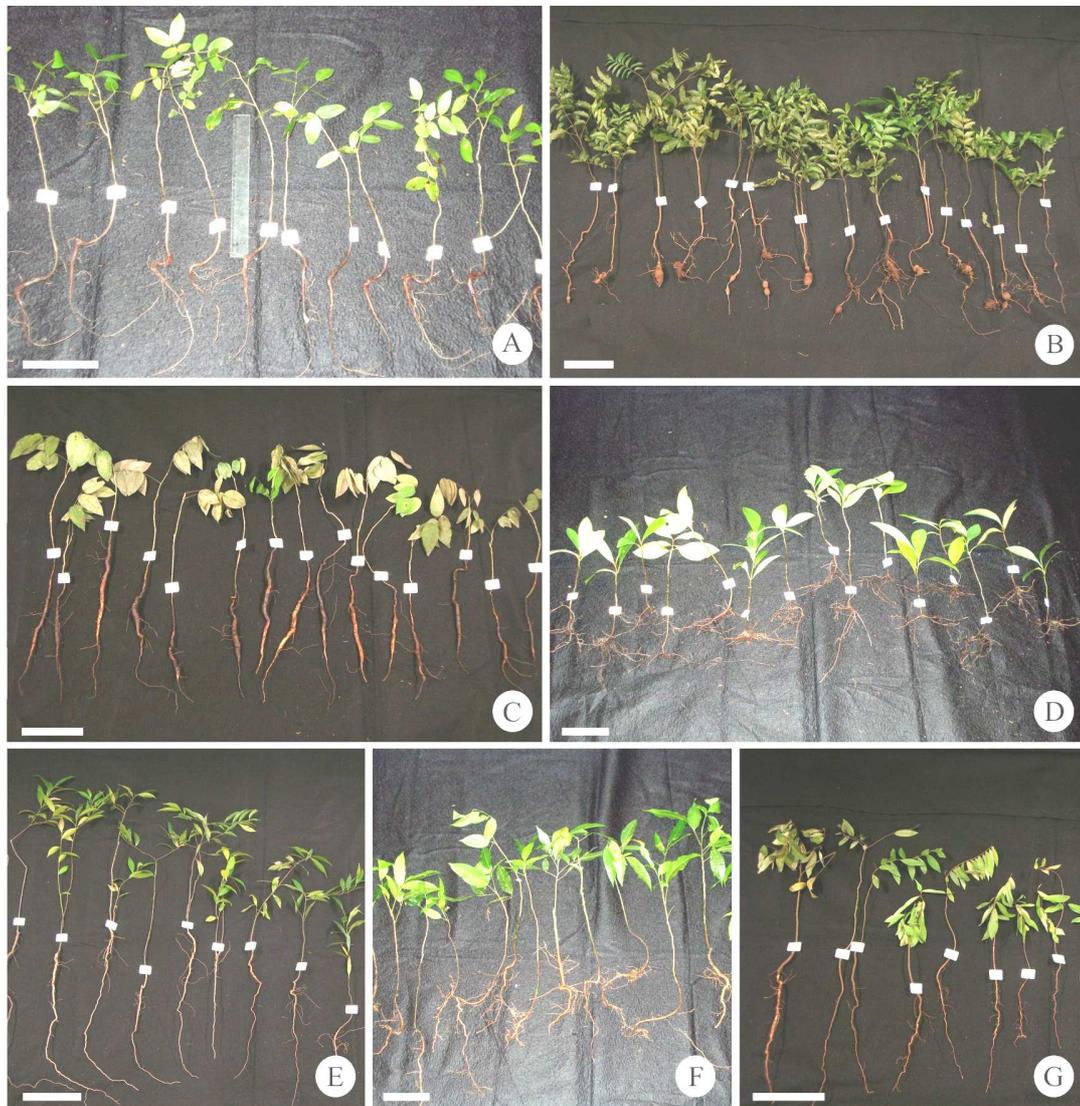


Figura 2: Aspecto geral da parte aérea e das raízes das plantas jovens das espécies procedentes do Cerradão. **A-** *Copaifera langsdorffii*, **B-** *Cupania tenuivalvis*, **C-** *Machaerium acutifolium*, **D-** *Myrsine umbellata*, **E-** *Ocotea corymbosa*, **F-** *Protium heptaphyllum*, **G-** *Xylopia aromatica*. Barras = 20 cm.



Figura 3: Aspecto geral da parte aérea e das raízes das plantas jovens das espécies procedentes da Floresta Estacional Semidecidual. **A-** *Aspidosperma polyneuron*, **B-** *Centrolobium tomentosum*, **C-** *Cupania tenuivalvis*, **D-** *Esenbeckia leiocarpa*, **E-** *Metrodorea nigra*, **F-** *Machaerium stipitatum*, **G-** *Myrsine umbellata*, **H-** *Trichilia clauseni*. Barras = 20cm.

Tabela 3: Comprimento médio da parte aérea (PA) e das raízes (R) e da razão PA/R de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	comprimento raízes		comprimento parte aérea		PA/R
	cm				
FES	23,07	A	23,26	A	1,12 A
Ce	25,07	A	22,49	A	0,92 B

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Maior quantidade de biomassa em folha e caule foi apresentada pelas plantas de FES, porém para raízes, a maior quantidade de biomassa foi verificada nas plantas de Ce. O fato da massa seca das raízes em plantas jovens do Ce ser significativamente superior ao da FES (Tabela 4) indica que o investimento inicial das raízes não é em profundidade, mas sim nas ramificações laterais ampliando a superfície de absorção. Observa-se também nessa tabela que as plantas jovens de Ce investem significativamente menos na massa seca das folhas e do caule quando comparados com as plantas da FES confirmando a tendência de que, mesmo nas fases jovens de desenvolvimento, as plantas do Cerrado investem mais em biomassa na porção subterrânea do que na aérea (Haridasan 2000; Hoffmann, 2005).

O grande investimento em biomassa de raízes pelas plantas de Cerrado pode contribuir para o escape contra o fogo (Hoffman & Franco 2003), uma vez que o maior desenvolvimento radicular significa maior disponibilidade de carboidratos para o rebrotamento (Hoffmann, 2005). Já em floresta, o maior investimento das plantas em parte aérea pode ser uma estratégia de competição por luz, uma vez que em floresta a quantidade de luz que incide no sub-bosque é bem menor quando comparada ao Cerradão (Muniz, 2004).

Entretanto, outros fatores como a deficiência hídrica e a nutricional também podem favorecer a formação de uma maior biomassa subterrânea no bioma Cerrado conforme constatado no presente trabalho. Acredita-se que a maior biomassa de raízes presente nas plantas jovens do Ce seja um fator compensatório da baixa disponibilidade de nutrientes somada à baixa disponibilidade de água nas camadas superficiais do solo, aumentando assim a absorção de água e nutrientes, bem como maior reserva de carboidratos.

Tabela 4: Massa seca médio de folha, caule, raízes e total de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	massa seca folhas massa seca caule massa seca raízes massa seca total				PSPA/PSR					
	g.planta ⁻¹									
FES	3,75	A	3,06	A	5,44	B	12,26	A	1,25	A
Ce	2,52	B	2,34	B	6,41	A	11,26	A	0,76	B

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

A razão da parte aérea e raízes considerando tanto comprimento quanto biomassa mostrou ser uma boa variável de comparação de plantas jovens de espécies de Cerrado e de floresta. A figura 4 apresenta a razão tanto do comprimento quanto da massa seca onde é possível observar diferenças significativas entre as duas formações para ambas as razões. No entanto, ao considerar a razão da biomassa da parte aérea/raízes, a diferença entre Ce e FES é bem mais acentuada que aquela verificada quando se utiliza a razão do comprimento da parte aérea/raízes. Isso mostra que as plantas de Ce investem proporcionalmente mais no sistema subterrâneo que na parte aérea conforme discutido anteriormente, principalmente quando se considera a biomassa.

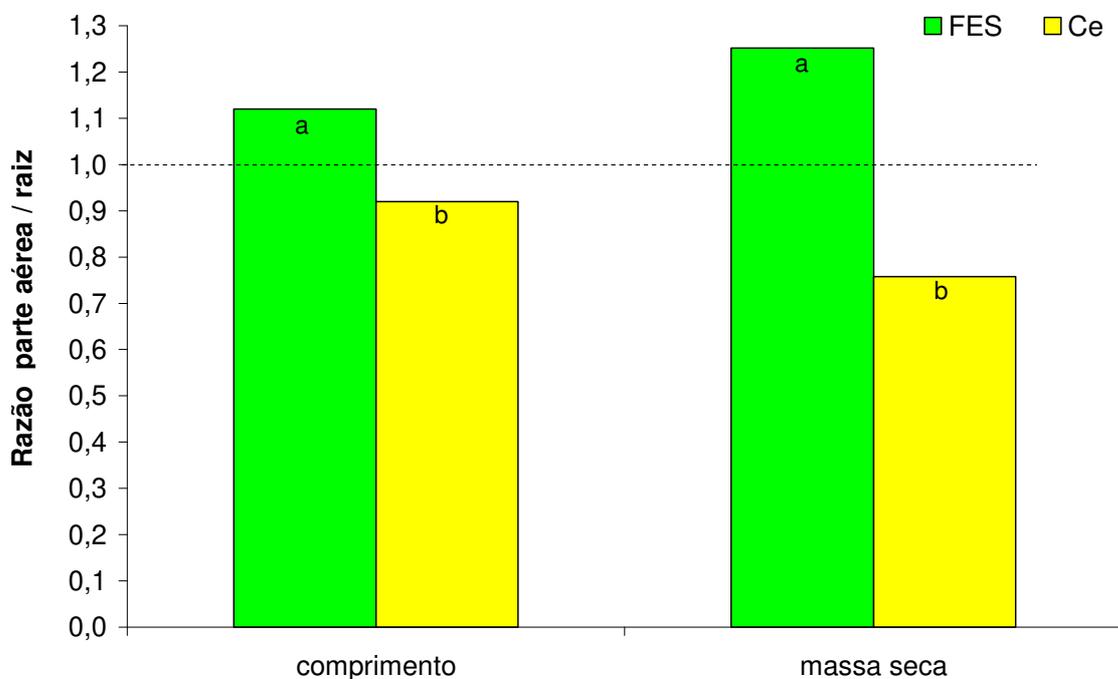


Figura 4: Razão entre o comprimento da parte aérea e das raízes e entre a massa seca da parte e o das raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal para cada parâmetro seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Os valores negativos apresentados nos gráficos foram usados para a melhor visualização do sistema radicular, sendo assim, não considerar os valores como sendo negativos em todas as figuras a seguir.

Haridasan (2000) comenta sobre a alta proporção da biomassa subterrânea em relação à biomassa da parte aérea como sendo uma das características marcantes das plantas adultas de Cerrado. Essa característica também pôde ser observada nesse estudo, no qual mesmo ainda em plantas jovens, verificou-se que as plantas do Ce investiram em média quase 60% da biomassa total em raízes, enquanto as de FES apresentaram comportamento inverso, ou seja, o maior investimento foi para a parte aérea, cerca de 55% da biomassa total (Figura 5).

Ainda na figura 5, considerando somente a biomassa da parte aérea, a FES mostra que suas plantas jovens investiram mais em folhas que em caule, cerca de 33 e 25% da biomassa total, respectivamente, enquanto que em Ce a biomassa produzida pela parte aérea foi praticamente igual entre folhas e caule, aproximadamente 23% da biomassa total.

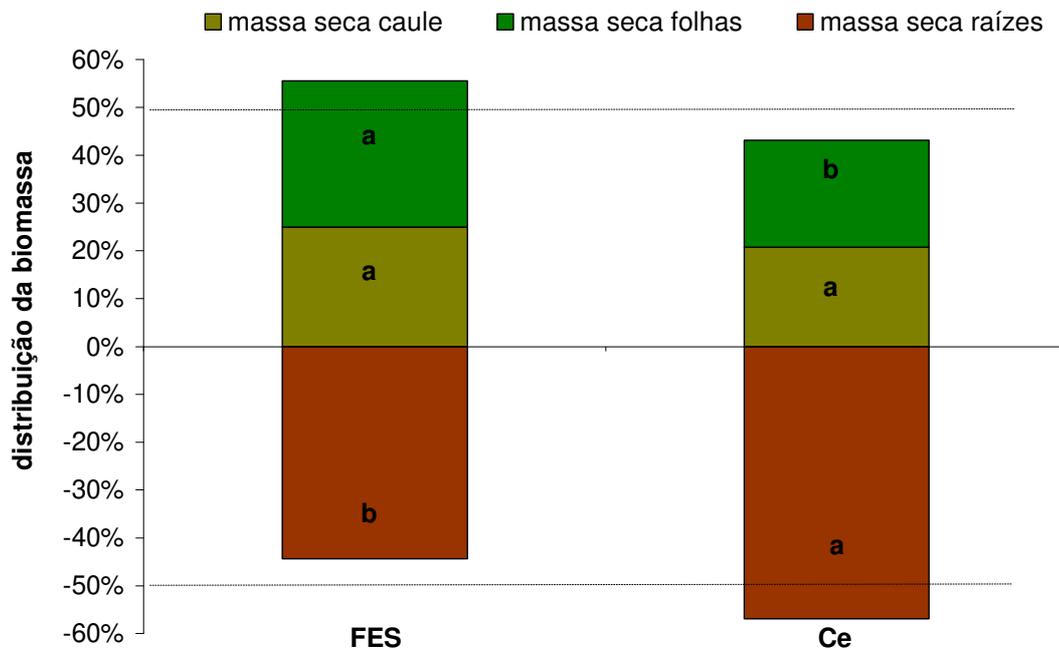


Figura 5: Distribuição percentual da biomassa em parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

5.1.2. Teores, quantidades e distribuição de macro e micronutrientes e alumínio em plantas jovens: comparação entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão

Os maiores teores de macronutrientes foram encontrados nas folhas, em seguida no caule e por último nas raízes, sendo que essa ordem decrescente foi observada tanto em FES quanto em Ce. Entretanto, o S foi a única exceção na condição de FES, cujo teor nas raízes foi um pouco maior que o encontrado no caule (Tabela 5). Ao comparar as duas formações, a FES apresentou os maiores teores dos macronutrientes em todas as partes da planta, com exceção feita ao S. Para esse elemento, as plantas de Ce mostraram os maiores teores tanto em folhas quanto em caule e raízes, entretanto só para caule a diferença foi significativa.

Vários trabalhos relatam que as análises foliares das plantas mostram que as concentrações dos nutrientes são geralmente baixas para as fisionomias do Cerrado (Haridasan, 1987, 1992 e 2005; Lilienfein et al., 2001), enquanto que para Florestas de Galerias e Semidecíduais predominam altas concentrações foliares dos nutrientes (Nogueira & Haridasan, 1997; Haridasan & Araújo, 2005), corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

A maior concentração dos nutrientes na vegetação pode ser uma indicação de uma maior disponibilidade de nutrientes no solo, de maior exigência das espécies em relação aos nutrientes, ou do melhor aproveitamento do ambiente edáfico por uma espécie em comparação com as outras (Haridasan, 2005). Desse modo, os resultados do presente trabalho nos mostram que as maiores concentrações dos macronutrientes encontrados nas espécies da FES são reflexos da maior disponibilidade de nutrientes do solo dessa formação quando comparada com o Ce. Isso pôde ser constatado quando se comparou as formações quanto à diferença percentual dos macronutrientes nas diferentes partes da planta, sendo que as espécies do Ce apresentaram em média concentrações foliares três vezes menores de Ca e K, e duas vezes menores de P que as de FES.

Para o N e Mg também se constatou diferença significativa, porém num patamar muito inferior sendo que as plantas da FES apresentaram concentrações foliares superiores em 32% e 50%, respectivamente, quando comparadas com aquelas do Ce. Isso evidencia conforme já relatado por alguns trabalhos a estreita relação entre K, Mg e principalmente Ca e a fisionomia florestal, sendo esses nutrientes um dos fatores determinantes para a maior produção de biomassa (Golley et al., 1978; Rolfe et al., 1978; Klinge et al., 1995; Rugani et al., 1997).

Tabela 5: Teores dos macronutrientes na folhas, caule e raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	-----g kg ⁻¹ -----								
	folhas	caule	raízes	folhas	caule	raízes	folhas	caule	raízes
FES	23,05 A	10,50 A	9,73 A	0,90 A	0,50 A	0,37 A	17,47 A	7,80 A	5,29 A
Ce	17,42 B	7,62 B	7,45 B	0,41 B	0,19 B	0,16 B	5,79 B	3,16 B	2,15 B
	Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	-----g kg ⁻¹ -----								
	folhas	caule	raízes	folhas	caule	raízes	folhas	caule	raízes
FES	16,13 A	14,61 A	8,08 A	3,65 A	1,20 A	1,08 A	1,76 A	0,88 B	1,02 A
Ce	5,50 B	3,52 B	1,88 B	2,43 B	1,08 A	0,89 A	1,89 A	1,41 A	1,12 A

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Em relação aos micronutrientes, não se constatou diferença significativa entre FES e o Ce somente para os teores de B e de Mn independente da parte da planta analisada. Já para o Zn, as diferenças entre as formações florestais foram significativas para todas as partes da planta analisadas, sendo que os maiores teores foram encontrados nas espécies da FES. Os teores de Zn nas folhas, caule e raízes nas espécies de FES foram cerca de 2 vezes maior aquele verificado nas espécies de Ce (Tabela 6), sendo isso um reflexo direto da maior disponibilidade de Zn no solo de FES, que apresentou 1,45 mg.dm⁻³ contra somente 0,27 mg.dm⁻³ no solo de Ce (Tabela 2).

Os teores de Fe para o caule e folhas também foram maiores nas plantas de FES, porém quando se analisou as raízes não houve diferença significativa entre Ce e FES. Para o Cu, observa-se que os resultados foram inversos, onde os maiores teores no caule e nas raízes foram observados no Ce, enquanto que para o teor foliar não se constatou diferença significativa entre Ce e FES (Tabela 6).

Os resultados obtidos nesse estudo sugerem a existência de uma estreita relação entre o Zn e a produção de biomassa, assim como já verificado para o Ca, K e P, mostrando que dentre os micronutrientes, o Zn foi o mais relevante nesse aspecto. Isso corrobora com vários estudos que mostram que o Zn é um dos micronutrientes mais limitantes na condição de Cerrado para o crescimento das plantas cultivadas (Lopes, 1983; Malavolta & Kliemann, 1985). Dessa forma, acredita-se que as plantas de Cerrado apresentam estratégias de se desenvolverem em condições de baixa disponibilidade de bases, P e Zn, uma vez que são capazes de completar o ciclo de vida nessas condições.

O alumínio, na forma Al⁺³ é considerado tóxico para a maioria das plantas cultivadas (Echart & Cavalli-Molina, 2001; Hartwing et al., 2007; Haridasan, 2008a) e foi nessa forma, prontamente disponível para as plantas, que no solo do Ce foi encontrado em elevadas

concentrações (Tabela 2), porém sem afetar o desenvolvimento dessas espécies conforme verificado no presente estudo.

A diferença entre FES e Ce quanto aos teores de Al foram altamente significativas para caule e raízes, enquanto para os teores foliares não houve diferença entre as duas formações (Tabela 6). O teor de Al nas raízes para as espécies do Ce foi 2,5 vezes maior que aquele encontrado nas espécies da FES, sendo essa diferença um reflexo direto da maior disponibilidade desse elemento no solo do Ce. Já para o caule, as diferenças foram menores, sendo que as espécies do Ce apresentaram cerca de 80% a mais de Al que as da FES. Para as folhas, as diferenças entre as formações foram mínimas e não significativas, mostrando que apesar do solo do Ce apresentar cerca de 8,7 vezes mais Al que o solo da FES, não houve transporte do nutriente absorvido pelas raízes para as folhas na condição de Ce, uma vez que a grande parte do Al acumulou-se nas raízes. Esses resultados evidenciam que as plantas do Ce analisadas no presente estudo apresentam uma estratégia de adaptação para tolerar altos níveis de Al no solo, de forma que a maior presença do elemento no solo não refletiu em maior teor foliar. As plantas jovens de espécies do Ce do presente estudo não apresentaram a característica de outras espécies típicas na fase adulta como *Vockysia tucanorum*, *V. thyrsoides*, *V. rufa*, *Miconia albicans*, *M. pohliana*, *Qualea parviflora*, *Q. multiflora*, *Salvertia convallariodora*, as quais, segundo Haridasan (2008 a e b), conseguem absorver grandes quantidades de Al, transportando para as folhas e sementes, sendo que algumas dessas espécies não conseguem sobreviver na ausência de Al trocável no solo (Haridasan, 2008 a e b).

Por outro lado, as maiores concentrações de nutrientes, no solo de FES quando comparado com o de Ce, puderam ser percebidas de um modo geral, em todas as partes analisadas da planta, e não somente no caule e raízes, como verificado para o Al.

As plantas consideradas acumuladoras de Al são aquelas que apresentam teores foliares desse elemento maiores que 1.000 mg kg^{-1} (Haridasan, 2008a), porém nem as espécies do Ce e nem as de FES apresentaram teores nas folhas e no caule acima de 1.000 mg kg^{-1} , sendo assim em relação à parte aérea as espécies estudadas de Ce não podem ser consideradas acumuladoras de Al. No entanto, o teor de Al nas raízes das plantas de Ce foi de 1.442 mg kg^{-1} (Tabela 6).

Pode-se dizer que as espécies do Ce estudadas estão adaptadas a tolerar altos níveis de Al, uma vez que o principal sintoma de toxicidade de Al é a inibição do crescimento das raízes (Degenhardt et al. 1998), o que não foi verificado no presente estudo, pois as espécies do Ce apresentaram maior biomassa radicular em relação as de FES. Em situações de alta

disponibilidade de Al no solo, as espécies não tolerantes tendem a apresentar anomalias no sistema radicular, o que acaba resultando numa menor exploração do volume do solo conseqüentemente numa menor absorção de nutrientes bem como numa deficiência do aproveitamento da água do solo (Olmos & Camargo, 1975).

Tabela 6: Teores médios dos micronutrientes e de alumínio na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	Boro			Zinco			Manganês		
	-----mg kg ⁻¹ -----								
	folha	caule	raízes	folha	caule	raízes	folha	caule	raízes
FES	45,90 A	19,86 A	15,49 A	53,80 A	52,67 A	60,52 A	395,20 A	363,30 A	110,22 A
Ce	36,78 A	17,38 A	13,22 A	25,17 B	25,93 B	27,75 B	452,10 A	307,10 A	104,88 A
	Ferro			Cobre			Alumínio		
	-----mg kg ⁻¹ -----								
	folha	caule	raízes	folha	caule	raízes	folha	caule	raízes
FES	219,35 A	213,48 A	332,39 A	8,26 A	6,35 B	5,43 B	252,61 A	281,96 B	562,20 B
Ce	144,76 B	189,05 B	327,14 A	8,40 A	7,97 A	7,62 A	265,24 A	506,90 A	1.442,00 A

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Ao se analisar a quantidade total acumulada de cada nutriente separadamente, nota-se que na condição de FES, a quantidade acumulada de N foi semelhante à de Ca e um pouco maior que a de K. Já no Ce, o conteúdo acumulado de N é muito superior ao dos demais macronutrientes, sendo cerca de 3 vezes maior que a quantidade acumulada de Ca e K (Figura 5). A grande diferença observada na condição de Ce quando se comparou a quantidade acumulada de N em relação a de K e Ca, deve-se ao fato do solo de Ce apresentar baixos teores de K e Ca, sendo esses 33 e 13 vezes menores que os encontrados no solo de FES, respectivamente (Tabela 2).

Ainda na condição de Ce não houve diferença entre a quantidade acumulada de Ca quando comparada com a de K. No entanto, para a FES, constatou-se um maior acúmulo de Ca em relação ao de K (Figura 5), mostrando que a maior absorção de Ca está diretamente relacionada aos elevados teores desse elemento no solo (Tabela 2).

A ordem decrescente de acúmulo dos nutrientes foi diferente entre FES e Ce. O P em ambas as formações foi o nutriente de menor acúmulo. Na condição de Ce a quantidade de Mg foi praticamente igual à de S. A ordem da quantidade acumulada dos nutrientes para o Ce foi: N>K=Ca>S=Mg>P. Já para a condição de FES, a ordem foi: N>Ca>K>Mg>S>P (Figura 6).

O S foi o único macronutriente cuja quantidade acumulada não diferiu entre as formações, sendo que para todos os outros, observou-se um maior acúmulo nas espécies procedentes da FES (Figura 6).

Vale a pena ressaltar que a quantidade de nutrientes acumulados na planta é resultado do teor multiplicado pela massa seca da planta. Sendo assim, apesar da massa seca total ter sido praticamente igual para as duas comunidades (Tabela 4), as maiores concentrações dos nutrientes para todos os macronutrientes, exceto S, foram encontradas em FES (Tabela 5), o que conferiu então uma maior quantidade acumulada dos macronutrientes para esta formação.

Ao analisar a quantidade total dos micronutrientes de forma separada, nota-se que a ordem decrescente foi diferente entre as formações. O Cu foi o micronutriente de menor acúmulo em ambas as formações, seguido pelo B e Zn. Entretanto, não houve diferença entre as formações para a quantidade total acumulada de Cu, porém as quantidades acumuladas de B e de Zn foram bem maiores em FES que em Ce, cerca de 60% a mais e 2,2 vezes, respectivamente. Apesar do Fe e do Mn terem sido os micronutrientes mais acumulados em ambas as formações, verificou-se que para FES o acúmulo de Fe foi maior que o de Mn, enquanto que no Ce, o Mn foi o que apresentou a maior quantidade acumulada. Dessa forma para a FES a ordem decrescente foi: Fe>Mn>Zn>B>Cu. Já no Ce a ordem foi: Mn>Fe>Zn>B>Cu (Figura 7).

As espécies do Ce apresentaram cerca de 40% a mais de Mn total acumulado que as espécies de FES. Nota-se ainda que a razão da quantidade acumulada Mn/Fe foi diferente entre as formações, sendo que na FES a razão foi menor que a do Ce; 0,82 e 1,3, respectivamente.

Apesar do solo da FES ter apresentado um teor de Mn cerca de 9 vezes maior que o encontrado no solo de Ce (Tabela 2), isso não refletiu numa maior absorção de Mn pelas plantas da FES. Esse resultado pode ser explicado pelo fato da disponibilidade de Mn para as plantas estar fortemente relacionada ao pH do solo (Lopes & Cox, 1977; Malavolta, 1979), sendo assim, o solo do Ce por apresentar elevada acidez (pH em H₂O de 4,5) resultou numa maior disponibilidade e absorção de Mn mesmo em condições de teores muito mais baixos no solo quando comparado com a FES, cujo pH do solo foi mais alto (pH em H₂O de 5,98). Vale a pena ressaltar que a disponibilidade de Mn no solo para que se atinjam níveis elevados nas plantas somente é possível quando o pH do solo está abaixo de 5,6.

Para o Al, observou-se um maior acúmulo total nas plantas do Ce, sendo o dobro daquele encontrado nas plantas de FES (Figura 8).

Esses resultados de quantidade acumulada, assim como os de teores, demonstram que as espécies estudadas refletiram as características químicas do solo, ou seja, o solo sob Ce apresenta menor disponibilidade de nutrientes e maiores teores de Al quando comparado ao solo sob FES, sendo assim, foi observado um menor acúmulo de nutrientes pelas plantas do Ce. E por se tratar de um solo ácido, com grande quantidade de Al disponível, o Ce apresentou maior acúmulo de Al nas plantas.

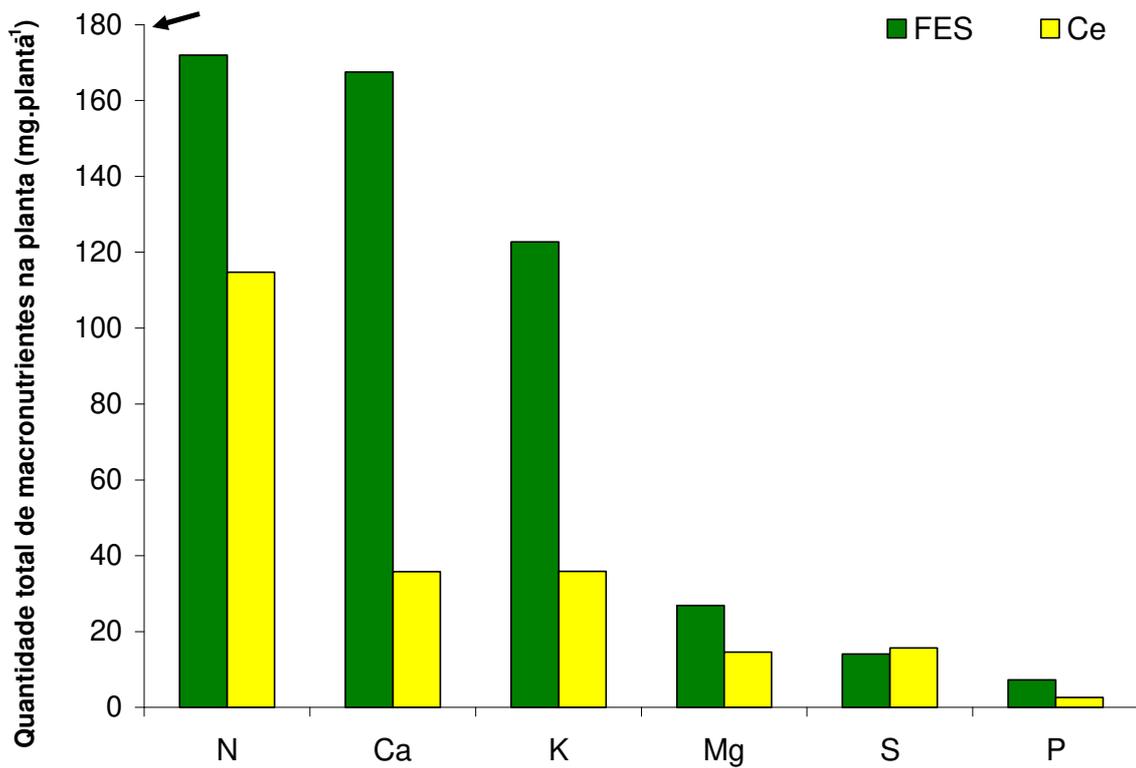


Figura 6: Quantidade total acumulada dos macronutrientes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

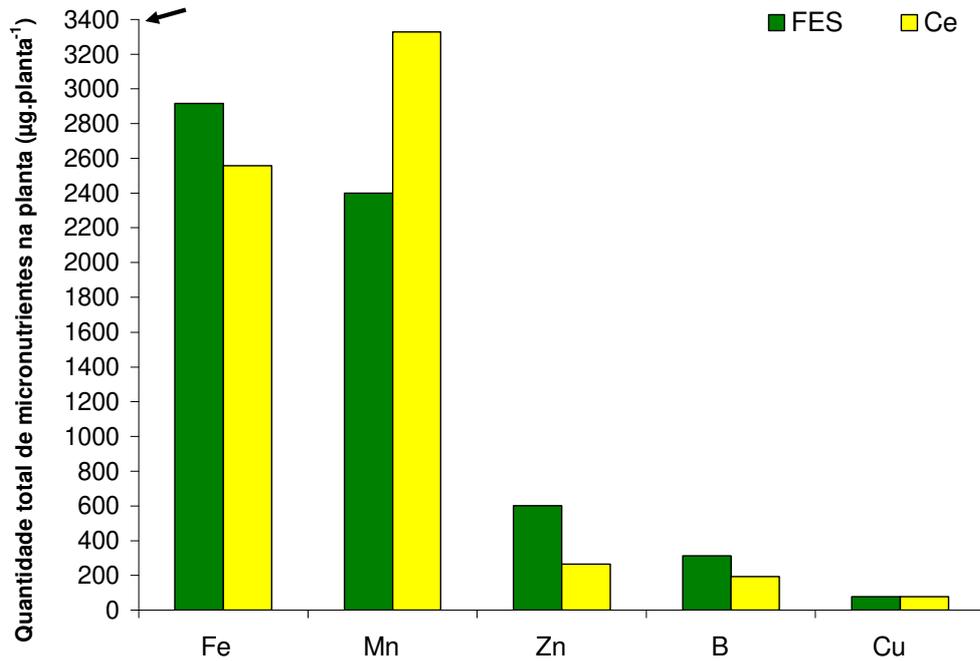


Figura 7: Quantidade total acumulada dos micronutrientes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

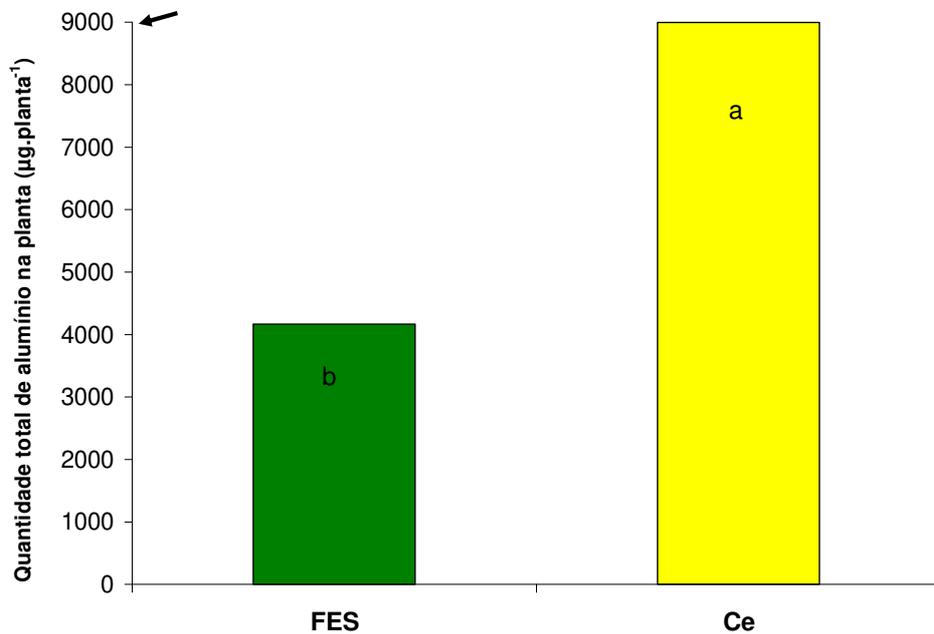


Figura 8: Quantidade total acumulada de alumínio em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Letras indicam que as médias diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Em relação à quantidade total acumulada de macronutrientes (soma de todos os macronutrientes) pela planta, as espécies da FES acumularam $85,10 \text{ mg.planta}^{-1}$, cerca de duas vezes mais nutrientes em relação as espécies do Ce, que acumularam $36,54 \text{ mg.planta}^{-1}$. Isso é um reflexo direto da maior disponibilidade de nutrientes no solo da FES, principalmente em relação às bases (K, Ca e Mg) e P quando comparado ao solo do Ce (Tabela 2).

A figura 9A mostra o quanto cada nutriente representou percentualmente em relação ao total estocado (acumulado) dos nutrientes em cada comunidade. Observa-se que as grandes diferenças entre as duas comunidades ocorreram em relação ao N, Ca, K e o S. Na condição de Ce, cerca de 52% do total estocado pelas plantas foi N, enquanto que na FES somente 34%. Nota-se maior percentual de Ca e K em relação ao total estocado em FES de forma que existe um maior equilíbrio nutricional de N, Ca e K nessa formação quanto comparada a de Ce. Na FES o Ca e o K representaram cerca de 33 e 24% do total estocado, respectivamente, enquanto que no Ce, somente 16% para ambos os nutrientes. Assim como o N, a maior porcentagem do total estocado de S em relação ao total de macronutrientes foi verificada nas plantas de Ce, ou seja, o Ce apresentou 7% de S em relação ao total dos macronutrientes, enquanto que a FES apenas 3%.

Já para a quantidade total acumulada de micronutrientes, não houve diferença significativa entre as duas comunidades estudadas, sendo que na FES o acúmulo de micronutrientes foi de $1.261,61 \text{ } \mu\text{g.planta}^{-1}$ e no Ce de $1.283,91 \text{ } \mu\text{g.planta}^{-1}$. Esse resultado deve-se a uma compensação entre a quantidade dos micronutrientes, sendo que o Zn apresentou maior acúmulo nas espécies da FES, e o Mn teve comportamento inverso, sendo maior nas espécies de Ce. Isso mostra que se houver algum efeito da nutrição sobre a diferenciação da vegetação ao comparar as comunidades, esse será devido principalmente aos macronutrientes, conforme verificado em plantas jovens no presente estudo. Ratter et al. (1977 e 1978); Ruggiero et al. (2002 e 2006); Cardoso (2006), também relatam uma estreita relação entre as bases do solo especialmente o Ca e as fisionomias florestais como as semidecíduas e decíduas.

Na figura 9B está apresentada a distribuição percentual dos micronutrientes em relação ao total estocado. As maiores diferenças observadas quando se comparou as duas formações foram em relação ao Zn e o Mn, sendo que na condição de Ce 53% do total estocado de micronutrientes foi Mn, já na FES, apenas 38%. Em relação ao Zn, nota-se que a quantidade estocada na FES foi de 10% em relação à quantidade total estocada de micronutrientes, enquanto que no Ce apenas 4%. Isso sugere que as plantas de Ce devem apresentar uma

estratégia adaptativa para tolerar níveis mais elevados de Mn nos tecidos bem como se desenvolverem sob baixa disponibilidade de Zn no solo.

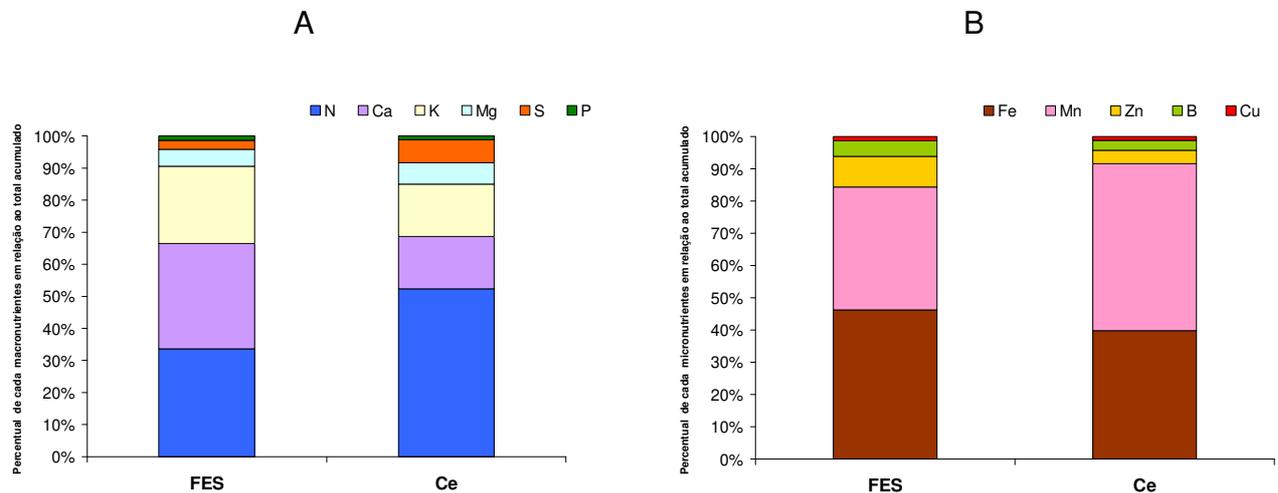


Figura 9: Percentual de cada nutriente em relação à quantidade total acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). A- macronutrientes e B- micronutrientes.

As concentrações e quantidades dos nutrientes encontradas no presente estudo estão intimamente relacionada com a disponibilidade de nutrientes do solo das formações.

Um fator interessante é a forma de distribuição dos nutrientes e do Al nas diferentes partes da planta. As figuras 10 e 11 mostram a distribuição percentual da quantidade total acumulada de macro e micronutrientes, respectivamente, nas plantas jovens de ambas as formações nas folhas, caule e raízes.

Da quantidade total de macronutrientes acumulada pelas plantas, tanto para FES quanto para Ce a maior porcentagem está na parte aérea, aproximadamente 71% para FES e 57% para Ce. Para Ce nota-se um maior equilíbrio na distribuição percentual dos nutrientes na parte aérea e raízes, enquanto para FES tem-se uma discrepância, com somente 29% do total acumulado dos macronutrientes nas raízes, sendo isso um reflexo direto do menor investimento em biomassa radicular pelas espécies de FES (Figura 10).

Já para a quantidade total acumulada de micronutrientes observa-se que não houve diferença entre os dois ambientes quanto à distribuição percentual destes na folha, caule e raízes, sendo que do total acumulado pela planta aproximadamente 59 e 58% estavam presentes nas raízes, para FES e Ce respectivamente (Figura 11).

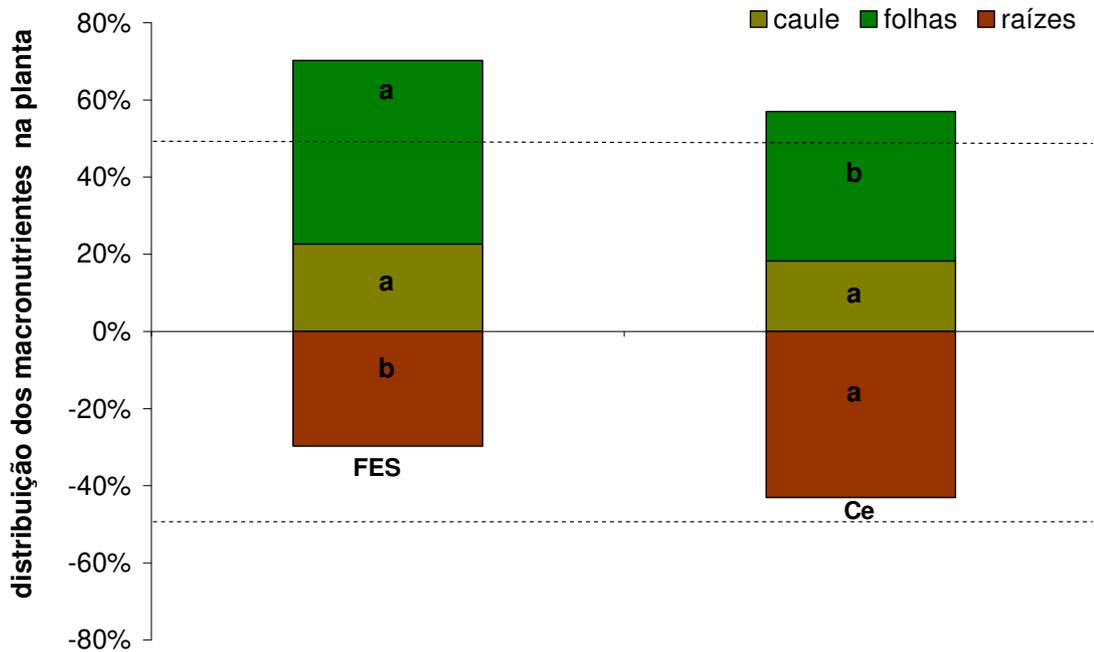


Figura 10: Distribuição percentual da quantidade total dos macronutrientes na parte aérea e raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

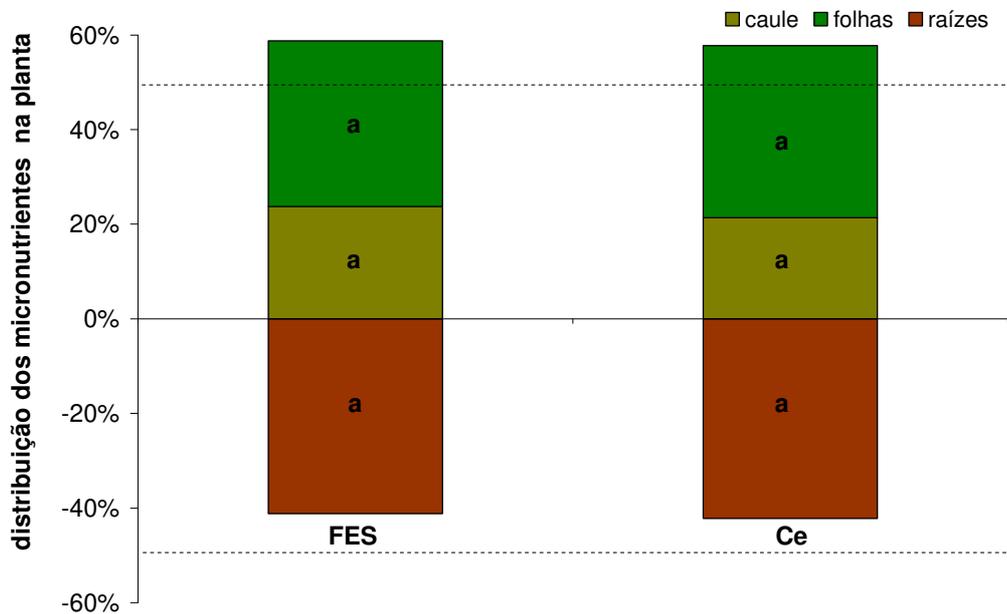


Figura 11: Distribuição percentual da quantidade total dos micronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Nas figuras 12 e 13 para cada nutriente separadamente, estão apresentadas as distribuições percentuais nas diferentes partes da planta.

Para os macronutrientes nota-se uma maior mobilização dos nutrientes na parte aérea, tanto para as espécies de FES quanto para as do Ce. Porém, proporcionalmente as plantas de Ce mostram uma maior mobilização dos nutrientes nas raízes quando comparadas às plantas de FES. Esses resultados são reflexos da distribuição percentual da biomassa, uma vez que as plantas de Ce investiram em maior biomassa de raízes em relação às de FES (Figura 12).

O B e o Mn, assim como os macronutrientes, tiveram maior percentual mobilizado na parte aérea, tanto em Ce quanto em FES, ao contrário do Fe que foi mais acumulado nas raízes. Para o Cu e o Zn, o maior acúmulo em FES foi encontrado na parte aérea, já no Ce, a maior quantidade foi mobilizada nas raízes (Figura 13).

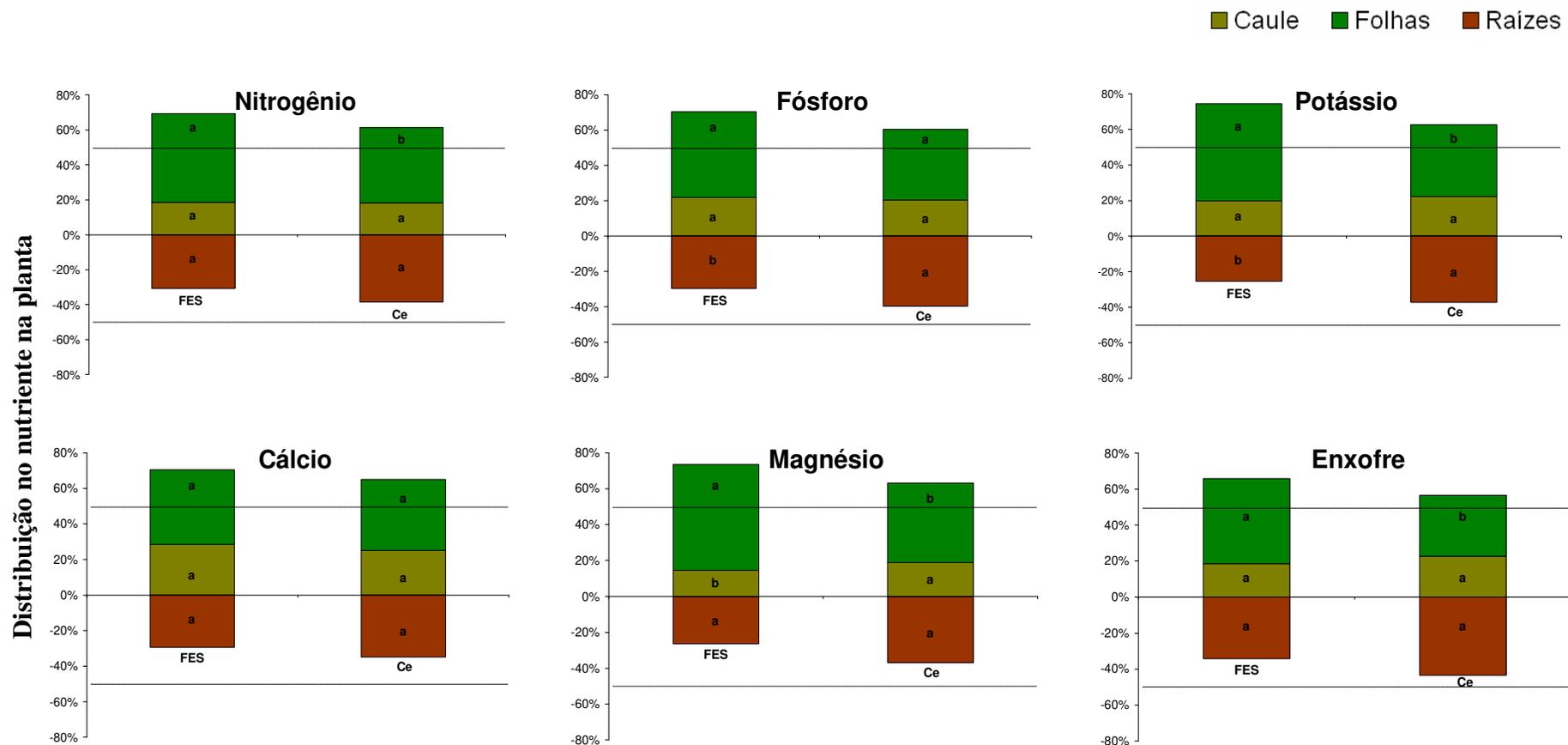


Figura 12: Distribuição percentual da quantidade total dos macronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

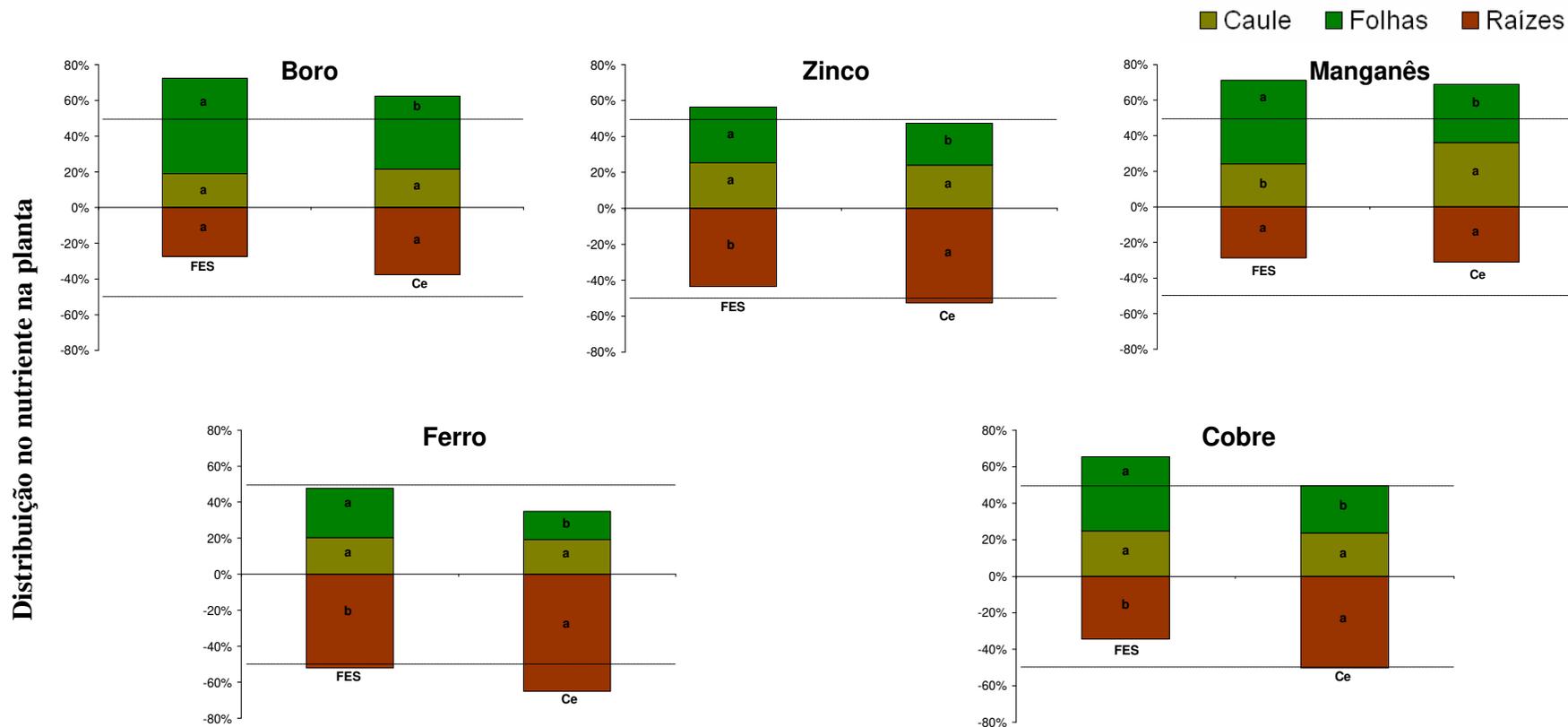


Figura 13: Distribuição percentual da quantidade total dos micronutrientes e alumínio na parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha horizontal seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

A maior quantidade acumulada de Al foi encontrada no sistema subterrâneo de ambas as formações estudadas. Na condição de Ce, cerca de 78% do Al total foi mobilizado nas raízes, enquanto na FES 60%. Ainda em relação à distribuição percentual do Al verificou-se que somente 7,5% do total esteve presente nas folhas para a condição de Ce, enquanto que na FES, esse valor foi de 21,5% (Figura 14). Nas duas formações, as plantas mostram que preferencialmente a raiz foi o órgão de maior mobilização do Al, havendo pequena translocação para a parte aérea na condição de Ce (18% do valor encontrado nas raízes), sugerindo que essa seja uma das estratégias de adaptação à tolerância ao Al, uma vez que no presente trabalho os níveis foliares não atingiram valores acima de 1.000 mg kg^{-1} , considerado como indicador para espécies acumuladoras por Haridasan (2008a).

As plantas apresentam alguns mecanismos de tolerância ao Al, sendo duas as categorias mais propostas (Echart & Cavalli-Molina, 2001, Hartwing et al., 2007). A primeira envolve mecanismos de tolerância a altas concentrações no simplasto da raiz e pode estar relacionada a diferentes mecanismos como quelação do Al no citosol, compartimentação do Al nos vacúolos, ligações alumínio-proteínas e também evolução de enzimas tolerantes ao Al (Taylor, 1988), sendo esse mecanismo também conhecido como desintoxicação interna do Al (Hartwing et al., 2007). E a segunda categoria está relacionada com a habilidade de excluir o Al do ápice da raiz, podendo envolver diferentes tipos de mecanismos como imobilização do Al na parede celular, permeabilidade seletiva do Al pela membrana plasmática, formação de uma barreira de pH induzida pela planta na rizosfera ou no apoplasto da raiz e eliminação de ligantes quelados (Taylor, 1988), no qual essa barreira é formada quando as células do ápice da raiz induzidas pela presença do Al, exsudam ácidos orgânicos como o malato e o citrato que quelatizam o Al impedindo sua entrada nas raízes mantendo-o na rizosfera (Hartwing et al., 2007). Sendo assim, sugere-se que o primeiro mecanismo de tolerância ao Al descrito acima seja o utilizado pelas plantas do Ce, uma vez que houve absorção desse elemento o que resultou em elevadas quantidades de Al nas raízes, como mostram os resultados do presente trabalho.

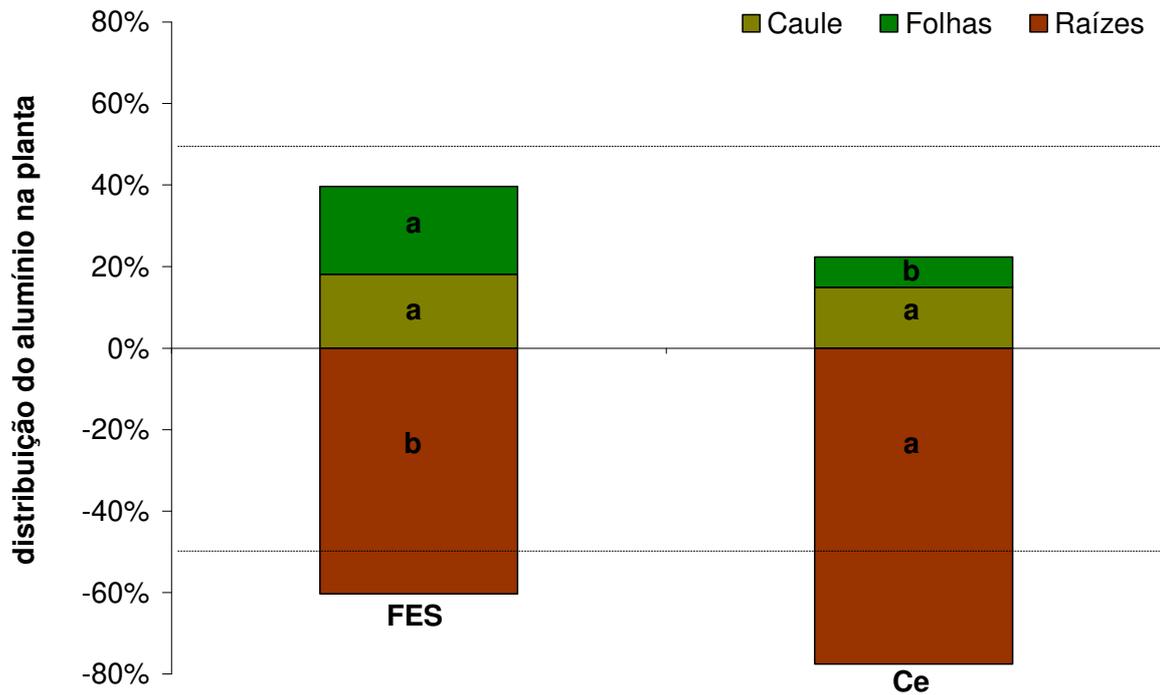


Figura 14: Distribuição da quantidade total de alumínio em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual. Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

As razões entre as quantidades totais de Ca/Al, de bases/Al e de macronutrientes/Al apenas evidenciam o que já foi discutido anteriormente, ou seja, a importância do Ca, K e Mg juntamente com o P e o Al nas formações florestais.

Observa-se que a razão Ca/Al para as espécies da FES foi de 40:1, cerca de 10 vezes maior que aquela encontrada para as espécies do Ce. A mesma tendência é observada em relação às bases, sendo que para as espécies do Ce, a razão foi de 9,6:1, muito inferior a encontrada nas de FES, cujo valor foi da ordem de 76:1 (Figura 15). Esses resultados mostram que as espécies responderam de forma positiva a maior quantidade de bases e P presentes no solo de FES.

Os resultados do presente trabalho mostram que os conceitos de deficiência de nutrientes bem como da toxicidade de Mn e Al, bem estabelecidos para as plantas cultivadas, não devem ser estendidos às plantas nativas em ecossistemas naturais de forma indiscriminadas conforme colocado por Haridasan (2000 e 2008 a), uma vez que as plantas de Ce conseguem se desenvolver em solos com baixos teores de nutrientes, altos teores de Mn e Al sem apresentar nenhum sintoma de restrição de crescimento tanto da parte aérea quanto radicular, conforme constatado no presente estudo.

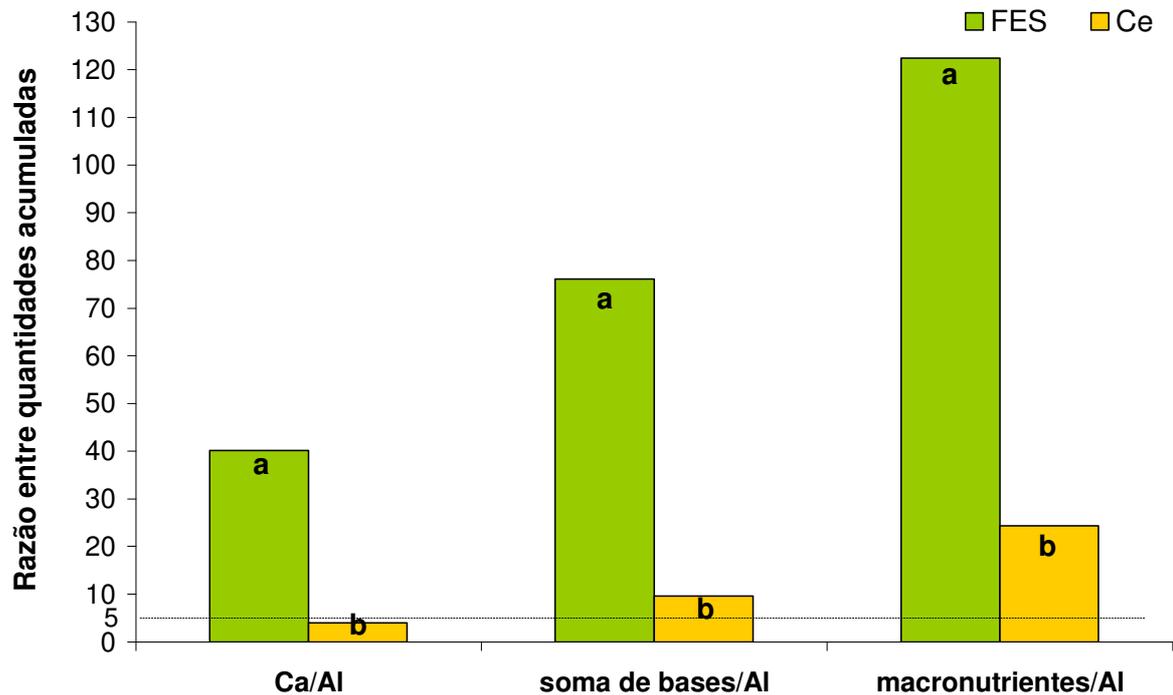


Figura 15: Razões entre as quantidades totais de Ca, de bases (K, Ca e Mg) e de macronutrientes e a quantidade total de alumínio em plantas jovens de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Cerradão (Ce). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

O coeficiente de utilização biológica reflete a eficiência de conversão dos nutrientes em massa seca. Embora esse coeficiente seja muito utilizado para plantas cultivadas (Luca et al., 2002), por se tratar de um índice que explica a eficiência do uso dos nutrientes na produção de matéria seca, foi utilizado no presente estudo.

A eficiência de utilização biológica dos nutrientes (CUB) demonstra ser uma boa variável para explicar a adaptabilidade das espécies nos diferentes ambientes. A produção de matéria seca total pelas plantas do Ce, mesmo estando em solo com baixa disponibilidade de nutrientes foi semelhante àquela produzida pelas plantas de FES. Assim sendo, as plantas do Ce mostraram maior eficiência no uso das bases (K, Ca e Mg), P e Zn em relação àquelas presentes na FES, ou seja, utilizaram menor quantidade desses nutrientes para produzir o mesmo equivalente de biomassa seca (Figura 16).

A eficiência das espécies de Ce em se desenvolverem sob baixo suprimento de nutrientes conforme verificado no presente trabalho pode ser em parte atribuída a uma pequena exigência metabólica dessas espécies conforme verificado em outros trabalhos para espécies

de *Eucalyptus* em florestas naturais da Austrália conforme citado por Clarkson (1985) e Furtini Neto (1994).

Nota-se que as plantas do Ce produziram cerca de 3 e 4 vezes mais matéria seca para cada unidade de K e Ca estocada, respectivamente. A mesma tendência, porém numa menor proporção ocorreu para o P, Mg e Zn (Figura 16). Esses resultados evidenciam uma maior eficiência nutricional das espécies de Ce quando comparadas com as de FES, mostrando que essas espécies de Ce mesmo em solos de baixa disponibilidade de nutrientes conseguiram produzir quantidades similares de massa seca total quando comparadas às espécies de FES, as quais estão sob solos de alta disponibilidade de nutrientes. Sob essa ótica, o Cerradão foi muito mais eficiente na utilização dos recursos nutricionais do solo para a produção de biomassa que a Floresta Estacional Semidecidual. Porém, com exceção dos trabalhos realizados em floresta natural de *Eucalyptus* na Austrália, conforme citado por Clarkson (1985) e Furtini Neto (1994), não foram encontrados na literatura trabalhos que mostram a relação entre a vegetação nativa e a eficiência do uso dos nutrientes, estando esses estudos restritos às plantas cultivadas.

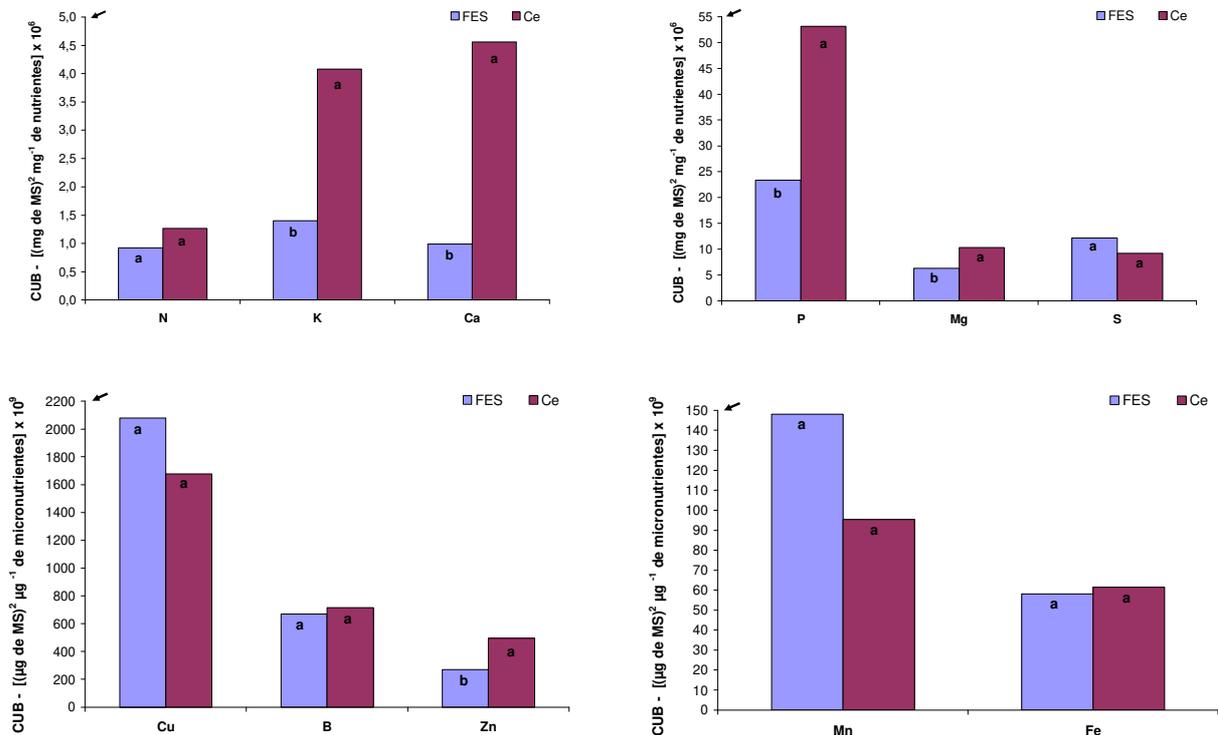


Figura 16: Coeficientes de utilização biológica (CUB) para os macros e micronutrientes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Na tabela 7 está apresentada a razão entre as duas formações quanto às quantidades totais acumuladas de nutriente e Al na planta e seus conteúdos no solo. Nota-se que para o N, P, S, B e Cu, a razão entre FES/Ce para as quantidades desses nutrientes no solo foi similar à razão desses nutrientes na planta. Porém para K, Ca e Mg, proporcionalmente o solo de FES apresenta conteúdo bem maior desses nutrientes que o solo de Ce, no entanto, a mesma ordem de grandeza não foi refletida nas plantas.

Para o Al, também nota-se que a razão Ce/FES no solo não foi refletida para a razão Ce/FES na planta, sendo que no solo essa razão foi de 8,7, enquanto que na planta foi de somente 2,1. Mais uma vez fica claro que as espécies do Ce parecem estar adaptadas à tolerar a alta concentração de Al trocável no solo, pois não se constatou a absorção pelas plantas de maneira proporcional à quantidade de Al presente no solo.

Tabela 7: Razão entre as duas formações quanto às quantidades totais acumuladas de nutriente e de alumínio na planta e no solo.

	SOLO	PLANTA
	FES/Ce	
MO (N)*	1,4	1,5
P	2,9	2,8
K	13,2	3,4
Ca	33,3	4,7
Mg	7,2	1,8
SO4	1,3	0,9
B	1,0	1,6
Cu	0,7	1,0
Fe	22,9	1,1
Mn	9,3	0,7
Zn	5,4	2,3
	Ce/FES	
Al	8,7	2,1

* no solo foi usado o parâmetro matéria orgânica (MO) e na planta o nitrogênio (N), uma vez que o N é o nutriente que é mais influenciado pela MO do solo.

5.2. Espécies comuns

5.2.1. Investimento em parte aérea e raízes: comparação entre plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão

A figura 17 mostra o aspecto geral e detalhes das raízes das plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. e de *Myrsine umbellata* Mart., espécies comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Ao analisar a razão entre o comprimento da parte aérea e raízes (PA/R), constatou-se que as duas espécies mostraram diferenças significativas entre as procedências. A *M. umbellata*, teve um maior crescimento em parte aérea nos dois ambientes, porém no Ce a razão PA/R foi menor (Tabela 8). A *C. tenuivalvis* apresentou maior investimento em raízes na condição de FES, sendo a razão PA/R menor em relação aquela ao Ce (Tabela 9). O comprimento da parte aérea para a *M. umbellata* foi maior nas plantas procedentes de FES (Tabela 8), enquanto a *C. tenuivalvis*, as plantas de Ce mostraram maior comprimento (Tabela 9). Para o comprimento de raízes, nenhuma das espécies mostrou diferenças significativas entre as procedências (Tabelas 8 e 9).

Tendo em vista as variáveis discutidas, nota-se que para *C. tenuivalvis* as diferenças entre as procedências de FES e de Ce não ocorreram para comprimento de raízes, e sim, para a parte aérea, que foi maior em Ce, sendo assim, a parte aérea foi responsável pela diferença significativa observada para a razão PA/R quando se comparou os dois ambientes. Para *M. umbellata* o mesmo comportamento foi observado, porém, o maior comprimento da parte aérea foi encontrado em FES, fazendo com que nessa condição a razão PA/R tenha sido maior.

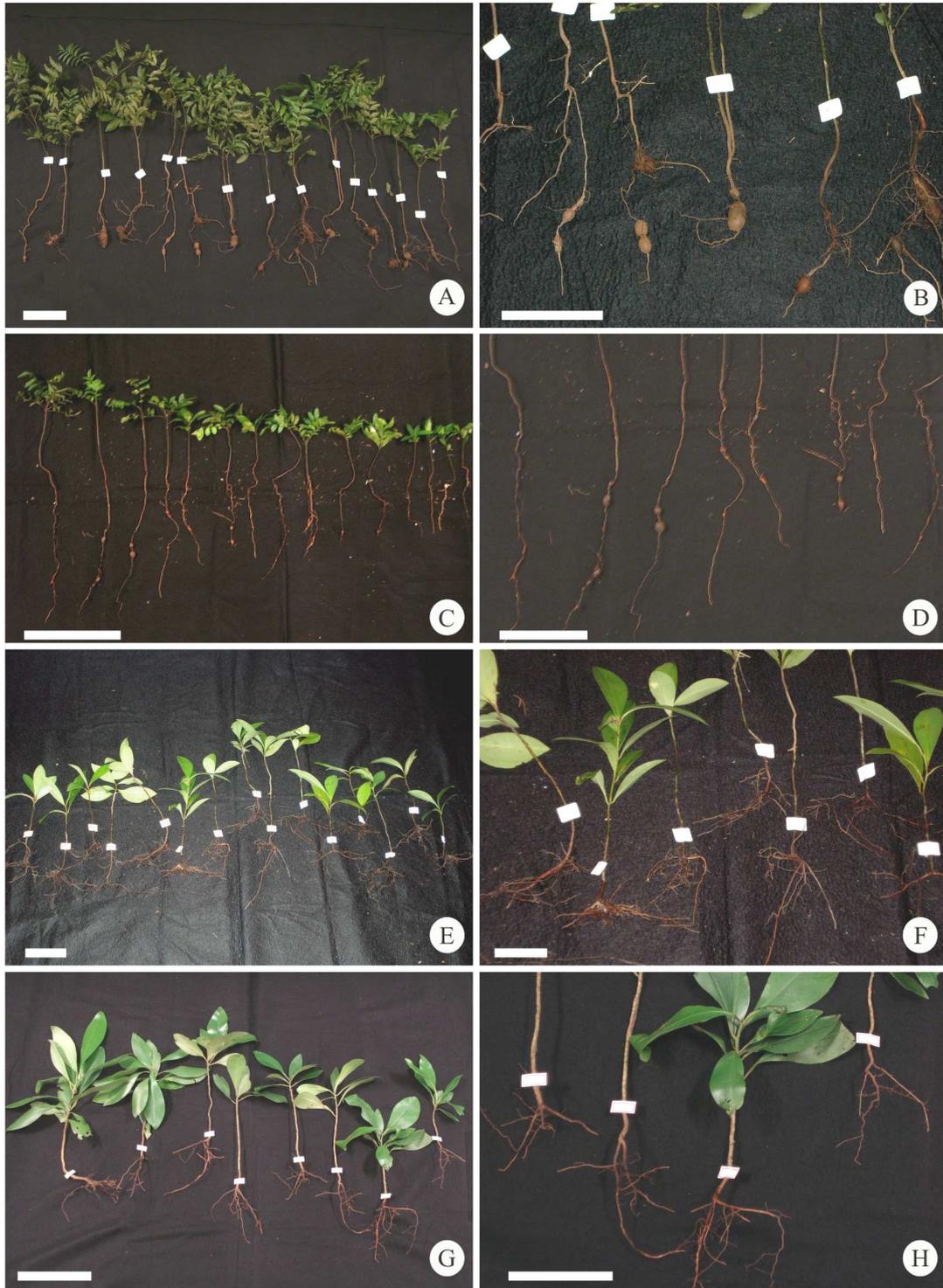


Figura 17: Aspecto geral e detalhe das raízes das plantas jovens coletados das espécies comuns entre Cerradão (Ce) e em Floresta Estacional Semidecidual (FES). **A e B-** *Cupania tenuivalvis* - Ce; **C e D-** *Cupania tenuivalvis* Radlk. - FES; **E e F-** *Myrsine umbellata* Mart. - Ce; **G e H-** *Myrsine umbellata* - FES. **A, C, E e G – barra= 20cm** **B, D, F e H – barra=10cm**

Apesar de vários autores comentarem que as plantas adultas do Cerrado tendem a apresentar raízes mais profundas quando comparadas com as de outras formações florestais (Rizzini & Heringer, 1962; Poggiani, 1974 e Coutinho, 2002), isso não foi verificado para nenhuma das duas espécies estudadas, uma vez que não houve diferença entre as formações para o comprimento de raízes de plantas jovens. Esse resultado obtido para as espécies comuns foi semelhante ao encontrado quando se comparou as duas comunidades. Uma das explicações para esse resultado seria o fato de o estudo ter sido realizado em plantas jovens, podendo essas diferenças aparecer num estágio mais avançado de desenvolvimento.

Um fato interessante a ser observado, é a expressão genética das espécies *C. tenuivalvis* e *M. umbellata* em relação ao desenvolvimento radicular, onde ambas as espécies apresentaram um sistema radicular semelhante nas duas formações. A *C. tenuivalvis* apresentou poucas raízes laterais e uma raiz pivotante bem definida, a qual confere um maior desenvolvimento em profundidade, além disso, essa espécie apresentou ainda regiões tuberizadas das raízes nos dois ambientes de ocorrência. A *M. umbellata* não apresentou raiz pivotante bem definida, com a presença de um sistema radicular melhor distribuído horizontalmente em função da maior quantidade de raízes laterais. A expressão fenotípica pode ser observada visualmente para ambas as espécies, sendo que para *C. tenuivalvis* foi observado tuberizações maiores na condição de Ce quando comparado à de FES. Para *M. umbellata*, nota-se uma maior quantidade de raízes laterais em Ce, porém mais finas que as encontradas na condição de FES (Figura 16).

Tabela 8: Comprimento médio da parte aérea e das raízes de plantas jovens de *Myrsine umbellata* Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	comprimento		PA/R
	parte aérea	raízes	
	----- cm -----		
Ce	21,48 b	17,03 a	1,28 b
FES	29,68 a	16,43 a	1,81 a

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 9: Comprimento médio da parte aérea e das raízes de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	comprimento		PA/R
	parte aérea	raízes	
	----- cm -----		
Ce	25,29 a	26,09 a	0,97 a
FES	18,54 b	29,92 a	0,62 b

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Para as variáveis de massa seca da *M. umbellata*, não foi constatada diferença significativa entre as duas procedências para a biomassa de raízes, porém, a maior biomassa de folhas e caule foi verificada nas plantas procedentes de FES, sendo cerca de 1,5 vezes maior que aquela encontrada nas plantas de Ce, o que conferiu maior massa seca total para as plantas procedentes de FES (Tabela 10).

Quanto as diferenças encontradas em *C. tenuivalvis*, os resultados mostram que a maior produção de biomassa de folha, caule, raízes finas e raízes tuberizadas foi encontrada em indivíduos procedentes de Ce, cerca de 3,6; 2,7; 2,1 e 5,9 vezes maior que os de FES, respectivamente (Tabela 11).

Também foi calculada a razão entre a massa seca da parte aérea e raízes (PSPA/PSR). Nota-se que tanto em *C. tenuivalvis* quanto em *M. umbellata* a maior razão PSPA/PSR esteve presente nas plantas jovens procedentes da FES, ou seja, no ambiente de Ce houve um maior investimento proporcional na formação de biomassa radicular em relação à parte aérea (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10: Massa seca médio da parte aérea (folha e caule) e das raízes de plantas jovens de *Myrsine umbellata* Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	Massa seca						total	PSPA/PSR		
	folhas		caule		raízes					
----- g -----										
Ce	3,42	b	2,32	b	2,74	a	8,48	b	2,09	b
FES	5,02	a	3,30	a	2,57	a	10,90	a	3,24	a

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 11: Massa seca médio da parte aérea (folha e caule) e das raízes de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	Massa seca						total	PSPA/PSR				
	folhas		caule		raízes	raízes tuberizadas						
----- g -----												
Ce	5,21	a	3,66	a	3,48	a	11,01	a	23,37	a	0,61	b
FES	1,46	b	1,37	b	1,63	b	1,87	b	6,33	b	0,81	a

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Ao analisar as razões PA/R e PSPA/PSR, nota-se que a *C. tenuivalvis* apresentou um comportamento diferenciado em relação as variáveis analisadas. Para a razão PA/R o Ce apresentou um maior valor em relação à FES, porém ao utilizar a razão PSPA/PSR, observa-se uma inversão no resultado, ou seja, o maior valor foi encontrado na condição de FES (Figura 18). Esse resultado deve-se ao fato das plantas jovens procedentes do Ce apresentarem maior quantidade de tuberizações bem como da presença de maiores diâmetros nessa parte das

raízes comparados aos procedentes de FES (Figura 17), fazendo com que essa razão fosse mais estreita no ambiente Ce.

A partição da biomassa é uma das diferenças marcantes quando se compara espécies de Cerrado e de floresta sendo que uma das características da vegetação de Cerrado é a alta proporção de raízes em relação à parte aérea (Haridasan, 2000; Hoffmann, 2005). Entretanto, a expressão das características genéticas de cada espécie deve ser considerada, como no caso da *M. umbellata* que investiu muito mais na formação de parte aérea que em raízes, tanto em comprimento quanto em biomassa, independente do ambiente analisado. No entanto, apesar de serem populações diferentes, quando se compara espécies comuns a essas formações as diferenças existentes podem ser atribuídas ao efeito do ambiente (Haridassan & Araújo, 2003), conforme verificado para *C. tenuivalvis* e *M. umbellata* que no presente estudo mostraram que no Ce houve um maior investimento em biomassa radicular.

Sendo assim, a *M. umbellata* mostrou que independente do parâmetro analisado, seja comprimento ou massa seca, a razão entre parte aérea/raízes é sempre maior nas plantas de FES, sendo que esse resultado seguiu o mesmo padrão encontrado quando se comparou as diferentes espécies pertencentes as duas comunidades. Já a *C. tenuivalvis* apresentou resultado semelhante ao encontrado quando se comparou as comunidades apenas para o parâmetro razão massa seca da parte aérea/raízes (PSPA/PSR).

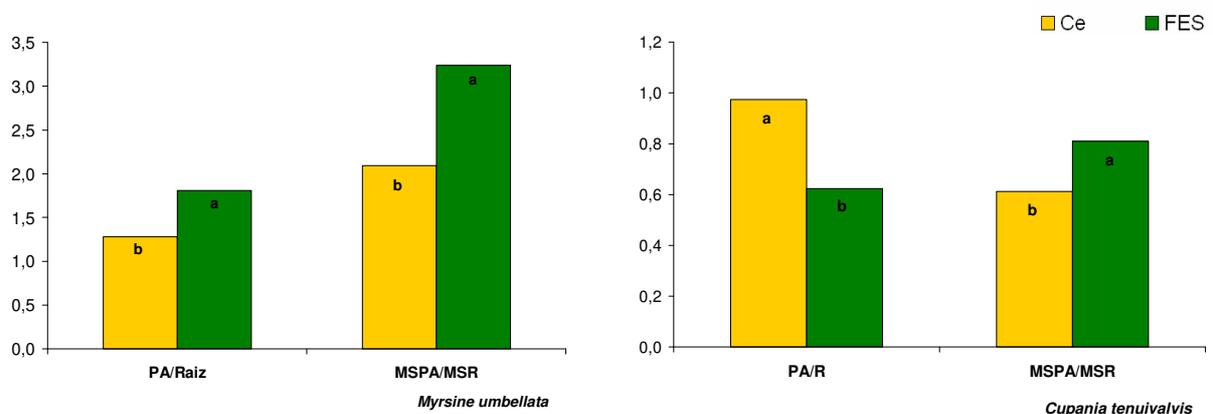


Figura 18: Razão entre parte aérea e raízes considerando comprimento (PA/R) e massa seca (PSPA/PSR) de plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Um parâmetro importante analisado foi a distribuição percentual da biomassa em folha, caule e raízes. Os resultados mostram que para a *M. umbellata*, a porcentagem de biomassa de raízes em relação ao total da planta foi maior nos indivíduos procedentes de Ce, sendo cerca de

35% maior que aquela verificada em indivíduos de FES. Já para caule e folhas não houve diferença significativa entre as duas procedências (Figura 19 A).

Já a *C. tenuivalvis*, em relação à parte aérea, não houve diferença significativa entre as procedências para o percentual de biomassa de folhas. Entretanto, as plantas de FES apresentaram um maior percentual de biomassa de caule que as plantas de Ce. Ao comparar o sistema radicular, as plantas de FES tiveram maior percentual de biomassa de raízes finas que os de Ce, no entanto para raízes tuberizadas, as plantas procedentes de Ce foram os que mostraram o maior percentual em relação a massa seca total. Ainda sobre a partição da biomassa radicular em raízes finas e tuberizadas, as plantas de FES mostram uma distribuição percentual semelhante entre s fina e raízes tuberizadas, já em Ce, a maior parte da biomassa radicular concentrou-se na região tuberizada das raízes, onde verificou-se que 76% do peso total das raízes das plantas procedentes de Ce foram representados pela biomassa das regiões tuberizadas (Figura 19 B).

Chama a atenção ainda o fato das plantas de *C. tenuivalvis* do Ce apresentarem para a região tuberizada um valor de 11,01 g/planta contra somente 1,87 g/planta na FES, ou seja, o Ce teve 5,9 vezes mais biomassa de raízes tuberizadas que a FES. Já em relação à região não tuberizada das raízes (raízes finas), os indivíduos de Ce apresentaram um valor médio de 3,49 g/planta contra 1,63 g/planta dos procedentes de FES. Isso significa que para raízes finas, os indivíduos de Ce apresentaram uma biomassa de somente 2,1 vezes maior que áquela verificada nos indivíduos de FES. Nota-se ainda que a diferença marcante entre os dois ambientes está na massa seca das raízes tuberizadas, uma vez que para a massa seca das raízes finas não se constatou diferença significativa (Figura 20).

Conforme já comentado anteriormente, ao analisar as espécies comuns entre ambientes contrastantes é possível verificar os efeitos do ambiente sobre essas espécies (Haridassan & Araújo, 2003). No presente estudo foi possível verificar o efeito do ambiente sobre a distribuição da biomassa em diferentes partes da planta, sendo que os indivíduos do Ce acabaram direcionando um maior investimento em biomassa radicular, conforme também já relatado para indivíduos arbóreos adultos por Haridasan (2000) e Hoffmann (2005).

Esse resultado verificado tanto para *M. umbellata* quanto para *C. tenuivalvis* foi semelhante ao encontrado quando se comparou as duas comunidades, onde os indivíduos procedentes de Ce mostraram maior percentual de biomassa das raízes quando comparados com os procedentes de FES.

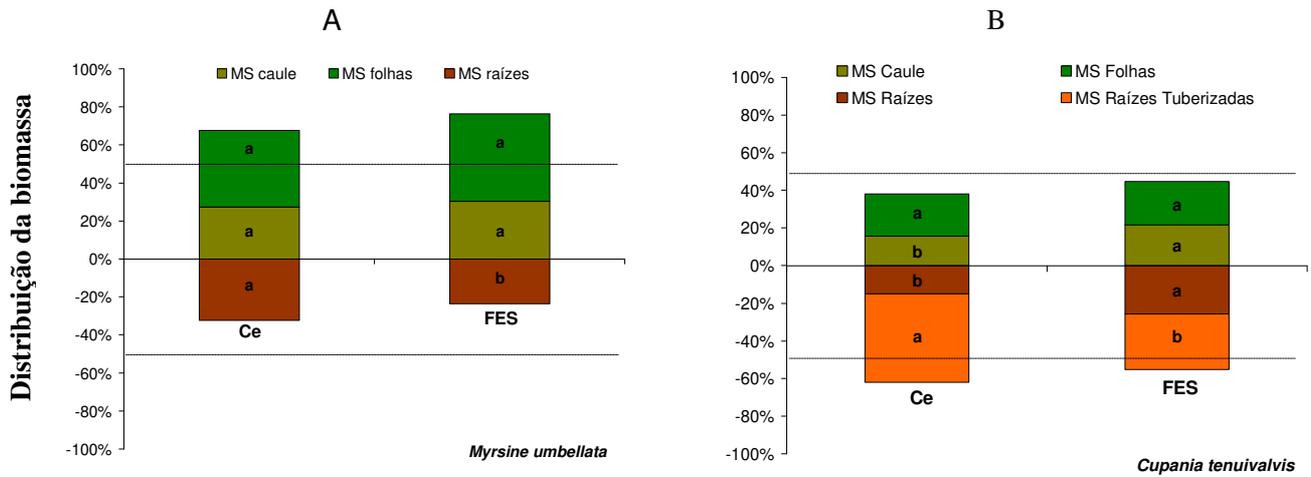


Figura 19: Distribuição percentual da biomassa em parte aérea e raízes em plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

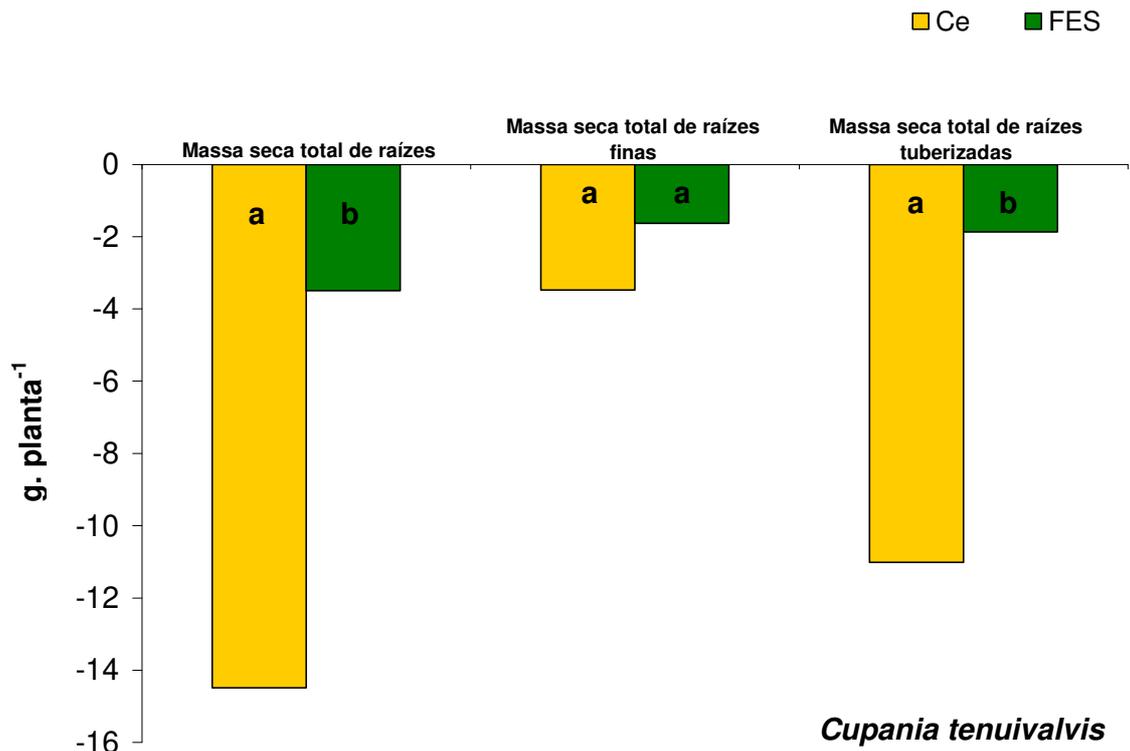


Figura 20: Massa seca total das raízes, massa seca total das raízes finas e massa seca total de raízes tuberizadas de plantas jovens de *C. tenuivalvis* procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

5.2.2. Teores, quantidades e distribuição de macro e micronutrientes e alumínio na planta: comparação entre plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão

Os teores médios de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Fe, Cu, Zn e Mn) e Al nas diferentes partes das plantas de *M. umbellata* e *C. tenuivalvis* nas condições de Ce e FES estão apresentados nas Tabelas 12 e 13.

Para o teor de N nas diferentes partes da planta, a *M. umbellata* apresentou diferenças significativas entre as procedências apenas para o teor nas folhas, cujo maior teor foi verificado nos indivíduos de FES. Já a *C. tenuivalvis* as diferenças entre procedências foram verificadas para folha e também raízes não tuberizadas, onde as maiores concentrações estiveram presentes nos indivíduos procedentes da FES.

O maior conteúdo de matéria orgânica no solo da FES (38,9 g.dm⁻³) quando comparado ao Ce (27 g.dm³) conforme apresentado na Tabela 2 pode ter refletido sobre os teores foliares de N em *M. umbellata* e *C. tenuivalvis*, uma vez que se constatou diferença significativa entre as duas formações. Para esse nutriente, as duas espécies comuns mostraram comportamento similar ao verificado quando se analisou as duas comunidades de forma geral.

Em relação ao teor de P nas diferentes partes da planta, nota-se que para a *C. tenuivalvis* não houve diferença significativa entre Ce e FES para nenhuma das partes analisadas da planta, porém para *M. umbellata* o maior teor de P foi encontrado nos indivíduos procedentes da FES para todas as partes analisadas da planta. Nessa espécie, os indivíduos de FES apresentaram aproximadamente o dobro da concentração de P nas folhas e caule quando comparado com os indivíduos de Ce (Tabela 12), mostrando dessa forma que essa espécie representa o mesmo comportamento da comunidade quando se analisa o teor de P na planta, contrário ao verificado para *C. tenuivalvis*.

Os maiores teores de P em todas as partes da planta de *M. umbellata* na condição de FES podem ser explicados pela maior disponibilidade desse elemento no solo dessa formação, uma vez que os valores encontrados foram cerca de 3 vezes maiores que àqueles verificados no solo do Ce (Tabela 2). A ausência do efeito do ambiente sobre a concentração de P na planta de *C. tenuivalvis* deve-se ao fato de não haver grandes diferenças entre o teor de P encontrado no solo do trecho de ocorrência dessa espécie na FES e o encontrado no solo de Ce.

Para os teores de K, tanto *M. umbellata* quanto *C. tenuivalvis* apresentaram maiores teores nas folhas, caule e raízes na condição de FES, porém para o caule a diferença entre

indivíduos de *M. umbellata* procedentes de FES e de Ce não foi significativa. Os teores verificados nas plantas de *M. umbellata* procedentes de FES foram 3,1; 2,0 e 1,9 vezes maiores que aqueles encontrados nas plantas de Ce para folha, caule e raízes, respectivamente. Já para a *C. tenuivalvis*, os teores observados em indivíduos de FES foram 2,1; 2,7 e 2,1 vezes maiores que nos de Ce, para folha, raízes finas e raízes tuberizadas, respectivamente. Ambas as espécies apresentaram a mesma tendência daquela verificada quando se analisou a comunidade como um todo em relação ao teor de K na planta.

Para a concentração de Ca foi verificado para a *M. umbellata* que os maiores teores em todas as partes analisadas da planta foram encontrados em indivíduos de FES. Já para a *C. tenuivalvis*, houve diferença significativa somente para o teor foliar, cujo valor também foi maior nos indivíduos procedentes de FES. Chama a atenção, no ambiente de Ce, o elevado teor de Ca nas folhas de *M. umbellata* quando comparada à *C. tenuivalvis*, uma vez que os indivíduos de *M. umbellata* apresentaram teor foliar cerca de 2,4 vezes maior que aquele verificado em indivíduos de *C. tenuivalvis*. Esses resultados mostram que as espécies respondem de forma diferenciada à disponibilidade de Ca no solo, sendo que a *M. umbellata* apresentou alta capacidade de extração desse nutriente mesmo em condições de baixa disponibilidade no solo, pois o solo do Ce apresentou cerca de 33 vezes menos Ca que o solo de FES. Nota-se que a *M. umbellata* apresentou o mesmo comportamento verificado para as comunidades quando se analisou o teor de Ca em todas as partes da planta. Porém, em *C. tenuivalvis* somente quando se analisou o teor de Ca nas folhas constatou-se resultados semelhantes aos encontrados para comunidades de uma forma geral.

A baixa disponibilidade de nutrientes dos solos do Cerrado quanto ao Ca tem reflexo sobre as concentrações foliares desses nutrientes, sendo que num Cerrado distrofico, Araújo (1984) encontrou valores de Ca variando de 3,9 a 4,5 g kg⁻¹, muito inferior àqueles encontrados em *M. umbellata*, porém próximos aos verificados em *C. tenuivalvis* na condição de Ce. Isso indica, como já relatado anteriormente, que *M. umbellata* é uma espécie com alta capacidade de absorção de Ca mesmo em condições de baixo fornecimento do solo, apresentando comportamento distinto ao verificado quando se analisou a comunidade de uma forma geral, pois os teores de Ca nessa espécie foram muito superiores aos encontrados em todas as outras espécies estudadas no ambiente de Ce (Tabela 12 anexo).

Segundo a classificação quanto à concentração de Ca nas folhas, espécies calcícolas são aquelas que apresentam concentrações entre 15,7 a 22,7 g kg⁻¹, enquanto as calcífugas são as que apresentam valores de 4,8 a 10,8 g kg⁻¹ (Hou & Merkle, 1950). Considerando essa

classificação, a espécie *C. tenuivalvis* pode ser considerada calcífuga em ambos os ambientes estudados, contrário da *M. umbellata*, que pode ser considerada calcícola.

Para o Mg, em *M. umbellata*, foram constatadas diferenças significativas entre as procedências de Ce e de FES somente para folhas e caule, sendo os maiores valores encontrados nos indivíduos procedentes de FES. Já a *C. tenuivalvis* mostrou diferenças entre os dois ambientes apenas para o caule, cujo maior valor foi em plantas de Ce. Esses resultados mostrou que ao analisar a *C. tenuivalvis*, esta espécie não refletiu o comportamento das comunidades em relação aos teores de Mg nas plantas, enquanto que para *M. umbellata* os resultados foram similares aqueles verificados quando de comparou as duas comunidades de forma geral.

De maneira geral, as raízes foram menos responsivas às variações de Mg no solo quando comparadas às folhas e caule, uma vez que tanto a *C. tenuivalvis* quanto a *M. umbellata* não apresentaram diferenças entre os ambientes quanto ao teor de Mg nas raízes.

A menor resposta da *C. tenuivalvis* para as concentrações de P e Mg quando se compara as duas formações deve-se ao fato de que o trecho de ocorrência dessa espécie no ambiente de FES apresentou menores teores desses nutrientes no solo quando comparado ao trecho de ocorrência da *M. umbellata* na condição de FES. Os valores de P e Mg encontrados no solo do trecho de ocorrência da *C. tenuivalvis* em FES foram mais próximos daqueles verificados no solo de Ce.

Os teores foliares de Mg encontrados em *C. tenuivalvis* e *M. umbellata* no Ce no presente estudo estão acima daqueles verificados para espécies de Cerrado típico por Lilienfein et al. (2001), cuja amplitude de variação esteve entre 0,7 e 2,1 g kg⁻¹. Em outro estudo, realizado por Araújo (1984), a faixa de variação encontrada para espécies em Cerrado distrófico foi de 0,9 a 4,1 g kg⁻¹, sendo assim, os valores encontrados no presente estudo estão mais próximos dos daqueles obtidos por Araújo (1984).

Para a concentração de S, a *M. umbellata* mostrou maior teor foliar em indivíduos procedentes de FES, porém para o teor em raízes o maior valor foi verificado em indivíduos de Ce. Para o teor de S no caule em *M. umbellata*, não houve diferença significativa entre as formações. Os resultados de teores de S para a *C. tenuivalvis* mostram que não houve diferenças significativas entre as procedências de Ce e de FES para nenhuma das partes analisadas da planta. De forma geral, a *C. tenuivalvis* apresentou comportamento semelhante aquele verificado quando se comparou as duas comunidades em relação ao teor de S na planta.

Nos estudos envolvendo aspectos nutricionais de espécies nativas (Haridasan, 1982; Ribeiro, 1983; Araújo, 1984; Silva, 1991; Moraes, 1994; Haridasan & Araújo, 2005; Cardoso, 2006) não tem sido comum a determinação da concentração de S nas plantas sejam jovens ou adultas.

Tabela 12: Teores de macro e micronutrientes e alumínio na parte aérea (folhas e caule) e nas raízes de plantas jovens de *Myrsine umbellata* Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	folhas	caule	raízes	folhas	caule	raízes	folhas	caule	raízes
----- g kg ⁻¹ -----									
Ce	10,27 b	6,53 a	4,97 a	0,27 b	0,17 b	0,17 b	7,27 b	2,93 b	2,77 b
FES	13,37 a	6,10 a	5,87 a	0,57 a	0,40 a	0,30 a	22,43 a	5,93 a	5,30 a
Cálcio			Magnésio			Enxofre			
Ce	12,10 b	6,20 b	3,03 b	2,67 b	0,83 b	0,87 a	1,07 b	0,70 a	0,83 a
FES	17,03 a	20,63 a	5,63 a	5,10 a	1,33 a	0,80 a	1,60 a	0,70 a	0,67 b
Boro			Zinco			Manganês			
----- mg kg ⁻¹ -----									
Ce	23,56 a	14,10 a	14,27 a	23,17 a	25,50 a	54,67 b	225,00 a	566,67 a	98,33 a
FES	30,39 a	19,43 a	11,26 a	28,00 a	24,67 a	94,83 a	45,00 b	43,33 b	35,00 b
Ferro			Cobre			Alumínio			
Ce	90,00 b	101,67 a	275,00 a	6,33 a	6,17 a	7,00 a	246,67 a	271,67 a	2.300,00 a
FES	136,67 a	126,67 a	166,67 b	5,00 a	3,33 b	3,50 b	166,67 b	156,67 b	246,70 b

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Em relação ao B, tanto para a *M. umbellata* quanto para a *C. tenuivalvis*, não foi constatada diferença significativa entre os dois ambientes para nenhuma das partes analisadas da planta. A baixa resposta das plantas ao B pode ser devido ao fato de a concentração no solo não ter sido diferente entre Ce e FES (Tabela 2). Esse mesmo comportamento encontrado para as espécies comuns foi verificado quando se analisou o teor de B nas plantas das comunidades de Ce e FES.

Para o Zn, os indivíduos de *M. umbellata* não apresentam diferença quanto ao teor foliar de Zn quando se comparou as duas procedências, já os indivíduos de *C. tenuivalvis* procedentes de FES apresentaram teor foliar mais elevado de Zn quando comparado aos de Ce.

Para o caule os indivíduos de *C. tenuivalvis* apresentaram maiores teores de Zn na condição de FES enquanto que para *M. umbellata* não houve diferença entre as duas formações. Já os resultados de concentração de Zn nas raízes mostraram que as plantas de

M. umbellata de Ce tiveram maior teor desse nutriente, no entanto não houve diferenças entre as procedências de Ce e de FES para as plantas de *C. tenuivalvis*.

Dessa forma para o teor de Zn na planta nenhuma das duas espécies comuns seguiu o mesmo padrão de comportamento apresentado pelas comunidades, onde os maiores teores de Zn em todas as partes da planta foram sempre verificados em indivíduos de FES.

Para os teores de Mn, a *M. umbellata* mostrou diferenças significativas entre Ce e FES para todas as partes analisadas da planta, sendo sempre os maiores valores verificados em indivíduos de Ce. Já para *C. tenuivalvis*, foram observadas diferenças significativas apenas para caule e raízes finas, sendo os maiores valores observados em indivíduos de FES. Resultado de *C. tenuivalvis* e *M. umbellata* foi totalmente diferente ao verificado quando se analisou a comunidade de forma geral, uma vez que não houve diferença significativa entre as comunidades quanto ao teor de Mn em todas as partes da planta analisadas.

Chamam a atenção os teores de Mn encontrados em indivíduos de *M. umbellata* procedentes de Ce quando comparado aos de FES, principalmente em caule, onde os indivíduos de Ce apresentaram concentração 13 vezes maior que aquela verificada nos indivíduos de FES. No entanto, em *C. tenuivalvis* os resultados foram contrários, ou seja, os indivíduos de FES é que apresentaram os teores mais elevados, cerca de 3,3 vezes maior que os de Ce.

Os elevados valores de Mn observados em todas as partes da planta de *C. tenuivalvis* comparados aos de *M. umbellata* mostram que a espécie *C. tenuivalvis* apresenta alta capacidade de extração de Mn, independente do teor disponível no solo, uma vez que mesmo no solo de Ce, onde os valores de Mn foram cerca de 4 vezes menor que aquele encontrado no solo de FES (Tabela 2), a concentração foliar foi alta, $1.916,7 \text{ mg kg}^{-1}$. Gauch (1972) relata que espécies que apresentam teores foliares acima de 300 mg kg^{-1} já podem ser consideradas acumuladoras de Mn. Sendo assim, a *C. tenuivalvis* pode ser considerada uma espécies acumuladora de Mn, uma vez apresentando em ambos os ambientes estudados teores foliares muito acima do valor proposto por Gauch (1972).

Estudo realizado por Araújo & Haridasan (2005) com o objetivo de avaliar a influência da disponibilidade de nutrientes do solo sobre espécies nativas de duas florestas semidecíduas na região de Uberlândia também mostrou que os maiores teores foliares de Mn estavam acima de 2.000 mg kg^{-1} , resultados similares aos encontrados no presente estudo para a *C. tenuivalvis* nos dois ambientes estudados. Porém esses resultados estão muito acima daqueles encontrados em Cerrado e Cerrado distrófico por Ribeiro (1983) e Araújo (1984), cujos teores variaram de 10 a 1.080 mg kg^{-1} .

Para o teor de Fe, a *M. umbellata* mostrou diferenças significativas para os teores foliares e de raízes, sendo que o maior teor foliar foi verificado em indivíduos de FES, no entanto o teor em raízes foi maior nas plantas de Ce. Já a *C. tenuivalvis*, apresentou os maiores teores de Fe em folhas, caule e raízes finas nos indivíduos procedentes de FES e, quanto ao teor em raízes tubalizadas, não houve diferença significativa entre as procedências. A *C. tenuivalvis*, em parte representou o comportamento quando se comparou as comunidades, uma vez que os indivíduos de FES apresentaram maior teor nas folhas e caule quando comparados aos de Ce.

Quanto às concentrações de Cu, as diferenças significativas entre as procedências de *M. umbellata* foi constatada para caule e raízes, sendo os maiores valores encontrados em indivíduos de FES. Para a *C. tenuivalvis* a única diferença significativa foi constatada para raízes tubalizadas, sendo o maior teor observado para os indivíduos de Ce. O comportamento apresentado por *M. umbellata* foi totalmente diferente daquele verificado quando se comparou as comunidades, uma vez que os maiores teores de Cu no caule e raízes foram encontrados em indivíduos procedentes de Ce.

Araújo (2006) ao estudar padrões nutricionais de espécies lenhosas do Cerrado, encontrou uma faixa muito mais ampla de variação dos teores foliares de Cu que àquela encontrada no presente trabalho, sendo de 1,17 a 28,8 mg kg⁻¹, enquanto que a do presente estudo foi de 5,0 em *M. umbellata* de FES a 8,17 mg kg⁻¹ em *C. tenuivalvis* de Ce.

A *M. umbellata* apresentou maior teor de Al em folha, caule e raízes em indivíduos procedentes de Ce. Já em *C. tenuivalvis* as diferenças significativas foram verificadas em folha e caule somente, sendo que os maiores teores foram observados nos indivíduos procedentes de FES. O comportamento quanto ao teor de Al no caule e raízes verificado em *M. umbellata* foi semelhante ao encontrado quando se analisou as comunidades de maneira geral, sendo que os indivíduos procedentes de Ce apresentaram maiores teores quando comparados aos de FES. Entretanto os resultados encontrados para *C. tenuivalvis* não refletiram o comportamento verificado para a análise geral das comunidades (Tabela 6), uma vez que nessa espécie os maiores teores de Al nas folhas e caule foram verificados em indivíduos procedentes de FES.

Para a *C. tenuivalvis*, como relatado anteriormente, ao contrário da *M. umbellata*, a maior concentração foliar e de caule ocorreu em indivíduos procedentes de FES. Entretanto, deve-se considerar que a quantidade de Al trocável no solo do trecho de ocorrência da *C. tenuivalvis* na FES, foi de 7,50 mmol_c de Al.dm⁻³, muito maior que aquela encontrada no trecho de ocorrência *M. umbellata* na FES, 1,29 mmol_c de Al.dm⁻³. Porém mesmo assim o teor de Al no

solo da FES no trecho de ocorrência da *C. tenuivalvis* foi inferior àquele verificado no solo de Ce, 11,19 mmol_c de Al.dm⁻³ (Tabela 2).

De maneira geral, os resultados de Al nas raízes foram diferentes daqueles verificados para folhas e caule, pois na condição de Ce, a *M. umbellata* apresentou maior teor que a *C. tenuivalvis*.

Para a espécie *M. umbellata* na condição de Ce, chama a atenção o elevado teor de Al nas raízes quando comparado ao teor foliar, sendo o valor encontrado nas raízes 9,3 vezes maior que àquele encontrado nas folhas. Já na condição de FES, o teor de Al nas raízes foi somente 1,48 vezes maior que o teor foliar. Isso evidencia o fato dessa espécie não permitir o transporte do Al absorvido pelas raízes para a parte aérea, tratando-se de uma estratégia adaptativa. Nesse mesmo sentido, Haridasan (1982 e 1987) comenta que as plantas nativas utilizam estratégias de exclusão ou de absorção do Al sem haver nenhum efeito prejudicial para seu crescimento vegetativo, reprodução ou funções metabólicas.

Deve-se ressaltar a maior tolerância da *C. tenuivalvis* quando comparada à *M. umbellata* quanto aos teores de Al na parte aérea na condição de FES, uma vez que o teor encontrado nas folhas de *C. tenuivalvis* foi 5,7 vezes maior que àqueles verificados em *M. umbellata*.

Medeiros & Haridasan (1985) relatam que o teor foliar de Al em espécies não acumuladoras está na faixa de 100 a 600 mg kg⁻¹ e nunca maior que 800 mg kg⁻¹. Já nas plantas acumuladoras a concentração está na faixa de 1.000 a 1.800 mg kg⁻¹ e nunca menor que 900 mg kg⁻¹. Entretanto, para que sejam consideradas acumuladoras, devem apresentar altos teores nas folhas, mesmo em solos com baixos teores de Al. Mesmo considerando que o presente estudo foi realizado com plantas jovens, os resultados mostram ao considerar a classificação proposta por Medeiros & Haridasan (1985), que nenhuma das espécies do presente estudo poderia ser considerada acumuladora de Al, mesmo a *C. tenuivalvis*, uma vez que essa espécie apresentou teor foliar elevado na condição de FES, 943,30 mg kg⁻¹, entretanto, teor baixo na condição de Ce, 336,7 mg kg⁻¹. Entretanto, Haridasan (2008a) comenta que esse limite é arbitrário, pois não tem nenhuma importância fisiológica como também não se conhece nenhum papel do Al no metabolismo das plantas.

Araújo & Haridasan (2005) ao estudarem o perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas localizadas em Uberlândia, MG, encontraram 9 espécies acumuladoras de Al dentre 93 espécies estudadas, cujos teores foliares foram superiores a 1.000 mg kg⁻¹. Os maiores teores foliares foram encontrados em *Coussarea contracta* e *C. hydrangeaefolia*, 4.185 e 3.650 mg kg⁻¹, respectivamente, muito superiores aos verificados no presente estudo, o que reforça a hipótese de que nenhuma das espécies analisadas seria

acumuladora de Al. Deve-se ressaltar que não são todas as espécies típicas de ocorrência em Cerrado que podem ser consideradas acumuladoras de Al conforme resultados obtidos por Duboc (2005) ao estudar mudas de espécies arbóreas em solo de Cerrado na condição de casa de vegetação. Esse autor verificou teores foliares em *Eugenia dysenterica* variando de 713,5 a 730,3 mg kg⁻¹.

Tabela 13: Teores de macro e micronutrientes e alumínio na parte aérea (folhas e caule) e nas raízes de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

formação	Nitrogênio				Fósforo				Potássio			
	Folhas	Caule	Raízes	RT	Folhas	Caule	Raízes	RT	Folhas	Caule	Raízes	RT
----- g kg ⁻¹ -----												
Ce	18,10 b	7,97 a	6,70 b	5,30 a	0,60 a	0,20 a	0,13 a	0,20 a	6,20 b	4,17 a	1,97 b	2,37 b
FES	24,45 a	8,70 a	8,17 a	5,43 a	0,50 a	0,20 a	0,17 a	0,23 a	13,17 a	5,33 a	5,33 a	5,00 a
----- mg kg ⁻¹ -----												
Cálcio				Magnésio				Enxofre				
Ce	5,03 b	4,00 a	2,37 a	1,37 a	3,30 a	1,30 a	1,03 a	0,83 a	1,90 a	2,37 a	1,33 a	1,10 a
FES	8,67 a	6,00 a	3,50 a	2,67 a	3,10 a	0,90 b	1,47 a	1,00 a	1,97 a	1,23 a	1,93 a	1,97 a
Boro				Zinco				Manganês				
Ce	26,21 a	17,43 a	14,79 a	6,58 a	33,00 b	26,50 b	28,33 a	11,17 a	1916,70 a	667,00 b	361,67 b	160,00 a
FES	23,60 a	21,52 a	15,80 a	6,42 a	59,67 a	40,00 a	30,67 a	17,33 a	1833,30 a	2180,00 a	646,67 a	153,33 a
Ferro				Cobre				Alumínio				
Ce	216,7 b	251,7 b	475,00 b	221,67 a	8,17 a	6,83 a	6,67 a	4,00 a	336,67 b	428,33 b	1.855,00 a	663,30 a
FES	616,7 a	596,7 a	693,30 a	260,00 a	7,33 a	5,33 a	4,67 a	3,00 b	943,33 a	833,33 a	1.696,70 a	623,30 a

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Na figura 21 está apresentada a quantidade acumulada individual de cada macronutriente nas diferentes espécies nos dois ambientes. Analisando a *C. tenuivalvis*, verifica-se maior quantidade acumulada de todos os macronutrientes nas plantas de Ce quando comparados com os de FES. Chama atenção à diferença encontrada entre a quantidade acumulada de N e a dos demais macronutrientes na condição de Ce, sendo que a o acúmulo total de N foi 2,5 vezes maior que o de K. Já para FES, a diferença entre o acúmulo de N e de K foi bem inferior, sendo que a quantidade de N foi apenas 1,4 vezes maior que a de K. Ao comparar os dois ambientes, as maiores diferenças em termos de acúmulo ocorreram para o P, Mg, N e S, sendo que a quantidade acumulada nos indivíduos de Ce foi 4,1; 3,4; 3,3 e 3,3 vezes maior que aquela encontrada nos indivíduos de FES, respectivamente. De maneira geral, a ordem decrescente de acúmulo dos macronutrientes em *C. tenuivalvis* foi $N > K > Ca > Mg = S > P$ nos dois ambientes analisados.

Ao analisar o acúmulo individual dos macronutrientes em *M. umbellata* nota-se que os indivíduos de FES apresentaram maior quantidade acumulada de todos os macronutrientes em relação aos de Ce. Ao comparar as duas formações, verificou-se que as maiores diferenças ocorreram para o acúmulo de K, P e Ca, sendo que os indivíduos de FES apresentaram 3,8; 2,8 e 2,7 vezes mais quantidade acumulada que os de Ce, respectivamente. A ordem decrescente de acúmulo foi diferente quando se comparou as formações, sendo que na condição de Ce foi $Ca = N > K > Mg > S > P$. Na condição de FES: $Ca > K > N > Mg > S > P$.

De maneira geral, a *C. tenuivalvis* teve comportamento mais próximo ao verificado quando se analisou as comunidades quanto ao acúmulo dos macronutrientes nas plantas. Já para a *M. umbellata* o resultado foi discrepante ao encontrado quando se comparou as duas comunidades, uma vez que a quantidade acumulada de N foi menor que a de Ca e K na condição de FES, e para o Ce, não se verificou diferença entre os três macronutrientes. Quando se analisou as comunidades, a quantidade acumulada de N e Ca foram similares para a condição de FES, enquanto que no Ce, o acúmulo de N foi superior ao de K e Ca.

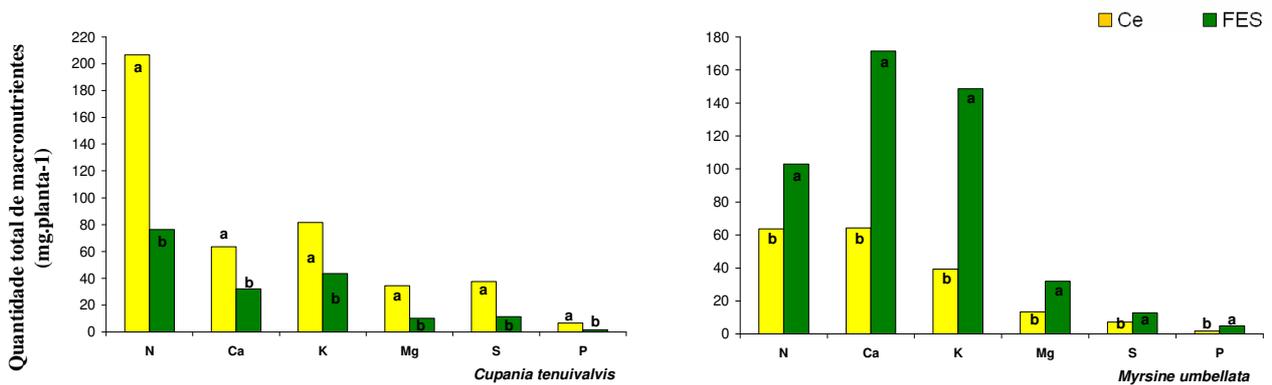


Figura 21: Quantidade total de N, P, K, Ca, Mg e S acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

A quantidade acumulada de cada micronutriente para as duas espécies estudadas nos dois ambientes está apresentada na figura 22. Ao analisar a *C. tenuivalvis*, verificou-se que a maior quantidade acumulada de todos os micronutrientes foi encontrada nas plantas de Ce. As maiores diferenças quando se comparou as formações foram para o B e Cu, sendo que a quantidade acumulada no Ce foi 5,1 e 4,3 vezes maior que aquela encontrada na condição de FES, respectivamente. A ordem decrescente de acúmulo dos micronutrientes foi a mesma nos dois ambientes, sendo: Mn > Fe > Zn > B > Cu.

Para *M. umbellata*, verificou-se que a maior quantidade acumulada de Mn e Cu esteve presente nos indivíduos de Ce. Já para Zn e B, o maior acúmulo foi observado nos indivíduos de FES. Para e Fe não foi notada diferença entre os ambientes. A ordem decrescente foi diferente entre os ambientes, sendo que o nutriente de maior acúmulo no Ce foi o Mn, enquanto na FES o Fe e, para os demais micronutrientes a ordem foi a mesma nos dois ambientes, ou seja, Zn > B > Cu.

A quantidade acumulada de Fe e Mn em *C. tenuivalvis* foi maior que a encontrada em *M. umbellata* nas duas formações, isso mostra que a *C. tenuivalvis* pode ser considerada uma espécie com alta capacidade de absorção desses dois micronutrientes.

A *M. umbellata* mostrou resultados semelhantes aos encontrados quando se comparou as duas comunidades quanto ao acúmulo de micronutrientes nas plantas, no entanto a *C. tenuivalvis* mostrou resultados inversos para todos os micronutrientes, com exceção do Mn, sendo sempre os maiores acúmulos verificados em plantas procedentes de Ce.

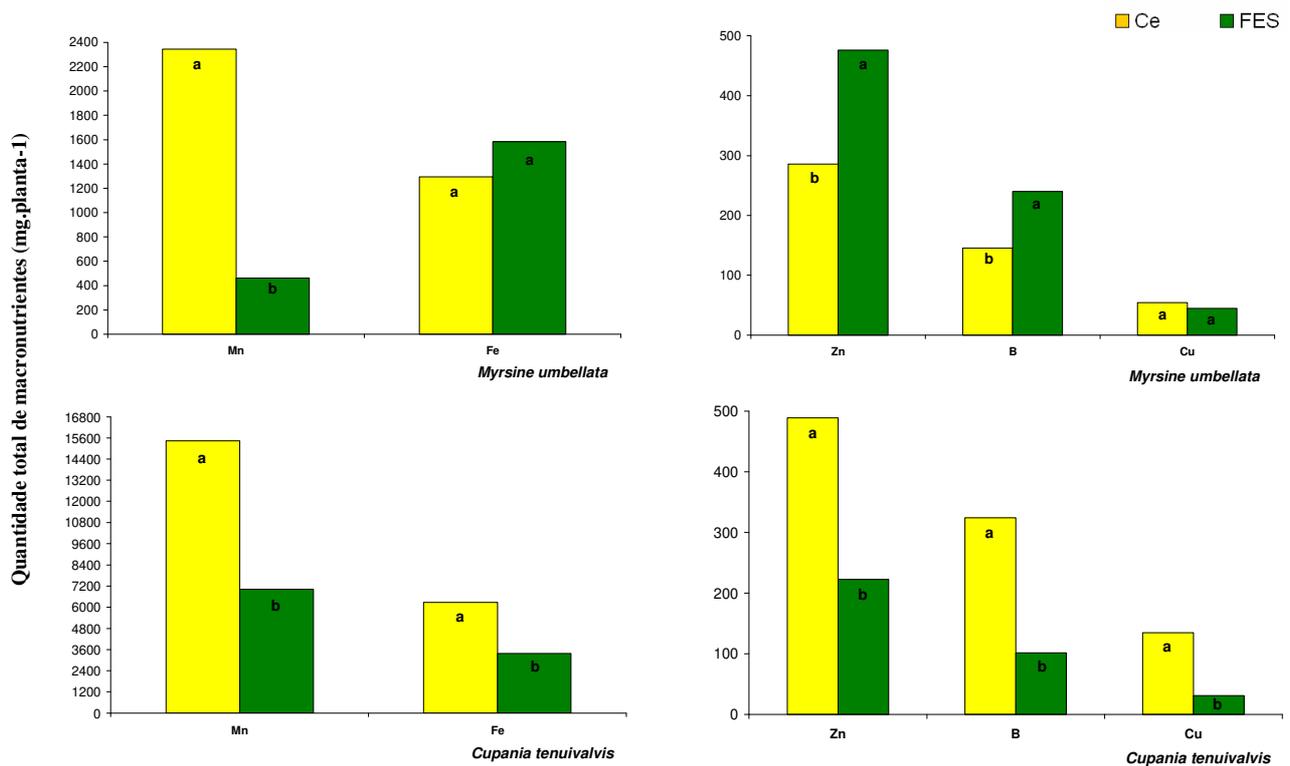


Figura 22: Quantidade total de Mn, Fe, Zn, B e Cu acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

A figura 23A mostra o quanto cada macronutriente representou percentualmente em relação ao total acumulado dos nutrientes em cada uma das formações para a *M. umbellata*. Observa-se que as grandes diferenças entre as duas formações ocorreram em relação ao N, Ca, K. Na condição de Ce, cerca de 34% do total absorvido pelas plantas foi N, enquanto que na FES em torno de 22%. Nota-se maior percentual de Ca e K em relação ao total acumulado em FES de forma que existe um maior equilíbrio na distribuição de Ca e K nessa formação quanto comparada ao Ce, sendo assim, na FES o Ca e o K representaram cerca de 34 e 31% do total acumulado, respectivamente. Já no Ce, o Ca e K representaram 34 e 21%, respectivamente. O comportamento do S foi similar entre as formações, ou seja, na condição de Ce, nota-se que 3,8% do total acumulado foi S, enquanto na FES 2,7%. E o P representou, aproximadamente 1% do total acumulado pelas plantas em ambas as formações.

Na figura 23B está apresentada a distribuição percentual em relação ao total acumulado de micronutrientes para a *M. umbellata*. As maiores diferenças observadas quando se compara as duas formações foram em relação ao Mn, Fe, Zn e o B, sendo que na condição de Ce 56,8% do total acumulado de micronutrientes foi Mn, já na FES, apenas 16%. Em relação ao Fe, nota-se que a quantidade acumulada na FES foi de 31,4% em relação a quantidade total acumulada

de micronutrientes, enquanto que no Ce 56,4%. A quantidade acumulada de Zn representou apenas 7% do total acumulado de micronutrientes em Ce, enquanto em FES, 17%. Em relação ao B, enquanto que em Ce o acúmulo desse nutriente representou cerca de 3,5% do total acumulado de micronutrientes, em FES representou 8,5%.

Para a *C. tenuivalvis*, a distribuição percentual dos macronutrientes em relação a quantidade total acumulada foi mais equilibrada quando se comparou as duas formações, para todos os nutrientes, sendo que para as duas formações o N, K e Ca foram os mais representativos percentualmente, representando juntos cerca de 83 e 87% da quantidade total de macronutrientes em Ce e FES, respectivamente. (Figura 23C). Para os micronutrientes também nota-se que não houve diferenças entre as duas formações quando se compara os percentuais de cada um dos micronutrientes em relação ao total acumulado, sendo que o Mn e o Fe foram os mais representativos, uma vez que em Ce cerca de 68 e 28% do total de micronutrientes acumulado foi de Mn e Fe, respectivamente. Já na condição de FES, 65 e 31% para Mn e Fe, respectivamente (Figura 23D).

Os resultados quanto à distribuição percentual dos macronutrientes em relação ao total acumulado para as duas espécies comuns entre Ce e FES foram de uma forma geral semelhantes daqueles apresentados quando se comparou as duas comunidades. Porém, para a *M. umbellata*, o percentual que o Ca representou em relação ao total de macronutrientes acumulado foi semelhante nos dois ambientes, resultado esse distinto daquele verificado quando se comparou a duas comunidades, no qual, o Ce mostrou valor bem inferior ao da FES. Como já relatado anteriormente, a *M. umbellata* mesmo em solo de Ce, onde existe baixa disponibilidade desse nutriente quando comparado ao solo de FES, teve alta capacidade de extração de Ca.

Já para os micronutrientes analisados, o que mais chama atenção são os resultados do Mn, sendo que para a *M. umbellata* em ambiente de FES o percentual desse nutriente foi menos representativo em relação ao total de micronutrientes quando comparado a análise da comunidade de FES.

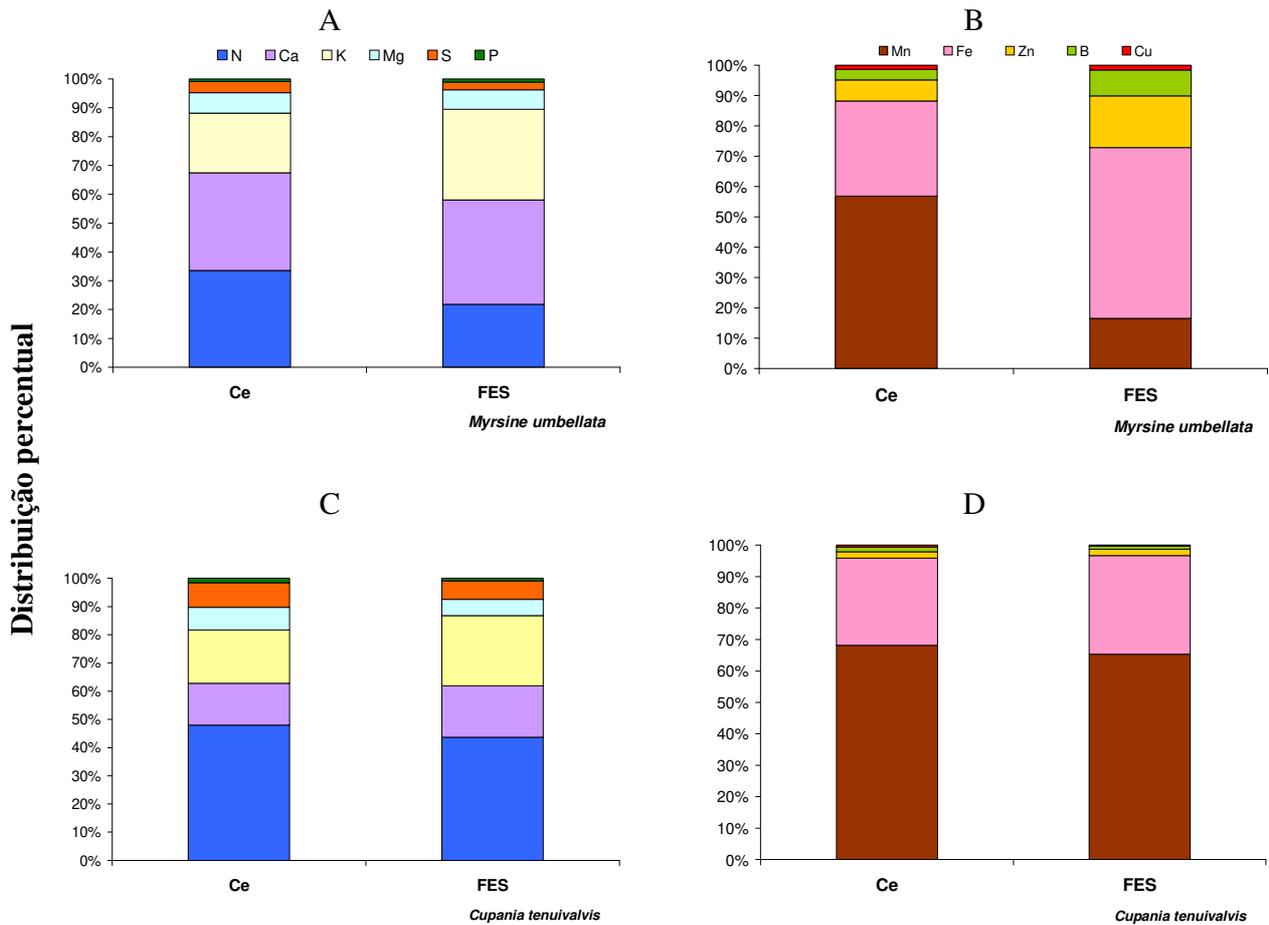


Figura 23: Percentual de cada nutriente em relação a quantidade total acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES). A- macronutrientes em *M. umbellata*; B- micronutrientes em *M. umbellata*; C- macronutrientes em *C. tenuivalvis* e D- micronutrientes em *C. tenuivalvis*.

Para as duas espécies estudadas o maior acúmulo de Al ocorreu nos indivíduos procedentes de Ce. A maior quantidade acumulada de Al pelas plantas procedentes de Ce independente da espécie no presente trabalho foi reflexo direto da maior quantidade trocável de Al presente no solo de Ce quando comparado ao de FES (Figura 24). Vários trabalhos mostram que os solos de Cerrado são caracterizados por baixos teores de P, Bases (K, Ca e Mg) e altos teores de Al (Haridasan, 2000, 2001 e 2008a; Lilienfein et al., 2001), confirmando a importância da adaptação das espécies que vivem nesses ambientes em relação aos fatores edáficos.

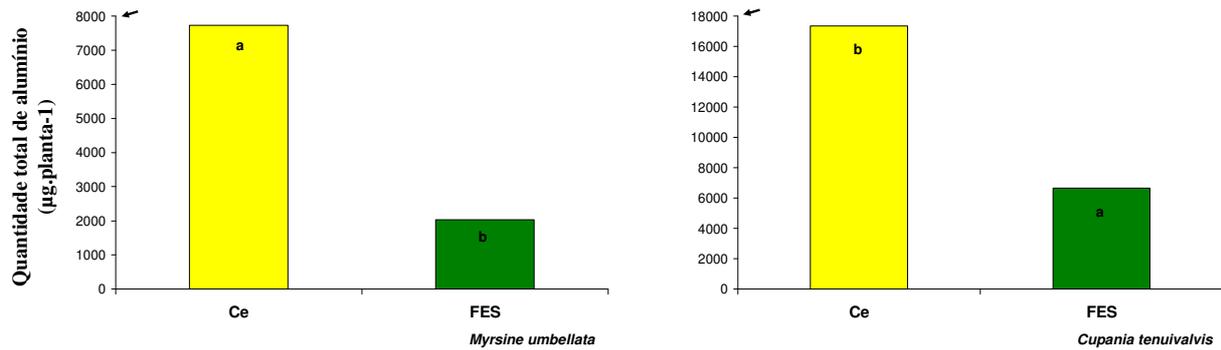


Figura 24: Quantidade total de alumínio acumulada em plantas jovens de espécies arbóreas comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

A figura 25 mostra a distribuição percentual dos macronutrientes nas diferentes partes da planta para a *M. umbellata* nos dois ambientes. Em relação à distribuição dos macronutrientes na folha, somente para o S foi constatada diferença significativa entre as duas formações, enquanto que em caule, apenas para o Ca foi constatada diferença, sendo que para esses dois nutrientes o maior percentual foi verificado em indivíduos de FES. Quanto à distribuição nas raízes, houve diferença entre as procedências para todos os macronutrientes, sendo sempre as maiores porcentagens verificadas em indivíduos de FES.

É importante salientar que embora tenha ocorrido diferenças entre os dois ambientes quanto à distribuição percentual dos macronutrientes, o modo de distribuição dos macronutrientes para a *M. umbellata* é semelhante entre os dois ambientes, ou seja, sempre a maior porcentagem dos macronutrientes é encontrada na parte aérea quando comparada ao sistema subterrâneo. Esse resultado é reflexo da maior biomassa associada ao maior teor dos nutrientes encontrados na parte aérea dessa espécie.

A distribuição percentual de micronutrientes nas diferentes partes da planta de *M. umbellata* está apresentada na figura 26. Houve diferença significativa para o percentual de Cu, Fe e Mn nas folhas quando se comparou as duas formações, sendo os maiores valores percentuais encontrados em indivíduos procedentes da FES. Para o caule, constatou-se diferença somente para o Fe e Mn, sendo o percentual de Mn no caule maior em indivíduos de Ce, enquanto que para o Fe, o maior valor ocorreu em indivíduos de FES. Para raízes, observou-se diferença significativa para o B, Mn, Fe e Cu ao comparar as duas formações. Tanto o B quanto o Fe e Cu apresentaram maior percentual nas raízes dos indivíduos procedentes de Ce, enquanto para o Mn, em indivíduos da FES.

A figura 27 mostra a distribuição percentual dos macronutrientes nas diferentes partes da planta para a *C. tenuivalvis* nos dois ambientes. Foi verificada diferença entre as formações para a distribuição de macronutrientes na folha apenas para o K, sendo que a maior porcentagem foi verificada nos indivíduos de FES. Já para o caule, as diferenças foram significativas para o P e o S, sendo que para o P, a maior porcentagem foi verificada em indivíduos de FES, enquanto que para o S, em indivíduos de Ce. Para as raízes finas, houve diferenças significativas entre os dois ambientes para todos os macronutrientes, sendo que sempre os indivíduos de FES apresentaram os maiores valores percentuais. Já para a porção tuberculizada das raízes, as diferenças também foram significativas para todos os macronutrientes, porém, as plantas de Ce é que mostraram os maiores valores, isso foi devido a maior biomassa de raízes tuberculizadas encontrada nos indivíduos dessa formação.

A distribuição percentual dos micronutrientes nas diferentes partes da planta de indivíduos de *C. tenuivalvis* está apresentada na figura 28. Para a distribuição percentual nas folhas, verificaram-se diferenças significativas para o Mn e o Fe, sendo o Mn maior no Ce e o Fe em FES. Esse resultado de Mn foi contrário ao verificado para *M. umbellata*. Em relação ao caule, houve diferença entre as formações para B, Fe e Mn, sendo que o percentual no caule dos três nutrientes foram maiores em FES. Quanto às raízes finas, verificou-se maiores percentuais de B, Cu, Fe e Mn nos indivíduos procedentes de FES. Já em relação às raízes tuberculizadas, nota-se que os maiores valores para todos os micronutrientes ocorreram na condição de Ce. Vale a pena ressaltar que a distribuição percentual dos nutrientes depende dos teores de cada nutriente e também da distribuição da biomassa nas diferentes partes da planta.

As figuras 26 e 28 mostram a distribuição percentual do Al nas diferentes partes da planta. Na condição de Ce a *C. tenuivalvis* e a *M. umbellata* apresentaram a mesma distribuição percentual nas folhas. Já na condição de FES, a *M. umbellata* foi a espécie que apresentou maior percentual de Al nas folhas em relação ao total, cerca de 43%. Em *C. tenuivalvis* 22% do Al total esteve nas folhas. Observa-se que a *C. tenuivalvis* apresentou mais de 60% do Al total em suas raízes, independente do ambiente, porém o efeito do ambiente foi mais pronunciado para a *M. umbellata*, uma vez que em Ce cerca de 80% do Al total esteve nas raízes, enquanto que em FES, somente cerca de 30%.

Em relação ao ambiente nota-se que os indivíduos de *C. tenuivalvis* procedentes de Ce acumularam percentualmente mais Al nas raízes, cujo valor foi em torno de 80%. Isso evidencia uma estratégia de tolerância a esse elemento, fazendo com que a maior parte dele não seja translocado para a parte aérea, o que poderia acarretar em danos fisiológicos.

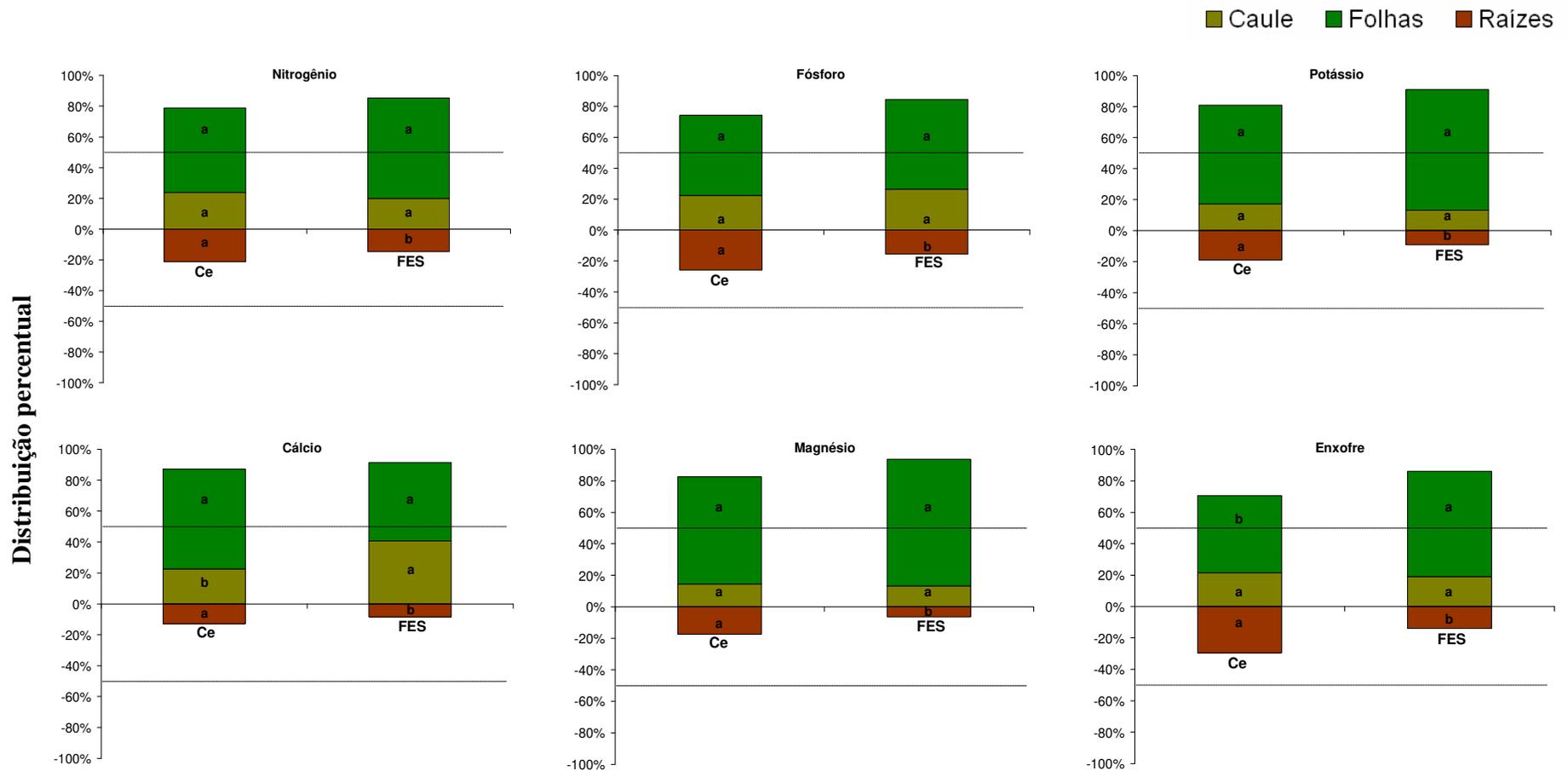
Vale a pena ressaltar a distribuição do Al nos indivíduos de *C. tenuivalvis*, uma vez que na condição de Ce, dos 80% do Al acumulado nas raízes, metade esteve presente nas raízes finas e outra metade na porção tuberizada das raízes. Já em condição de FES dos 60% do Al acumulado nas raízes, cerca de 40% esteve presente nas raízes finas e somente 20% esteve na porção tuberizada.

As plantas apresentam alguns mecanismos de tolerância ao Al, sendo duas as categorias mais propostas (Echart & Cavalli-Molina, 2001; Hartwing et al., 2007). A primeira envolve mecanismos de tolerância a altas concentrações no simplasto da raiz e pode estar relacionada a diferentes mecanismos como quelação do Al no citosol, compartimentação do Al nos vacúolos, ligações alumínio-proteínas e também evolução de enzimas tolerantes ao Al (Taylor, 1988), sendo esse mecanismo, também conhecido como desintoxicação interna do Al (Hartwing et al., 2007). E a segunda categoria está relacionada com a habilidade de excluir o Al do ápice da raiz, podendo envolver diferentes tipos de mecanismos como imobilização do Al na parede celular, permeabilidade seletiva do Al pela membrana plasmática, formação de uma barreira de pH induzida pela planta na rizosfera ou no apoplasto da raiz e eliminação de ligantes quelados (Taylor, 1988), onde essa barreira é formada quando as células do ápice da raiz induzidas pela presença do Al, exsudam ácidos orgânicos como o malato e o citrato que quelatizam o Al impedindo sua entrada nas raízes mantendo-o na rizosfera (Hartwing et al., 2007).

Em função dos resultados obtidos no presente trabalho, sugere-se que a estratégia de tolerância ao Al das espécies estudadas esteja associada ao mecanismo de desintoxicação interna do Al conforme relato por Hartwing et al., 2007 em função da grande quantidade de Al presente nas raízes em relação às demais partes da planta.

De modo geral, a *M. umbellata* apresentou resultados semelhantes aos verificados para as comunidades quanto à distribuição dos macronutrientes nas diferentes partes da planta, onde os maiores valores obtidos para o sistema subterrâneo foram em indivíduos procedentes de Ce, sendo isso uma conseqüência da maior biomassa radicular apresentada pelas plantas de Ce quando se comparou os dois ambientes, tanto para a comunidade, quanto para a espécie comum, *M. umbellata*. Já para a *C. tenuivalvis*, os resultados de distribuição dos macronutrientes nas diferentes partes da planta não foram semelhantes aos encontrados quando se comparou as duas comunidades. Isso, provavelmente, deve estar relacionado com as características do solo do trecho de coleta dessa espécie na FES, uma vez que a disponibilidade de macronutrientes nesse trecho está próxima daquela verificada no solo do Ce (Tabela 2).

Para os micronutrientes, de um modo geral, com exceção do Mn, a distribuição nas diferentes partes da planta de *M. umbellata* foi semelhante a verificada quando se comparou as duas comunidades.



Myrsine umbellata

Figura 25: Distribuição percentual dos macronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de *Myrsine umbellata* Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

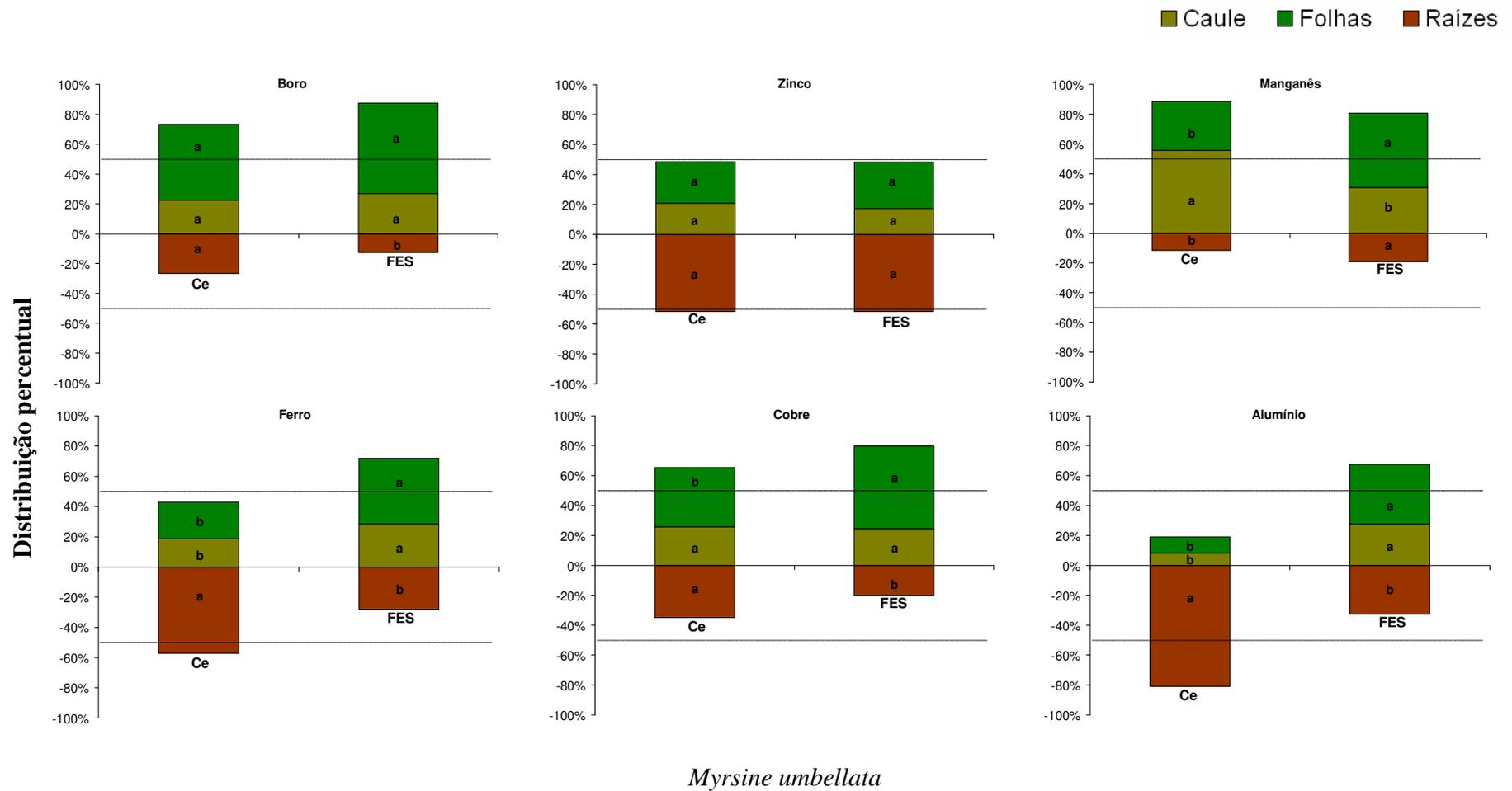


Figura 26: Distribuição percentual dos micronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de *Myrsine umbellata* Mart. procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

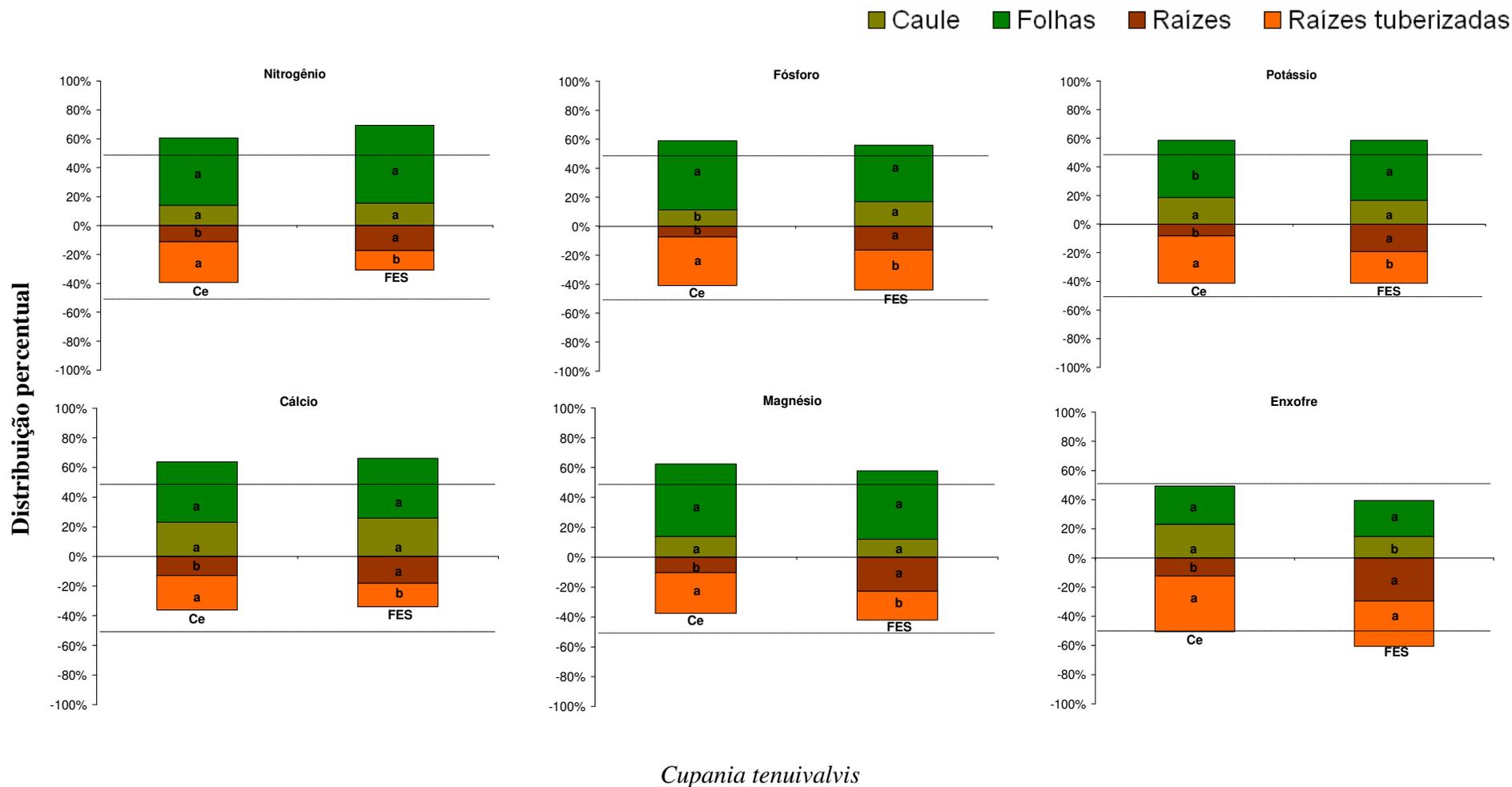
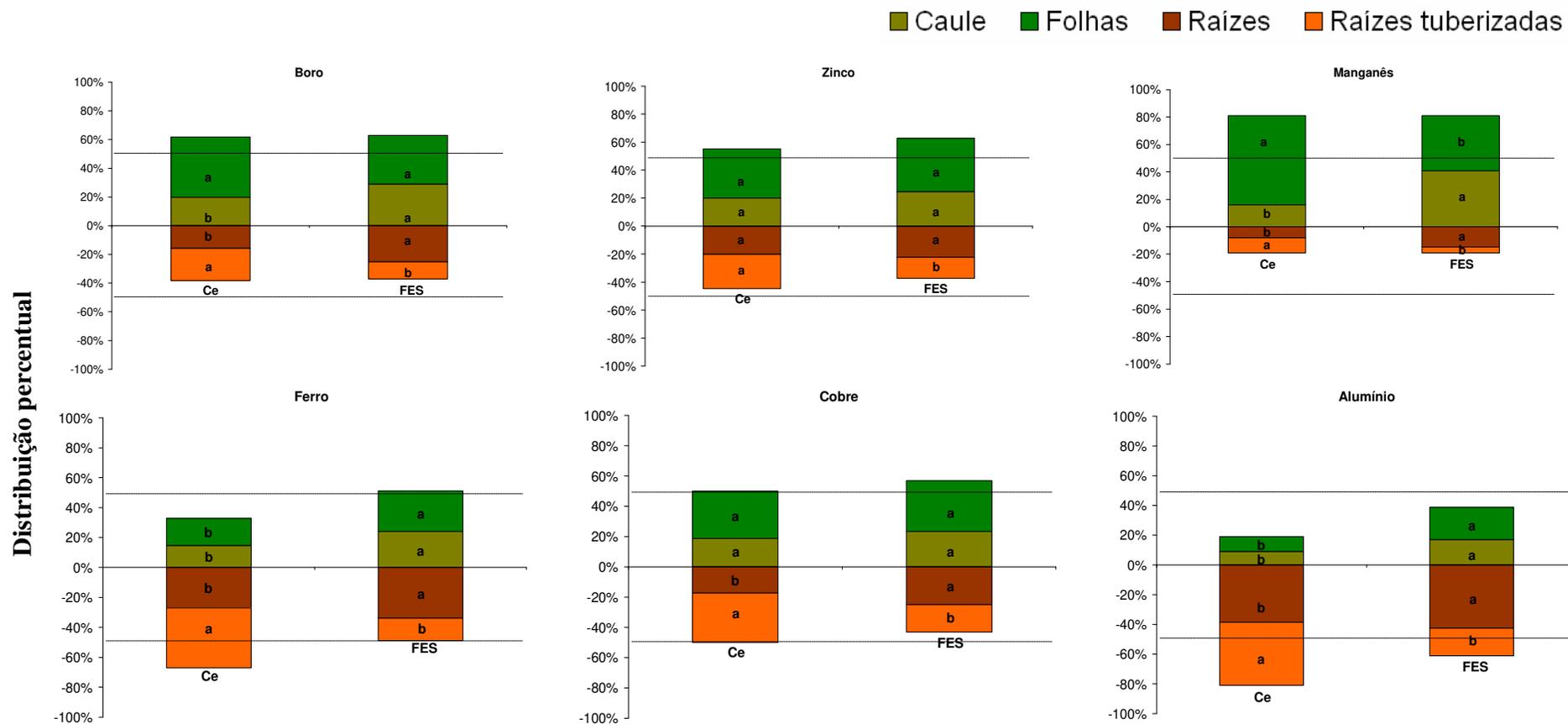


Figura 27: Distribuição percentual dos macronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.



Cupania tenuivalvis

Figura 28: Distribuição percentual dos micronutrientes na parte aérea e raízes em plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Quanto ao coeficiente de utilização biológica apresentados pelas espécies comuns entre Ce e FES (Figuras 29 e 30), para o N, não houve diferença entre as espécies quanto à eficiência de uso desse nutriente na condição de FES. Porém na condição de Ce, constatou-se maior eficiência para a *C. tenuivalvis* quando comparada à *M. umbellata*. Em *C. tenuivalvis*, a eficiência encontrada para as plantas da condição de Ce foi de 3,8 vezes maior que aquela encontrada nas de FES, ou seja, para cada unidade absorvida de N produziu-se em torno de 2,7 unidades de matéria seca na condição de Ce, enquanto na FES foi de apenas 0,7.

Os indivíduos de Ce, independente da espécie, tiveram uma maior eficiência na utilização do P, K, Ca e também do Mg, porém nota-se que para a *C. tenuivalvis* as diferenças entre os indivíduos de Ce de FES foram bem mais marcantes. Os indivíduos de *C. tenuivalvis* e a *M. umbellata* procedentes de Ce mostraram maior eficiência na utilização do S que os de FES.

Os indivíduos de *C. tenuivalvis* procedentes de Ce mostraram maior eficiência no uso de Zn, Mn, Fe e Cu. Porém para o micronutrientes B, foram as plantas de FES que mostraram maior eficiência no uso desse micronutriente.

A maior eficiência no uso de Mn, Fe e Cu para a *M. umbellata* foi verificada nos indivíduos procedentes de FES, enquanto para o B e o Zn, não houve diferença significativa entre as duas procedências quanto à eficiência do uso desses micronutrientes.

De modo geral, a *C. tenuivalvis* e a *M. umbellata* mostraram maior eficiência na utilização de todos os macronutrientes para as plantas de Ce. E para os micronutrientes as espécies se mostram muito variáveis quanto ao uso dos mesmos. Sob essa ótica, pode-se dizer que as plantas de Ce foram mais eficientes quanto ao uso das bases e também do P, no entanto quanto ao uso dos micronutrientes, as espécies mostram uma grande variação, quando se comparou as formações.

Chama a atenção o comportamento da *C. tenuivalvis* em relação ao CUB, essa espécie na condição de Ce apresentou para todos os nutrientes, com exceção do Mn, valores bem acima aos apresentados quando se analisou a comunidade do Ce. No entanto, na condição de FES apresentou valores mais próximos aos verificados pela comunidade FES. Essa espécie na condição de Ce mostrou alta eficiência de conversão dos nutrientes em massa seca, uma vez que mesmo em solo com baixa disponibilidade de nutrientes mostrou maior massa seca que a procedência de FES. Porém, de um modo geral, a *M. umbellata* mostrou valores de CUB para os nutrientes, exceto S e Fe, inferiores aos observados quando se analisa a comunidade de forma geral. Esse resultado mostra que essa espécie apresenta menor eficiência de uso dos

nutrientes que aos apresentados pelas comunidades, evidenciando que se trata de uma espécie com maior exigência nutricional que o padrão médio verificado nas comunidades.

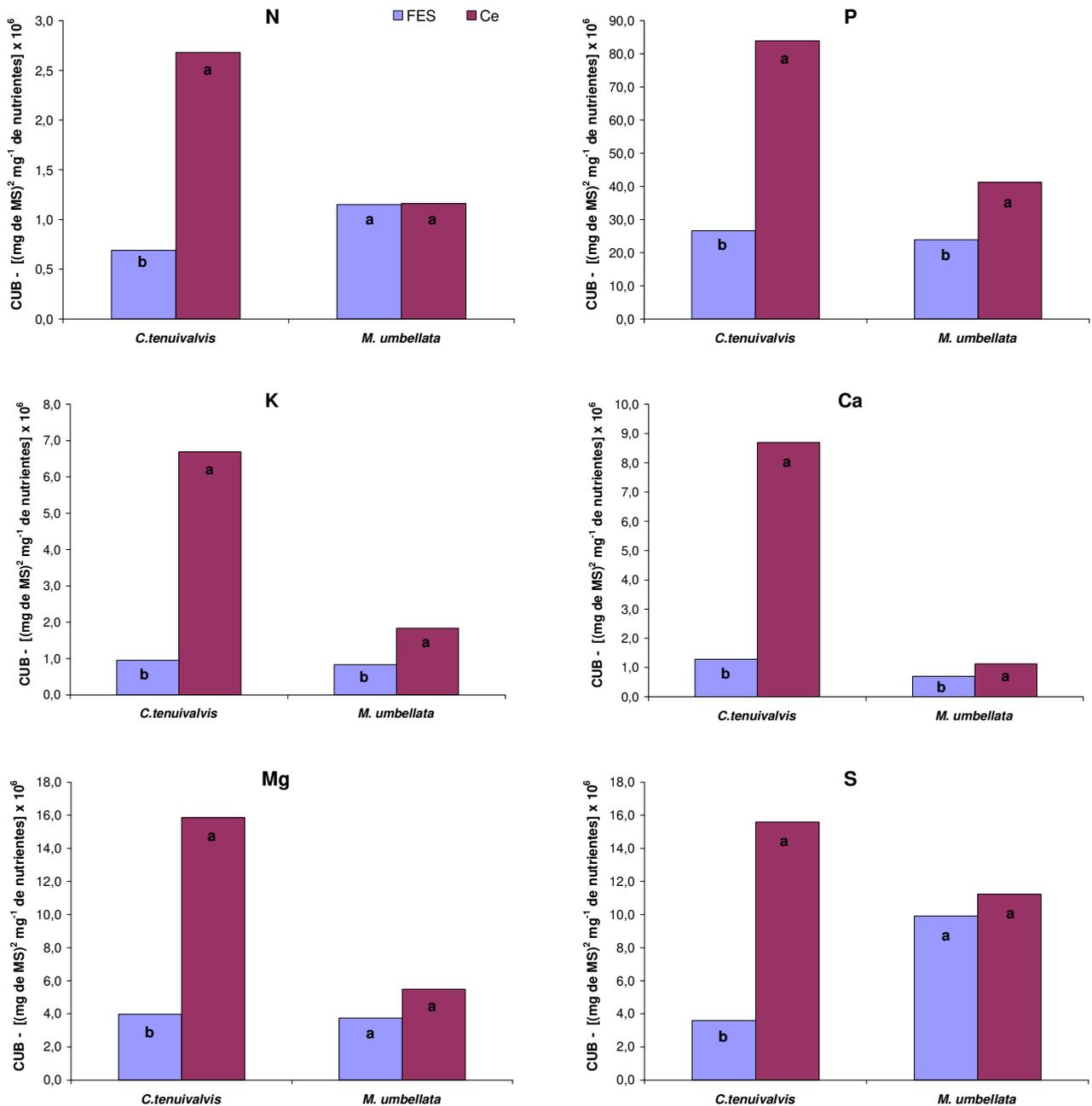


Figura 29: Coeficientes de utilização biológica (CUB) para os macronutrientes de plantas jovens de espécies comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

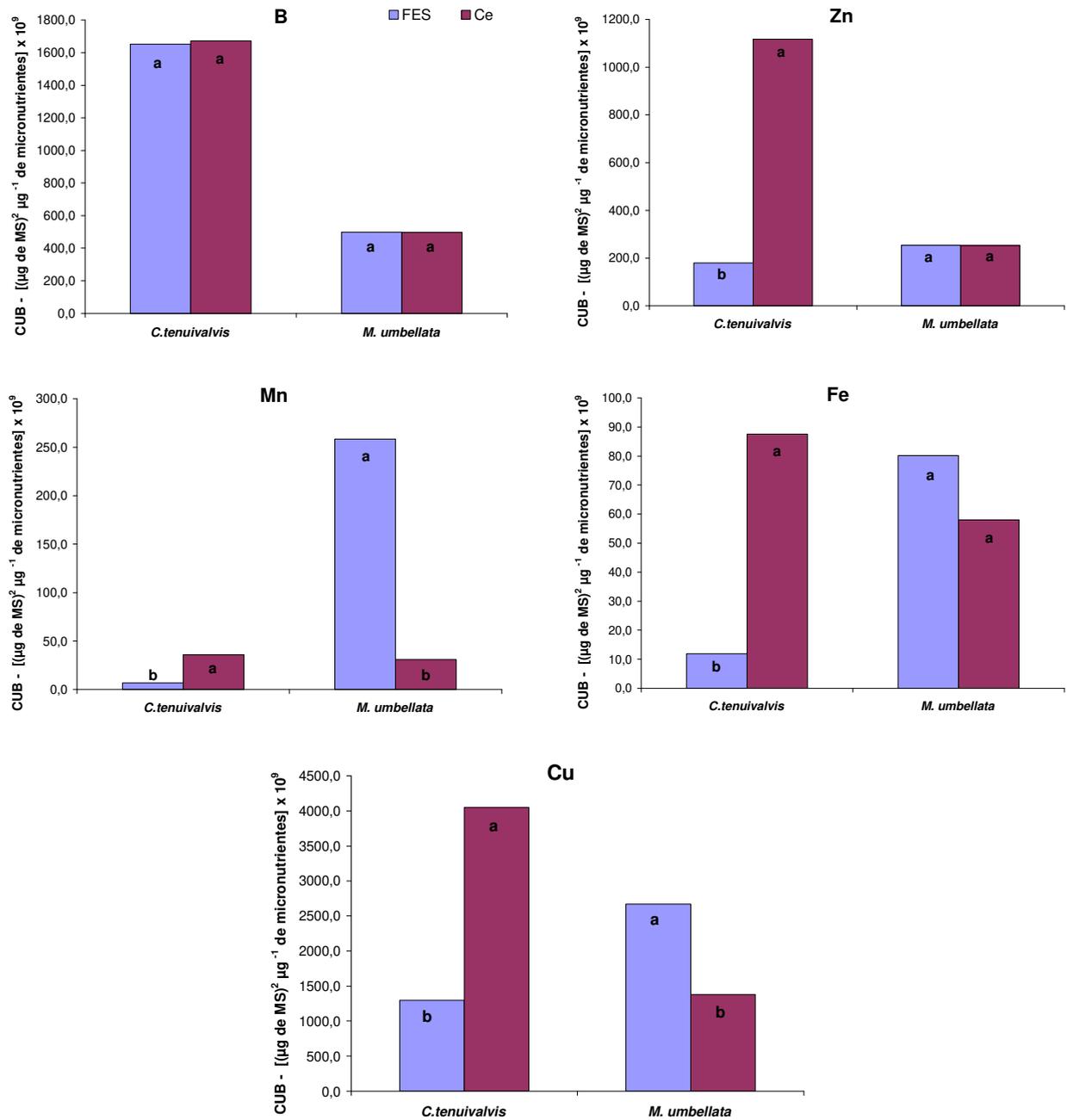


Figura 30: Coeficientes de utilização biológica (CUB) para os micronutrientes de plantas jovens de espécies comuns entre Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

6. Considerações gerais

- a) As plantas de Floresta Estacional Semidecidual apresentaram maior concentração e quantidade estocada de N, P, K, Ca, Mg, Zn e Fe em todas as partes da planta, reflexo direto da maior disponibilidade desses nutrientes nessa formação quando comparado ao Ce.
- b) A maior parte do Al na planta está mobilizada no sistema radicular independente da formação estudada, porém, a maior disponibilidade de Al no solo de Ce foi refletida nos diferentes tecidos das plantas dessa formação, que apresentaram alta concentração desse elemento, principalmente nas raízes;
- c) Plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão apresentam maior crescimento proporcional em raízes que em parte aérea que as espécies de Floresta Estacional Semidecidual, tanto em comprimento, quanto em biomassa. Esse resultado sugere que as plantas de FES investem mais em parte aérea como forma de competição por luz, uma vez que essa formação trata-se de uma floresta mais densa que o Ce, porém tal sugestão poderá ser abordada por futuros estudos.
- d) Independente do ambiente, a *Cupania tenuivalvis* é uma espécie que mostrou maior biomassa de raízes em relação à biomassa total da planta, ao contrário da *Myrsine umbellata*, que mostrou maior biomassa na parte aérea em relação a biomassa total da planta. Porém, as duas espécies apresentaram em ambiente de Ce um maior direcionamento da biomassa para as raízes. Isso mostra que o maior ou menor crescimento de parte aérea em relação à subterrânea é característica das espécies, porém, os resultados mostraram que o ambiente influenciou no aumento em biomassa do sistema subterrâneo em Ce, sendo resultado semelhante ao encontrado quando se comparou as duas comunidades.
- e) As duas espécies comuns estudadas também revelaram o reflexo da condição química do solo, ou seja, disponibilidade de nutrientes, em seus tecidos.
- f) Para as duas espécies estudadas o maior acúmulo de alumínio foi nas plantas procedentes de Ce, porém, a *Cupania tenuivalvis* teve um maior percentual de alumínio mobilizado em suas raízes, independente do ambiente analisado, enquanto que em Ce *Myrsine umbellata* mostrou maior percentual de alumínio mobilizados nas raízes e em FES na parte aérea.

7. Bibliografia citada

- Araújo, G.M. & Haridasan, M. 1988. A comparison of the nutrient status of two forests on dystrophic and mesotrophic soils in the Cerrado regions of central Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. (19):1075-1089.
- Araújo, G.M. 1984. **Comparação do estado nutricional de dois cerradões em solo distrófico e mesotrófico no Planalto Central do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. 160p.
- Araújo, J.F. 2006. **Padrões nutricionais de espécies lenhosas do Cerrado**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Brasília, 80p.
- Biota FAPESP – 1999/09635-0. 2002. Relatório Parcial de Atividades do Projeto Biota FAPESP – Parcelas Permanentes.
- Biota FAPESP – 1999/09635-0. 2005. Relatório Final de Atividades do Projeto Biota FAPESP – Parcelas Permanentes.
- Botrel, R.T.; Oliveira Filho, A.T.; Rodrigues, L.A.; 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 Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, Brasil, 25(2):195-213.
- Budck, J.C.; Jarenkow, J.A., Oliveira-Filho, A.T. 2007. Relationships between tree component structure topography and soils of a riverside forest, Rio Botucaraí, southern Brazil. **Plant Ecology**. 189:187-200.
- Camargos, V.L.; Silva, A.F; Meira Neto, J.A.A, Martins, S.V. 2008. Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecidual no entorno da Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. 22(1):75-84.
- Cardoso, E. 2006. **Dinâmica de nutrientes em fitofisionomias do domínio dos Cerrados na Estação Ecológica do Panga, região do Triângulo Mineiro**. Tese de Doutorado, UNB – Universidade de Brasília, 131pp.
- Clarkson, D.T. 1985. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: simpósio sobre reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos, Ilhéus, 1984. Anais. Ilhéus: CEPLAC, 1985. p.45-75.
- Coutinho, L.M. 2002. **O Bioma Cerrado. In: Klein (org.) Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. P.77-91.
- Degenhardt, J.; Larsen, P.B.; Howell, S.H. 1998. Aluminum resistance in the *Arabidopsis* mutant alr-104 is caused by an aluminum-induced increase in rhizosphere pH. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.117, p.19-27.
- Duboc, E. 2005. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de áreas de Cerrado degradado**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu. 173p.
- Echart, C.L. & Cavalli-Molina, S. 2001. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31 (3):531-541.

- Ferreira, I.C.M.; Coelho, R.M.; Torres, R.B., Bernacci, L.C. 2007. Solos e vegetação nativa remanescente no município de Campinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.2, n.9, p1319-1327.
- Franco, A. C. 2002. **Ecophysiology of woody plants**. In: P. S. Oliveira & R. J. Marquis. (Eds.). *The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a neo tropical savanna*. pp. 178-197. Columbia University Press, Irvington, USA.
- Furtini Neto, A.E. Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus* spp. Viçosa, 1994. 111p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
- Gauch, H.G. 1972. Inorganic plant nutrition. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg. 481p.
- Golley, F.B.; McGinness, J.T.; Clements, R.J.; Child, G.I., Deuver, M.J. 1978. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**, EPU-EdUSP, 256 p.
- Goodland, R. J. & Ferri, M.G. 1979. **Relações planta-solo**. In: Ecologia do Cerrado (R. Goodland & M.G. Ferri, eds.). EDUSP, São Paulo, p.146-157.
- Goodland, R. J. 1971. **Oligotrofismo e alumínio no Cerrado**. In: III Simpósio sobre o Cerrado (ed. By M. G. Ferri), pp 44-60. Editora da Universidade de São Paulo.
- Haridasan, M. & Araújo, G.M. 2005. Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, 28(2):295-303.
- Haridasan, M. 1982. Aluminium accumulation by some Cerrado native species of Central Brazil. **Plant and Soil**, v.69(2): 265-73.
- Haridasan, M. 1987. **Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the Cerrado region of central Brazil**. In San José, R.R. e Montes, R. (Ed.) *La capacidad Bioprodutiva de Sabanas*. IVIC./CIET, Caracas, Venezuela. p. 309-348.
- Haridasan, M. 1992. **Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of Cerrado and cerradão communities in central Brazil**. In: Proctor, J.; Ratter, J.A. e Furley, P.A. (Ed.) *The nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. Londres, Chapman e Hall. p.171-184.
- Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, (12):54-64.
- Haridasan, M. 2001. **Nutrient cycling as a function of landscape and biotic characteristics in the Cerrado of Central Brazil**. In: McClain, M.E.; Victoria, R.L.; Richey, J.E. (eds). *Biogeochemistry of the Amazon basin and its role in a changing world*. Oxford University Press, New York, p.68-83.
- Haridasan, M. 2005. **Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado**. In: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C. & Felfili, J.M. (org.) *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p.167-178.
- Haridasan, M. 2008a. **Alumínio é um elemento tóxico para as plantas nativas do cerrado?** In: Prado, C.H.B.A; Casali, C.A. *Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral*. Barueri, editora Manole.

- Haridasan, M. 2008b. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 20(3):183-195.
- Hartwig, I.; Oliveira, A.C.; Carvalho, F.I.F.; Bertan, I.; Silva, J.A.G.; Schmidt, D.A.M.; Valério, I.P.; Maia, L.C.; Fonseca, D.A.R.; Reis, C.E.S. 2007. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.28 (2): 219-228.
- Hoffmann, W. A. & Franco, A. C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, 91: 475-484.
- Hoffmann, W.A. 2005. **Ecologia comparativa de espécies lenhosas de Cerrado e de mata**. In: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C & Felfili, J.M. (org.) Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2005. p.156-165.
- Hou, H.Y. & Merkle, F.G. 1950. Chemical composition of certain calcifugous and calcicole plants. **Soil Science**, (69):471-486.
- Juhász, C. E. P.; Cursi, P. R.; Cooper, M.; Oliveira, T. C.; Rodrigues, R. R. 2006. Dinâmica Físico-hídrica de uma toposequência de solos sob Sava Florestada (Cerradão) em Assis, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, (30):401-412.
- Klinge, H.; Adis, J.; Worbes, M. 1995. The vegetation of a seasonal várzea forest in the lower Solimões river, Brazilian Amazonia. **Acta Amazonica**. V.25, p.201-220.
- Lopes, A.J. & Cox, 1977. F.R. A survey of the fertility status of the surface soils under cerrado vegetation of Brazil. **Soil Science Society of American Journal**, (41):752-757.
- Lopes, A.S. **Solos sob Cerrado**. 1983. Instituto da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, 164p.
- Luca, E. F.; Boaretto, A. E.; Muraoka, T.; Chitolina, J. C. 2002. Eficiência de absorção e utilização de fósforo (32P) por mudas de eucalipto e arroz. **Scientia Agricola**, v.59(3):543-547.
- Malavolta, E. 1979. **ABC da Adubação**. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo (SP), 256 p.
- Malavolta, E.; Kliemann, H.J. 1985. **Desordens nutricionais do Cerrado**. Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 136p.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para a pesquisa da potassa e do fosfato. 319p.
- Medeiros, R.A.; Haridasan, M. 1985. Seasonal variations in the foliar concentrations of nutrients in some aluminium-accumulating and non-accumulating species of the Cerrado regions of central Brazil. **Plant and Soil**, (88): 433-436.
- Moraes, C.D.A. 1994. **Resposta de algumas espécies arbóreas nativas do Cerrado à adubação e calagem**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 66p.
- Moreno, M.I.C. & Schiavini, I. 2001. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, V.24 (4) (suplemento):537-544.

- Muniz, M.R.A. 2004. Estudo do regime de luz nas quatro principais formações fitogeográficas no estado de São Paulo durante o inverno de 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 169p.
- Nogueira, P.E. & Haridasan, M. 1997. **Foliar nutrient concentration of tree species in four gallery forests in central Brazil.** In: Encinas, J.I.; Kleinn, C. (eds). Proceedings of the International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical dry Regions with Special Reference two Galery Forests. Universidade de Brasília, Brasília, p.309-321.
- Oliveira-Filho, A.T.; Vilela, E.A.; Gavilanes, J.M.; Carvalho, D.A. 1994. Comparison of the woody flora and soils of six áreas of montane semideciduous forest in southern Mins Gerais, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, (51):355-389.
- Olmos, J.I.L.; Camargo, M.N. 1975. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.28, (2):171-180.
- Paviani, T. I. & Haridasan, M. 1988. Tuberosidade em *Vochysia thyrsoidea* Pohl (Vochysiaceae). **Ciência e Cultura**, São Paulo, 40(10):998-1003.
- Pogianni, F. 1974. Efeito de alguns nutrientes sobre o crescimento inicial de duas espécies arbóreas do Cerrado. **IPEF**, (8):3-12.
- Ratter, J. A. 1971. Some notes on two types of cerradão occurring in northeastern Mato Grosso. Pp.110-112. In: M. G. Ferri (ed.). III Simpósio Sobre o Cerrado. São Paulo, EDUSP/Edgard Blücher.
- Ratter, J. A.; Askew, G. P.; Montgomery, R. F. & GIFFORD, D. R. 1977. **Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos no Brasil central.** Pp.303-316. In: M.G. Ferri (ed.). IV Simpósio sobre o Cerrado: Bases para a Utilização Agropecuária. São Paulo, EDUSP.
- Ratter, J. A.; Richards, P. W.; Argent, G. & Gifford, D. R. 1973. Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso I. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* (266):449-492.
- Ratter, J.A.; Richards, P.W.; Argent, G.; Gifford, D.R. 1978. Observations on the forests of some mesotrophic soils in central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. Brasil, (1):47-58.
- Reatto, A.; Martins, E.S. **Classes de solos em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado.** In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J.C.; FELFINI, J.M. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. 1.ed. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p.47-59.
- Ribeiro, J.F. 1983. **Comparação da concentração de nutrientes da vegetação arbórea e nos solos de um Cerrado e de um cerradão no Distrito Federal, Brasil.** Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. 123p
- Rizzini, C.T. & Heringer, E. P. 1962. Studies on the underground organs of trees and shrubs from some southern brazilian savannas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 34(2):235-47.
- Rolfe, G.L.; Akhtar, M.A.; Arnold, L.E. 1978. Nutrient distribution and flux in a mature oak-hickory forest. **Forest Science**. (24):122-130.

- Rugani, C.A. Schlittler, F.H.M.; Carvalho, J.B. 1997. Biomassa e estoques de nutrientes nos vários compartimentos de uma floresta secundária de terra firme em Manaus. **Naturalia**. V.22:103-113.
- 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.
- Ruggiero, P.G.C.; Pivello, V.R.; Sparovek, G.; Teramoto, E.; Pires Neto, A.G. 2006. relação entre solo vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos? **Acta Botanica Brasilica**, (20):383-394.
- Siddiqi, M.Y.; Glass, A.D.M. 1981. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.4, p.289-302.
- Silva, P.E.N. 1991. **Estado nutricional de comunidades arbóreas em quatro matas de galeria na região dos Cerrados do Brasil Central**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. 100p.
- Taylor, G.J. 1988. The physiology of aluminum tolerance in higher plants. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.9, p.1179-1194.

Capítulo 2: Anatomia do xilema secundário de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. (Sapindaceae) de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual do Oeste Paulista

1. Introdução

As inter-relações entre estrutura anatômica e os parâmetros climáticos têm sido discutidas na literatura (Baas & Carlquist 1985; Barajas-Morales 1985; Gomes & Muñiz 1986; Mattos Filho 1971 e 1989; Alves & Angyalossy-Alfonso, 2000; Marcati et al., 2001; Lima et al., 2009), sendo que Baas & Carlquist (1985) e Carlquist & Hoekman (1985) foram os pioneiros a tratar de anatomia ecológica e no Brasil, foi Mina-Rodrigues (1986) a primeira a comparar Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado quanto à morfo-anatomia.

Além das características foliares, a maior ou menor disponibilidade de água no solo também é refletida no xilema, uma vez que esse tecido é responsável pelo transporte de água e solutos à longa distância e também armazenamento de nutrientes (Costa et al., 2006). Os estudos pioneiros já relacionavam variáveis como diâmetro, comprimento, frequência dos elementos de vaso, comprimento de fibras, espessura da parede das fibras, altura e largura de raios com os fatores ambientais (Bass et al., 1983; Carlquist & Hoekman 1985; Bass & Carlquist 1985; Barajas-Morales 1985; Bass & Schweingruber 1987). Ceccantini (1996) constatou ainda que o diâmetro, o comprimento e a frequência dos elementos de vaso são mais sensíveis às variações ambientais. Esses estudos demonstram que em ambientes mais secos, ocorre uma maior frequência de elementos de vaso de menor diâmetro quando comparados com ambientes sem restrições de água (Outer & Veenendaal 1976; Bass & Carlquist 1985; Lindorf, 1944). Estudos mais recentes relatam o menor diâmetro dos elementos de vaso em indivíduos procedentes de ambientes com restrição de água (Lucchi, 2004; Lima et al., 2009).

Os estudos de anatomia ecológica têm demonstrado importância no entendimento da forma como as plantas respondem anatomicamente às características do ambiente em que elas estão vivendo.

Apesar da teoria de “escleromorfismo oligotrófico” (Arens, 1958) afirmar que existe água em abundância nos solos dos Cerrados, esses solos por serem bem drenados, na verdade apresentam água em abundância nas camadas mais profundas (Schubart & Rawitscher, 1950), por isso as plantas não sofrem de falta de água durante os meses mais secos do ano. Porém,

as camadas mais superficiais apresentam deficiência na disponibilidade de água, apresentando picos de umidade intimamente relacionados ao evento chuvoso, e uma vez cessando a chuva, essa camada retorna rapidamente ao seu estado original de umidade (Juhász et al., 2006). Sendo assim, a escassez de água na camada mais superficial do solo pode significar uma barreira a ser vencida principalmente pelas plantas jovens que ainda não possuem raízes tão desenvolvidas em profundidade e quantidade.

A questão levantada pelo presente estudo diz respeito às estratégias de sobrevivência refletidas através de algumas variáveis anatômicas de plantas jovens de espécies do Cerradão em condição de baixa disponibilidade de água, quando comparadas às espécies de Floresta Estacional Semidecidual, cujo solo possui maior disponibilidade de água.

2. Objetivo geral

O objetivo geral do estudo foi comparar plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual a fim de elucidar se há diferenças significativas entre essas formações quanto ao reflexo da disponibilidade de água no solo sobre o xilema secundário.

3. Material e métodos

O estudo foi realizado em plantas jovens da espécie *Cupania tenuivalvis* Radlk., família Sapindaceae, procedentes de duas formações florestais distintas, Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Além de se tratar de uma espécie comum entre as duas formações, essa espécie foi escolhida para esse estudo por possuir regiões tuberizadas ao longo de suas raízes.

As áreas de coleta foram em florestas da Estação Ecológica dos Caetetus (EEC) em Gália, SP (FES) e da Estação Ecológica de Assis (EEA) Assis, SP (Ce). O material foi coletado nos arredores de duas das quatro parcelas permanentes do projeto temático “Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes” (BIOTA/FAPESP – 1999/09635-0) – “Parcelas Permanentes”.

A Estação Ecológica de Assis localiza-se entre as coordenadas geográficas 22°33'65" a 22°36'68"S e 50°23'00" a 50°22'29"W e entre as altitudes de 520 e 590m, sendo o tipo climático da região definido como megatérmico, tropical com estação seca no inverno (Aw), segundo a classificação de Köppen, e com precipitação média anual em torno de 1.255 mm. Sua vegetação enquadra-se no conceito de Cerrado "*sensu lato*", sendo a forma cerradão a fisionomia predominante.

A Estação Ecológica dos Caetetus localiza-se entre as coordenadas geográficas: 22°41' e 22° 46'S e 49° 10' e 49° 16'W, abrangendo os municípios de Gália e Alvilândia, SP com tipo climático Mesotérmico, Sub-Tropical, com estação seca no inverno (Cwa), segundo a classificação de Köppen, e com precipitação média anual em torno de 1.303 mm.

Os principais tipos de solo do trecho onde está alocada a parcela permanente da EEA são Latossolos e na parte inferior da parcela ocorre gleissolos. E os tipos de solo que predominam nas partes mais altas de onde está alocada a parcela permanente da EEC são os argissolos Vermelho-Amarelos e nas partes mais baixas os gleissolos Háplicos.

3.1. Coleta e preparo do material

Por se tratar de um estudo com plantas jovens cujo objetivo foi comparar dados biométricos, depara-se com o problema da maturidade diferencial entre as amostras, uma vez que, provavelmente, não existe ainda um ponto de maturidade do xilema, onde o tamanho das células já está estabilizado. Para contornar esse problema, o número de repetições usado no presente estudo foi de 10, muito superior ao utilizado comumente em estudos anatômicos de madeira, que é de 3. Sendo assim, foram coletados aleatoriamente 10 plantas jovens de *C. tenuivalvis* em cada uma das formações, Cerradão (Ce) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Para a escolha das plantas coletados, usou-se como critério o comprimento da parte aérea das plantas, sendo coletados apenas indivíduos com altura entre 20 e 30 cm e o diâmetro médio do caule foi de 0,35 cm. Essas plantas foram coletadas com a parte aérea e o sistema subterrâneo inteiros. O material vegetal coletado foi fixado em FAA 50 (Johansen 1940) e posteriormente conservado em álcool etílico 70%.

Do material coletado, foram tomadas amostras do caule e das raízes (porção tuberizada e não tuberizada) para a realização das análises anatômicas. As amostras foram retiradas evitando-se a região de transição entre o caule e a raiz, sendo assim, desconsiderou-se o

primeiro centímetro de comprimento do eixo acima e abaixo do nível do solo, utilizando-se então, a partir desse ponto uma amostra de 2 cm do caule e 2 cm de raiz. Para a região tuberizada das raízes, foi considerada como amostra sempre a primeira tuberização abaixo do nível do solo.

Cada amostra (de 2 cm de comprimento) de caule e de raiz foram divididas em duas partes iguais de 1 cm, sendo uma reservada à confecção dos cortes histológicos e a outra ao método de dissociação dos tecidos. Em relação à porção tuberizada das raízes, cada tuberização foi dividida também em duas partes iguais, sendo uma destinada à confecção dos cortes histológicos e a outra ao método de dissociação dos tecidos (Figura 31).

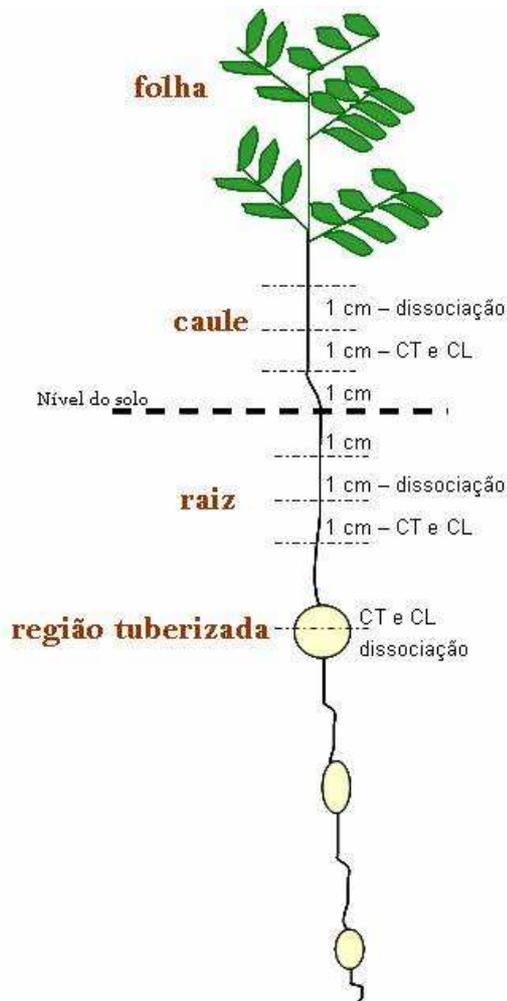


Figura 31: Esquema da retirada de amostras das plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* para a realização de estudo anatômico.

Para a realização dos cortes histológicos, as amostras de caule e raiz não tuberizada foram colocadas em solução amolecedora de glicerina, álcool etílico 96^o e água, na proporção de 1:1:1, durante 40-60 dias, posteriormente infiltradas por mais 30 dias antes da confecção dos blocos em historesina da Leica TM. O material embocado foi seccionado transversalmente e longitudinalmente (radial e tangencial) em micrótomo rotatório da marca Leica RN2245. Os cortes de 5 µm de espessura foram corados com azul de toluidina e as lâminas permanentes foram montadas com Entellan. As amostras maiores da porção tuberizada da raiz foram seccionadas em micrótomo de deslize sem a necessidade dos processos de amolecimento e de infiltração em historesina. Posteriormente, esses cortes (14 a 18 µm de espessura) foram corados com safranina aquosa e azul de astra e as lâminas montadas com Entellan. Em algumas amostras pequenas da porção tuberizada, houve a necessidade de seccionar em micrótomo rotatório e os procedimentos foram os mesmos descritos para o caule e porção não tuberizada da raiz.

Para o método de dissociação dos tecidos, as amostras foram imersas em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1 (Franklin, 1945 modificado) e colocadas em estufa a 40°C por 24 horas. O tecido dissociado foi corado com safranina aquosa e as lâminas semi-permanentes foram montadas com glicerina 100%.

Também foram realizados testes microquímicos utilizando as secções histológicas, sendo que as lâminas foram montadas com o próprio reagente ou corante. A presença de substâncias lipídicas foi evidenciada pelo emprego de Sudan IV (Jensen 1962), já a presença de amido foi verificada pelo cloreto de zinco iodado (Strasburger 1913). A presença de substâncias fenólicas foi confirmada pelo cloreto férrico e as substâncias pécticas evidenciadas pelo vermelho de rutênio (Johansen, 1940).

As análises anatômicas foram realizadas no xilema secundário para as seguintes variáveis: 1) Diâmetro dos elementos de vaso; 2) Área dos elementos de vaso; 3) Área ocupada pelos vasos em relação à área total do xilema; 4) Freqüência de vasos; 5) Comprimento de elementos de vaso; 6) Diâmetro de fibras (espessura de parede, de lume e total); 7) Comprimento de fibras; 8) Altura em comprimento dos raios; 9) Altura dos raios em número de células e 10) Largura dos raios em número de células.

Por não haver em literatura normas estabelecidas para quantificar variáveis anatômicas em plantas jovens, o número de medições feitas para as variáveis diâmetro, comprimento e freqüência dos elementos de vaso e também a espessura de parede de fibras foram baseadas

nas normas estabelecidas pela IAWA (1989), que estabelece normas para estudos em anatomia da madeira. Para as demais variáveis foi elaborada uma metodologia, descrita a seguir, para a realização das medições. Para avaliar o diâmetro dos elementos de vaso, área dos elementos de vaso e frequência dos elementos de vaso utilizou-se os cortes transversais de caule, raiz não tuberizada e raiz tuberizada. Para cada repetição (indivíduo), foram capturadas imagens do xilema secundário em 4 pontos diferentes da secção do caule, da raiz não tuberizada e da raiz tuberizada, somando então 120 imagens para cada formação florestal, sendo assim, foi obtido um total de 240 imagens. Essas imagens foram capturadas com a câmera digital acoplada ao microscópio de luz, ambos da marca Leica. Para a análise dessas imagens foi utilizado o Software SAIM – Sistema de Análise de Imagens de Madeira, sendo contados todos os elementos de vaso em cada imagem e tomadas as medidas de diâmetro e área desses vasos. O cálculo da frequência foi feito da seguinte forma:

Frequência relativa dos elementos de vaso (FV) = número de vasos/área da imagem

Também foi calculada a área ocupada pelos vasos em relação à área total do xilema secundário, usando a seguinte fórmula:

Área ocupada (%) = área vasos total ocupada pelos vasos x 100/área da imagem

Para altura dos raios em comprimento e altura dos raios em número de células foram utilizados os cortes longitudinais tangenciais, sendo também capturadas imagens com a câmera digital acoplada ao microscópio de luz. Para cada repetição (indivíduo) foram capturadas imagens de 6 raios em pontos diferentes do xilema secundário, tanto para caule como raiz, somando 120 imagens para cada formação florestal, sendo assim, um total de 240 imagens foram capturadas. As imagens foram analisadas no Software Image Tool 3.0, sendo tomadas as medidas de altura em comprimento de cada raio assim como sua altura em número de células.

Para a avaliação do comprimento e espessura de fibras e comprimento dos elementos de vaso se utilizou as lâminas contendo tecido dissociado. Foram confeccionadas 3 lâminas por repetição (indivíduo), para cada parte da planta estudada (caule, raiz não tuberizada e raiz tuberizada), somando então 90 lâminas confeccionadas para cada formação florestal e um total de 180 lâminas.

Foram feitas 30 medições, sendo 10 em cada lâmina para cada um dos seguintes caracteres: 1) comprimento de vaso, 2) comprimento de fibra com amido, 3) espessura de parede de fibra com amido, 4) espessura do lume de fibra com amido, 5) espessura total de fibra com amido, 6) comprimento de fibra sem amido, 7) espessura de parede de fibra sem amido, 8) espessura do lume de fibra sem amido, 9) espessura total de fibra sem amido. Sendo que para os caracteres de 6-9 não foram feitas avaliações para raiz tuberizada, pois nessa

parte da planta praticamente não tinha fibras sem amido. Sendo assim, através desse método foram realizadas 13.800 mensurações em aproximadamente 7000 imagens capturadas.

Para a análise dos dados usou um modelo linear generalizado, o PROC GENMOD do software estatístico SAS, considerando erro distribuição gamma. O esquema de análise foi fatorial parte x ambiente e medida repetida por indivíduo (repetição). A análise foi feita considerando as medidas repetidas (equações de estimação generalizada).

4. Resultados e discussão

A figura 32 mostra as plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* e os detalhes do sistema radicular com porções tuberizadas e não tuberizadas procedentes de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual.



Figura 32: Aspecto geral das plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. (A,C) e detalhe das raízes (B,D) coletados em Cerradão (A,B) e em Floresta Estacional Semidecidual (C,D). **A e C – barra = 20cm**
B e D – barra = 10cm

Para as duas procedências de *C. tenuivalvis* e em todas as partes da planta analisadas foi constatada a presença de elementos de vaso com e sem apêndices, e quando presentes, os apêndices ocorriam em uma ou ambas as extremidades do elemento de vaso (Figura 33 A). Foram encontradas somente placas de perfuração do tipo simples no caule, na porção tuberculizada e não tuberculizada da raiz tanto em indivíduos de Cerradão (Ce) quanto nos procedentes de Floresta Estacional Semidecidual (FES) (Figura 33 A). Segundo a literatura, é comum a presença de placa de perfuração simples para espécies arbóreas, e conforme relatado por Wheeler (1986), o lenho de praticamente 80% das espécies arbóreas possui placa de perfuração simples. Em estudo com espécies pertencentes a 22 famílias mais representativas da flora brasileira foi registrado esse tipo de placa de perfuração em 95% das 491 espécies estudadas, sendo que esse tipo de placa foi relacionado com ambientes secos e quentes (Alves & Angyalossy-Alfonso, 2000). As placas de perfuração simples são consideradas mais eficientes quanto à demanda do intenso fluxo de água que ocorre em regiões secas e quentes onde a taxa de transpiração é alta (Wheeler & Bass, 1991).

Vasos múltiplos e também solitários foram observados (Figura 33 B) em todas as partes analisadas da planta para os dois ambientes, porém não foi feita uma análise quantitativa para verificar a frequência relativa desses dois tipos de arranjos de vasos nas diferentes partes da planta e também nos dois ambientes.

A presença de vasos múltiplos é bastante comum em espécies sujeitas ao déficit hídrico (Carlquist, 2001), podendo representar um fator de segurança do sistema de condução, uma vez que possibilita uma maior quantidade de vias alternativas à passagem de água caso alguns vasos sejam prejudicados por cavitação (Zimmermann, 1983; Bass et al., 1983).

Células perfuradas nos raios xilemáticos foram observadas na região tuberculizada da raiz em indivíduos procedentes de Ce e de FES (Figura 33 C-E). Essas células perfuradas de raio, denominadas de vasos radiais (Van Vliet, 1976; Botosso & Gomes, 1982) conectam tangencialmente dois raios ou outras células de mesma natureza através de placas de perfuração simples circundadas por uma aréola bem evidente. A comunicação com outras células do raio e também com o parênquima axial e elementos de vaso se dá através de pontuações areoladas. A origem dessas células é a partir das iniciais radiais do câmbio, considerando sua disposição em relação ao conjunto de células que compõem o raio. Apesar de fazer parte do raio, as células perfuradas apresentam tamanho um pouco maior que as demais células de raio e, diferente destas, são mortas na maturidade (Cosmo, 2008).

Esse tipo de célula tem sido descrito por diversos autores, sendo comum a presença em espécies da família Euphorbiaceae (Mennega, 2005), em diversas espécies da família

Annonaceae e Cactaceae e também em outras espécies, como *Bathysa meridionalis*, *Casearia sylvestris*, *Lippia salviifolia*, *Tabebuia cassinodes* (Botosso & Gomes, 1982; Kuniyoshi, 1993; Ceccantini, 1996; Ceccantini & Angyalossy-Alfonso, 2000; Terrazaz, 2000; Goulart & Marcati, 2008), sendo que para o gênero *Maytenus*, Joffily et al., (2000) sugerem que essa característica tenha valor taxonômico.

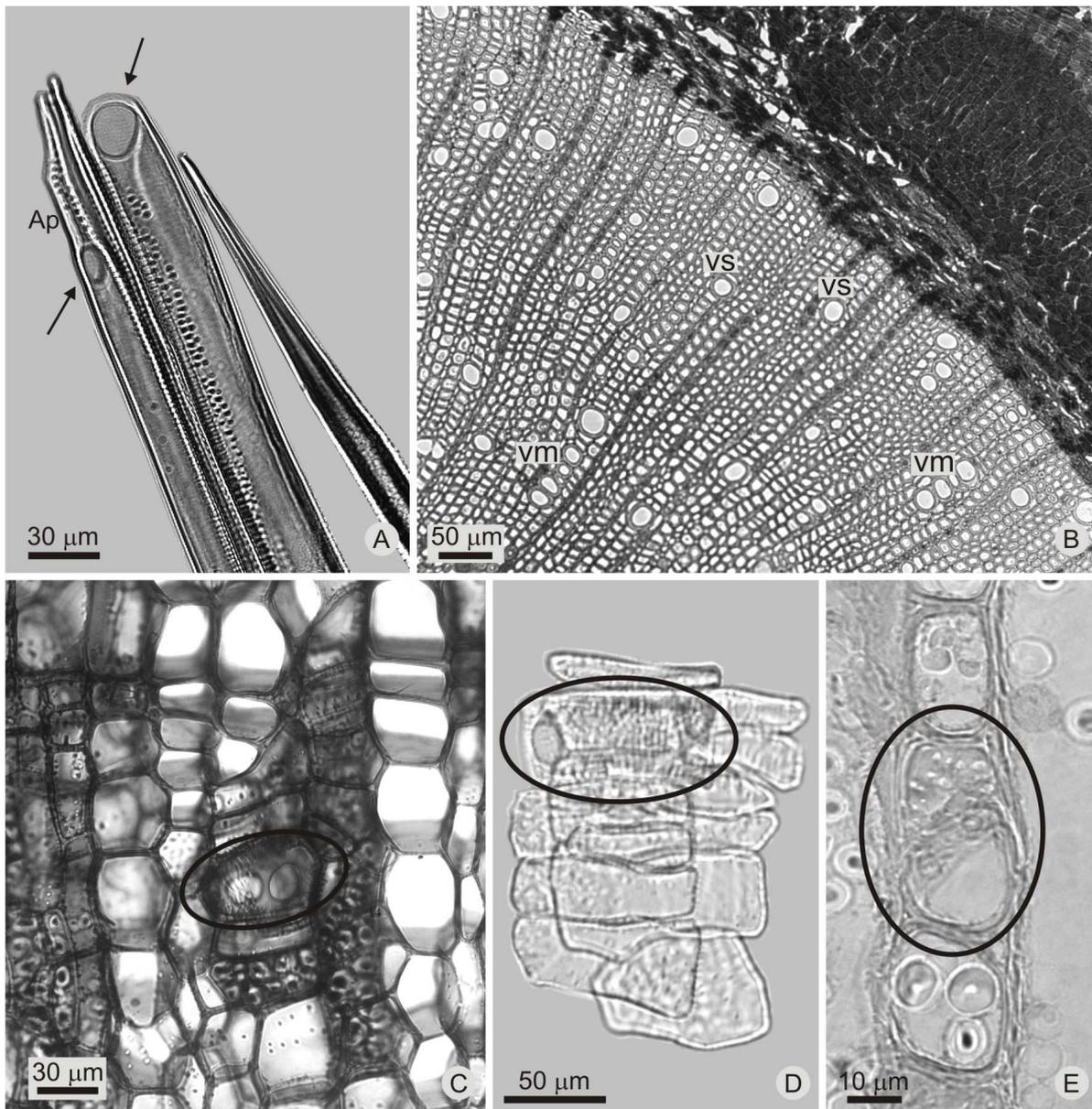


Figura 33: *Cupania tenuivalvis* Radlk. Cortes transversais (B,C), longitudinal radial (E) e elementos dissociados (A,D). A. Elementos de vaso com e sem apêndice (Ap) e placa de perfuração simples (setas). B. Vasos solitários (vs) e múltiplos (vm) no xilema secundário. C-E. Célula perfurada do raio (em destaque) na porção tuberculada da raiz de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk.

A grande frequência de vasos múltiplos e com a presença de células perfuradas do raio estão provavelmente associados a um eficiente transporte de água e solutos no sentido radial (Cosmo, 2008). Sendo assim, a presença dessas células apenas na porção tuberizada da raiz pode ser devido ao diâmetro dessa região ser bem maior que o diâmetro tanto do caule quanto da porção não tuberizada da raiz, o que necessitaria de um transporte mais rápido e eficiente de água e solutos no sentido radial. Porém, como para o presente estudo foram utilizadas plantas jovens, esse tipo de célula poderia aparecer num estágio mais avançado do desenvolvimento quando as plantas atingirem um diâmetro maior tanto de caule quanto de raiz não tuberizada.

Em caule, raiz, porções tuberizada e não tuberizada, tanto nas plantas de Ce quanto nos de FES foi observada a presença de fibras do tipo libriforme, sendo muitas vezes com terminações bifurcadas (Figura 34 A). Segundo alguns autores essas variações são oriundas de crescimento intrusivo (Esemann-Quadros, 2001; Sinnott & Bloch, 1939; Esaú, 1967).

Para todas as partes estudadas da planta, foi constatada a presença de fibras com parede celular espessa e com lume desprovido de grãos de amido (Figura 34 B) e também fibras com parede celular mais delgada contendo em seu lume grãos de amido em grande quantidade (Figura 34 A e B). Porém, na porção tuberizada da raiz, a maioria das fibras apresentava grãos de amido, sendo rara a presença de fibras sem amido.

Além disso, muitas das fibras eram septadas (Figura 34 C), sendo que os elementos septados retêm seus protoplastos e são multinucleares e podem estar relacionados com a reserva tal como ocorre com as células parenquimáticas (Chalk 1989 e Costa et al., 2006). No presente estudo, como já foi relatado anteriormente, não apenas as fibras septadas continham grãos de amido, mas também as fibras não septadas, e a presença dessas fibras foi observada tanto em raiz quanto em caule. Sendo assim, as fibras tanto septadas quanto não septadas encontradas em plantas jovens de *C. tenuivalvis*, no presente estudo, estão relacionadas com a função de reserva, assim como as células parenquimáticas, que também continham grande quantidade de grãos de amido. Provavelmente, as fibras com amido e parede delgada possuem função de reserva, enquanto as fibras com parede espessa e sem amido são responsáveis pela sustentação, apesar de a análise estatística não ter evidenciado diferença significativa.

Em *C. tenuivalvis* tanto no ambiente do Ce quanto no da FES há acúmulo de grãos de amido nas fibras, nas células parenquimáticas do sistema axial e radial, em todas as regiões analisadas. Porém, no teste com cloreto de zinco iodado foi possível verificar que nas plantas procedentes de Ce a quantidade de grãos de amido foi maior que nas plantas de FES (Figura 35 A-F).

Esse resultado sugere que a presença de maior quantidade de amido em indivíduos de Ce pode ser uma estratégia de adaptação relacionada com as características edáficas desse ambiente, uma vez que o solo do Ce apresenta menor disponibilidade de água e de nutrientes no solo quando comparado ao solo da FES (Juhász et al., 2006).

No parênquima radial, foi constatada somente a presença de raios unisseriados, com células contendo grande quantidade de amido e compostos fenólicos no caule (Figura 34 D) e na porção não tuberizada da raiz, tanto em indivíduos provenientes de Ce quanto de FES. Ainda no parênquima radial foi observada a presença cristais prismáticos (Figura 34 E).

A presença de cristais já foi relatada para espécies arbóreas, por exemplo, da família Fabaceae, como *Pseudopiptadenea contorta* (Ribeiro & Barros, 2006) e para *Copaifera langsdorfii* (Marcati et al., 2001). A função dos cristais pode constituir defesa contra herbivoria e atuar na osmorregulação (Franceschini & Horner, 1980; Nakanata, 2003). Embora neste estudo não tenha sido feita a avaliação da quantidade de cristais correlacionando com o ambiente, vale a pena ressaltar que alguns estudos correlacionam a presença de cristais com ambientes mais secos. Barajas-Morales (1985) ao comparar espécies de duas florestas; seca e úmida, do México, verificou a presença de cristais somente nas espécies de floresta seca e Lima et al. (2009) observaram uma predominância de cristais em indivíduos de *Enterolobium contortisiliquum* de ambiente mais seco.

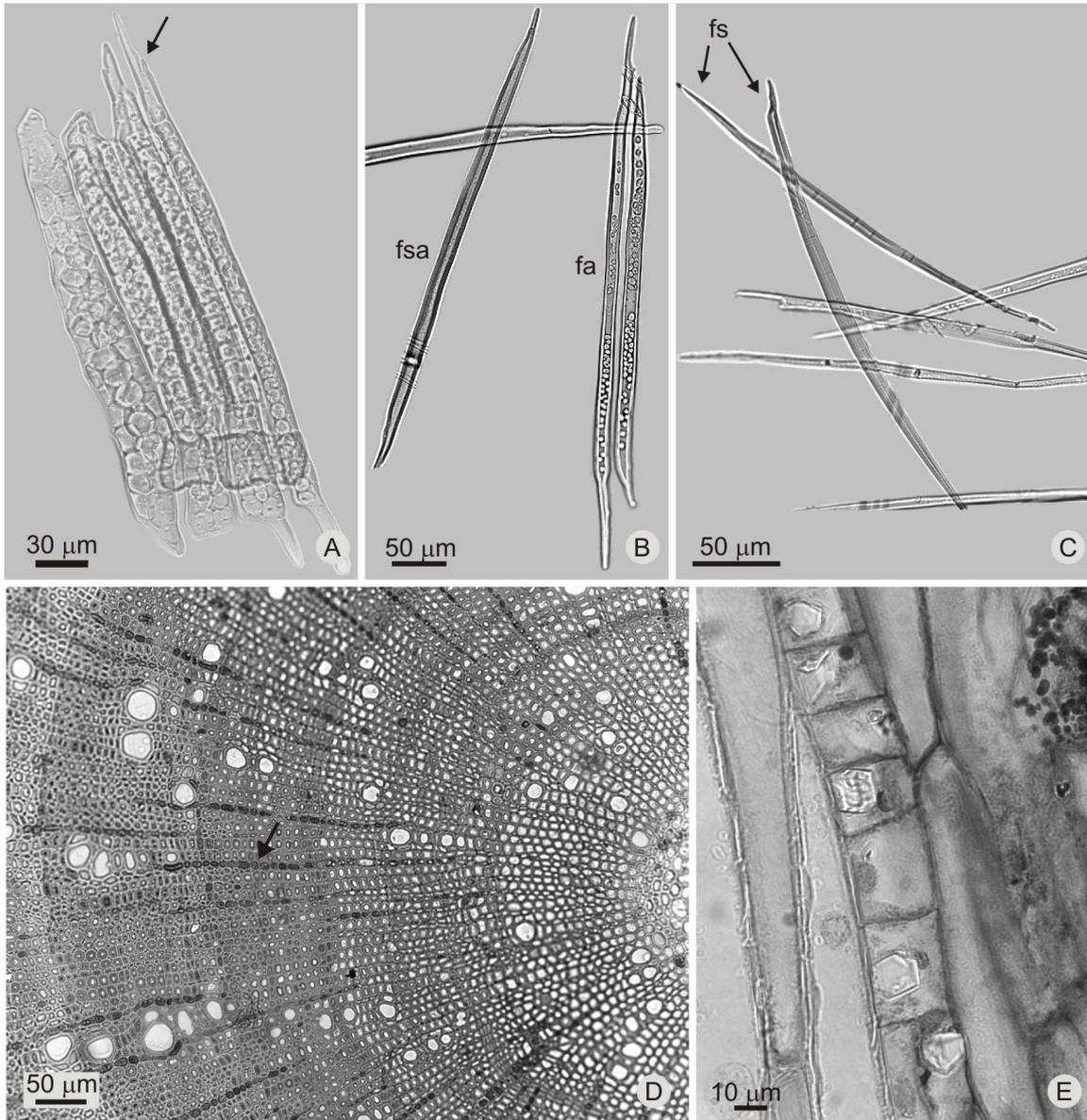


Figura 34: Elementos dissociados (A-C), corte transversal (D) e longitudinal tangencial (E) do xilema secundário de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. A. Fibras libriformes com amido, sendo uma delas bifurcada (seta). B. Fibras com amido (fa) e fibras sem amido (fsa). C. Fibras septadas (fs). D. Raios unisseriados com conteúdo fenólico (seta). E. Cristais prismáticos no parênquima radial unisseriado.

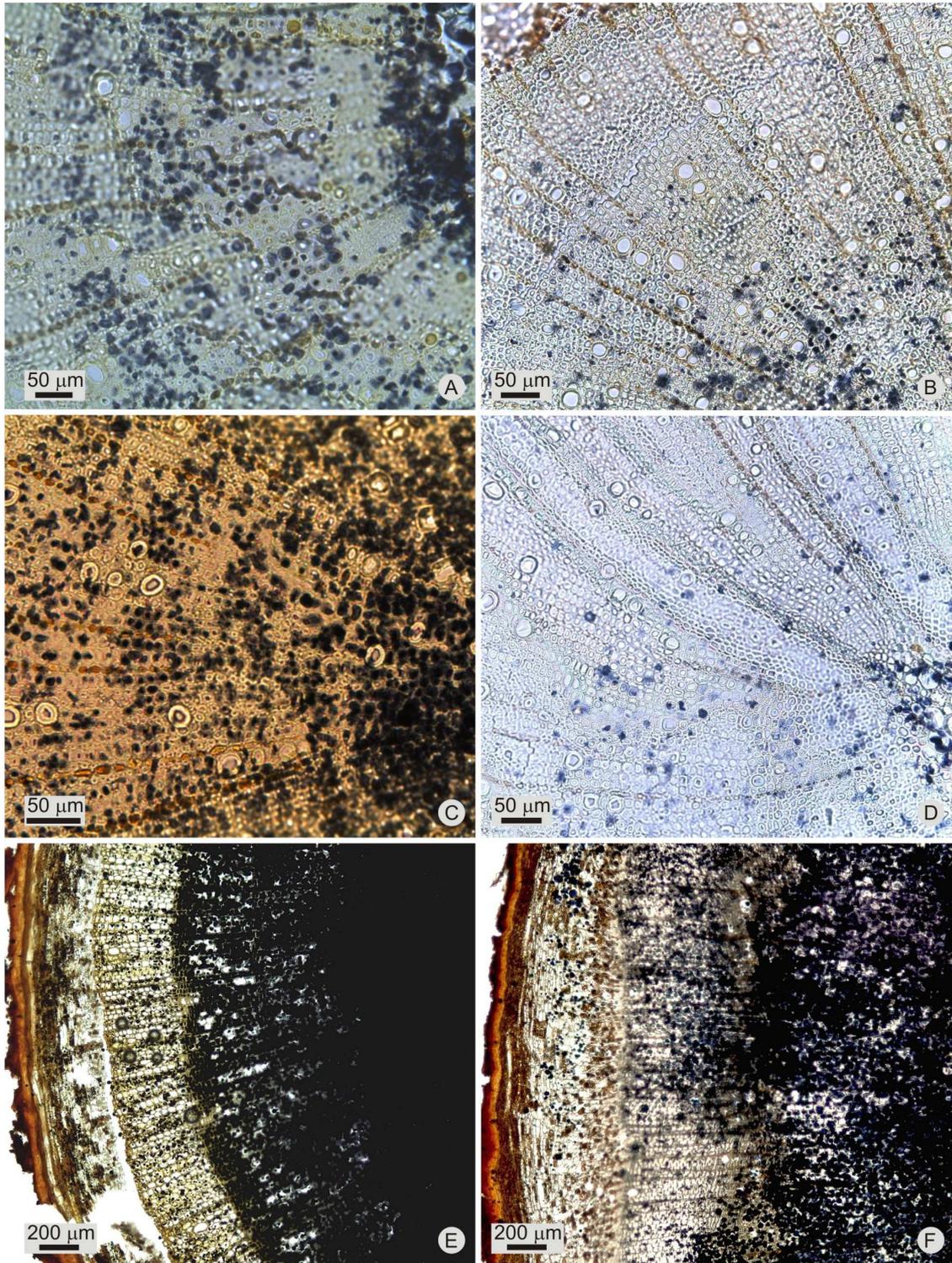


Figura 35: Grãos de amido evidenciados pelo teste com cloreto de zinco iodado em cortes transversais de caule (A-B), raiz porção não tuberizada (C-D) e tuberizada (E-F) de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (A,C,E) e de Floresta Estacional Semidecidual (B,D,F).

A latitude também foi citada como um fator envolvido na maior frequência de cristais, sendo observado um aumento da frequência de cristais em relação à diminuição da latitude para o gênero *Ilex* (Bass, 1973) e para *Acacia melanoxylon* (Wilkins & Papassotiriou, 1989).

Os resultados das análises quantitativas para o caule estão apresentados na tabela 14. Não houve diferença significativa entre as plantas de Ce e de FES para as variáveis estudadas no caule: comprimento de vaso, espessura total de fibras com e sem amido, espessura do lume de fibras com e sem amido e espessura de parede de fibras com e sem amido, comprimento de fibra com e sem amido, diâmetro do elemento de vaso, % ocupada pelos elementos de vaso.

Para altura em μm e em número células do raio, as diferenças foram significativas, sendo que as plantas de Ce mostraram valores superiores quando comparados aos de FES. A altura média de cada célula do raio vista em corte longitudinal tangencial foi semelhante para os dois ambientes, aproximadamente 28 μm , porém as plantas de Ce apresentaram maior número de camadas dessas células, cerca de 1,7 vezes mais camadas.

Para área do vaso a diferença entre as procedências foi significativa, sendo que as plantas de Ce apresentaram menor área de vaso. Já para a área e a frequência de vasos também foi constatada diferença significativa entre as plantas procedentes de Ce e de FES. As plantas de Ce mostraram uma maior frequência de vasos de menor área que os de FES.

Tabela 14: Características anatômicas do xilema secundário do caule de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Variáveis analisadas	Medida	
	caule Ce	caule FES
	----- μm -----	
comprimento do elemento de vaso	193,63 a	193,22 a
comprimento de fibra com amido	177,51 a	160,22 a
comprimento de fibra sem amido	269,22 a	270,98 a
espessura total de fibra com amido	12,94 a	13,50 a
espessura do lume de fibra com amido	8,02 a	8,57 a
espessura da parede de fibra com amido	2,46 a	2,47 a
espessura total de fibra sem amido	11,72 a	12,62 a
espessura do lume de fibra sem amido	4,42 a	4,84 a
espessura da parede de fibra sem amido	3,65 a	3,89 a
altura do raio	163,80 a	92,80 b
diâmetro do elemento de vaso	14,84 a	15,82 a
altura do raio em número de células	5,70 a	3,30 b
largura do raio em número de células	1,00 a	1,00 a
área do elemento de vaso (μm^2)	137,87 b	180,19 a
freqüência do elemento de vaso (n. vasos/ mm^2)	201,37 a	175,86 b
% ocupada pelos elementos de vaso (%)	2,59 a	2,62 a

letras diferentes na mesma linha mostram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade.

A tabela 15 mostra os resultados das análises quantitativas para a raiz não tuberizada. Não houve diferença significativa entre indivíduos de Ce e de FES para espessura total, espessura de lume e espessura de parede de fibras tanto com amido quanto sem amido e para % ocupada pelos elementos de vaso. No entanto, para o comprimento dos elementos de vaso, as diferenças entre indivíduos de Ce e de FES foram significativas, sendo que vasos mais longos foram encontrados nas plantas de Ce. Também houve diferença significativa entre Ce e FES para o comprimento tanto de fibras com amido quanto sem amido, sendo que as plantas procedentes de Ce apresentaram fibras mais longas que os de FES.

Para as variáveis analisadas de raio, assim como verificado para caule, as plantas de Ce mostraram maior altura e maior número de camadas de células em sua raiz, com valores cerca de 1,5 vezes maiores que as plantas de FES. A altura média de cada célula do raio, vista em corte longitudinal tangencial, foi semelhante entre as duas procedências, aproximadamente 29 μm , sendo assim, o maior valor da altura do raio em Ce foi em função do maior número de camadas de células.

Também foram constatadas diferenças entre as procedências de Ce e de FES quanto ao diâmetro, à área e a freqüência de vasos. As plantas de Ce mostraram menor diâmetro de

vaso, o que confirmou a tendência observada no caule. A maior frequência de vasos e a menor área de vaso nas plantas de Ce mantiveram a tendência observada em caule. Já a porcentagem de área ocupada pelos vasos em relação à área total do xilema foi semelhante entre as duas procedências, assim como observado em caule.

Tabela 15: Características anatômicas do xilema secundário da porção não tuberizada da raiz de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Variáveis analisadas	medida	
	raiz Ce	raiz FES
	----- μm -----	
comprimento do elemento de vaso	267,99 a	170,18 b
comprimento de fibra com amido	251,01 a	139,60 b
comprimento de fibra sem amido	372,27 a	224,61 b
espessura total de fibra com amido	13,11 a	12,99 a
espessura do lume de fibra com amido	7,93 a	7,46 a
espessura da parede de fibra com amido	2,56 a	2,76 a
espessura total de fibra sem amido	12,39 a	11,88 a
espessura do lume de fibra sem amido	5,18 a	4,92 a
espessura da parede de fibra sem amido	3,51 a	3,48 a
altura do raio	157,10 a	103,00 b
diâmetro do elemento de vaso	16,12 b	18,21 a
altura do raio em número de células	5,35 a	3,55 b
largura do raio em número de células	1,00 a	1,00 a
área do elemento de vaso (μm^2)	180,19 b	235,12 a
freqüência do elemento de vaso (n. vasos/ mm^2)	181,00 a	174,80 b
% ocupada pelos elementos de vaso (%)	3,30 a	3,77 a

letras diferentes na mesma linha mostram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Na tabela 16 pode-se verificar que na porção tuberizada da raiz o comprimento de vaso, da fibra com amido, espessura total da fibra com amido e espessura de parede de fibra com amido os valores no Ce foram significativamente inferiores ao de FES mostrando uma resposta distinta em relação à porção não tuberizada. Para espessura do lume de fibras com amido, a duas procedências não diferiram estatisticamente.

Não houve diferença significativa entre as procedências para diâmetro e nem área dos elementos de vaso. Porém para a porcentagem de área ocupada pelos vasos em relação a área total do xilema e também a frequência de vasos foram constatadas diferenças significativas entre as procedências. As plantas de Ce possuem maior número de vasos por

área do xilema, ocupando uma maior área em relação a área total do xilema quando comparados as plantas de FES.

Tabela 16: Características anatômicas do xilema secundário da porção tuberculizada da raiz de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* Radlk. procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Variáveis analisadas	Medida	
	raiz tuberculizada Ce	raiz tuberculizada FES
	----- μm -----	
comprimento do elemento de vaso	122,28 b	212,49 a
comprimento de fibra com amido	142,39 b	225,92 a
espessura total de fibra com amido	25,62 b	29,07 a
espessura do lume de fibra com amido	21,68 a	24,06 a
espessura da parede de fibra com amido	1,97 b	2,50 a
diâmetro do elemento de vaso	22,38 a	20,27 a
área do elemento de vaso (μm²)	356,73 a	322,79 a
freqüência do elemento de vaso (n. vasos/mm²)	171,6 a	146,99 b
% ocupada pelos elementos de vaso (%)	4,96 a	4,04 b

letras diferentes mostram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade na linha horizontal.

Estudo realizado no projeto Biota Parcelas Permanentes sobre dinâmica físico-hídrica do solo mostrou que no Cerradão a disponibilidade de água na camada superficial esteve intimamente relacionada com o evento chuvoso, enquanto na FES esteve relacionada com a retenção de água nas camadas sub-superficiais. Os horizontes superficiais de ambas as formações foram semelhantes quanto a textura do solo, apresentando teores de 76 a 92% de areia total. Porém o Cerradão apresenta essa característica textural em todo seu perfil do solo, já a FES apresenta um horizonte B mais argiloso, o qual é responsável pelo fornecimento de água para a camada superficial durante todo ano. Sendo assim, o Cerradão tem uma deficiência hídrica mais acentuada durante o período mais seco do ano, exigindo que a sua vegetação apresente adaptações morfofisiológicas para suprir a demanda de água (Juhász et al., 2006 e Biota FAPESP – 1999/09635-0, 2005).

O maior número de camadas de células do raio (altura em número de células) encontrado em indivíduos de Ce pode conferir a essas plantas maior capacidade total de reserva, uma vez que possuem mais camadas dessas células disponíveis para o armazenamento de amido que poderá ser utilizado principalmente durante o período mais crítico do ano. Segundo Braun (1984) a grande quantidade de grãos de amido nas células do

parênquima radial e axial próximas aos elementos condutores possibilita uma rápida mobilização dos mesmos. Essa mobilização seria garantida pela contínua atividade da fosfatase ácida, liberando continuamente açúcares para os elementos de vaso e mantendo com isso, elevada pressão osmótica em seu interior. No caso de plantas decíduas, com a perda das folhas, a taxa de transpiração praticamente se torna nula, e a liberação dos açúcares para o interior dos vasos manteria o fluxo de água dentro dos mesmos, e no caso de baixo potencial hídrico, esse mecanismo restabelece o fluxo de água no xilema, minimizando o efeito de embolia (Hacke & Sperry, 2003). Sendo assim, a presença de grãos de amido observada nas células do parênquima radial e axial das plantas jovens de *C. tenuivalvis* do presente estudo, pode estar relacionada com a manutenção do fluxo de água dentro dos vasos, principalmente para as plantas de Ce, onde foi observada uma maior quantidade de grãos de amido, assim como maior número de células no parênquima radial.

Em estudo com indivíduos adultos de 491 espécies pertencentes a 22 famílias da flora brasileira, as paredes mais finas de fibras foram associadas a ambientes mais úmidos, enquanto que paredes mais espessas foram associadas a ambientes mais secos (Alves & Angyalossy-Alfonso, 2002). Apesar disso, no presente estudo, não se constatou diferença significativa entre as plantas de Ce e de FES, tanto em caule quanto em raiz não tuberizada para espessura de fibra. Esse resultado pode ser devido a esse estudo ter sido realizado com plantas jovens, podendo num estágio mais avançado de desenvolvimento, essas diferenças aparecerem.

O diâmetro e o comprimento dos vasos são variáveis que determinam a eficiência e a segurança na condução. Vasos curtos e de pequeno diâmetro são condutores mais seguros de água, enquanto os mais longos e largos são mais eficientes (maior condutividade) (Zimmermann, 1982; 1983). Os elementos de vaso mais curtos podem isolar melhor as bolhas de ar em caso de cavitação, sendo assim, pode ter valor adaptativo em situações de déficit hídrico e os elementos de vaso mais longos, são geralmente correlacionados com sítios méxicos (Carlquist, 2001) e também, com espécies higrófitas (Baas et al., 1983).

Para exemplificar o grau de influência do diâmetro de vaso, em termos de segurança e eficiência Zimmermann (1982) comparou duas espécies quanto ao diâmetro de comprimento de vasos, *Quercus* sp, uma espécie decídua de anéis porosos, cujo diâmetro dos vasos era de 300 μm com *Maple* sp, uma árvore com vasos de menor diâmetro, 75 de μm . Os grandes diâmetros dos vasos de *Quercus* sp os tornam eficientes condutores, possibilitando que um simples anel seja suficiente para a condução de toda a água requerida pela copa, porém esses vasos são muito vulneráveis e são perdidos durante o período de inverno, sendo necessária a produção

de uma nova série de vasos largos no lenho primaveril, antes da formação de novas folhas (porosidade em anel). Os vasos de *Quercus* sp são quatro vezes mais largos e cerca de 30 vezes mais longos que os encontrados em *Maple* sp. Para dar conta da mesma quantidade de água, em um dado gradiente de pressão, *Maple* sp necessita cerca de 7000 vezes a quantidade de vasos de *Quercus* sp. Esse exemplo dado por Zimmermann (1982), mostra o quanto uma árvore com vasos largos é mais vulnerável, considerando que se um simples vaso for perdido por cavitação, por exemplo, o dano em *Quercus* sp será 7000 vezes mais grave do que em *Maple* sp.

As variações no diâmetro de vasos em resposta à disponibilidade hídrica e suas implicações são relativamente bem discutidas nos trabalhos de anatomia ecológica da madeira, a partir da análise comparativa entre plantas em condições de maior e menor disponibilidade de água no solo (Bass et al., 1983, Ceccantini, 1996, Lucchi, 2004, Lima et al., 2009). Em estudo com Asteraceae, Goodeniaceae, Campanulaceae, Brassicaceae, e com os gêneros *Echium* e *Euphorbia*, Carlquist (1975) identificou alguns fatores correlacionados com xeromorfismo, tais como, elementos de vaso de menor diâmetro e mais curtos e maior número de vasos por grupo. Em estudos com *Copaifera langsdorffii* (Marcati et al., 2001), *Croton urucurana* (Lucchi, 2004), *Xylopia aromatica* (Lucchi et al., 2005) os autores também relacionaram o menor diâmetro dos elementos de vaso com a menor disponibilidade de água do solo ao compararem plantas de ambientes com diferentes condições de disponibilidade hídrica do solo. No presente estudo, essa relação entre o menor diâmetro de vasos e o ambiente de menor disponibilidade de água no solo já pôde ser percebido mesmo em indivíduos ainda jovens, sendo que as procedências de Ce apresentaram em média, menor diâmetro do elemento de vaso quando comparadas às da FES. Além disso, tendo um maior diâmetro, logo a área do elemento de vaso também será maior, sendo assim, a maior área do elemento de vaso também foi verificada nas plantas de Ce.

Os resultados do presente estudo para a porção não tuberizada da raiz, mostram que as plantas de FES tiveram os maiores valores de comprimento de vaso, porém para a porção tuberizada da raiz, o comprimento de vaso das plantas de Ce foi menor que aquele encontrado nas plantas procedentes da FES.

A primeira e mais significativa resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência celular, e conseqüentemente a diminuição do processo de crescimento (Larcher, 2000). A deficiência hídrica reduz mais o crescimento das células do que a sua divisão ou diferenciação, sendo assim, o fluxo contínuo de água é essencial para a contínua expansão da célula, uma vez que o crescimento pode ser interrompido mesmo quando as células estejam apenas

ligeiramente plasmolisadas (Kramer & Koslowski 1960). Além do regime hídrico, diversos outros fatores interagem na formação do xilema, tais como a disponibilidade de luz, a temperatura atmosférica e do solo, e fatores intrínsecos, relacionados ao estado hormonal e/ou nutricional das árvores (Kozlowski & Pallardy, 1997). Sendo assim, embora o presente estudo não tenha abordado esse aspecto, vale a pena comentar que o crescimento secundário pode ser afetado pelo déficit hídrico, juntamente com os demais fatores relatados acima, provocando a inibição de diversos aspectos do crescimento cambial, incluindo a divisão das iniciais fusiformes do xilema e floema, tanto quanto o aumento e diferenciação das derivadas cambiais (Kozlowski & Pallardy, 1997).

A frequência de vasos foi outra variável relacionada com fatores ambientais, onde plantas vivendo em ambientes mais secos geralmente apresentam uma maior frequência de vasos quando comparadas com plantas vivendo em ambiente mais favorável em termos de disponibilidade de água (Bass, 1973; Ceccantini, 1996). Porém, em alguns trabalhos como os realizados por Marcati et al., (2001) e Lima et al., (2009), com *Copaifera lansdorffii* e *Enterolobium contortisiliquum*, respectivamente, não constatarem uma correlação entre a maior frequência de vasos e os ambientes com menor disponibilidade hídrica para essas espécies. No presente estudo a maior frequência de vasos foi verificada para as plantas procedentes de ambiente com menor disponibilidade de água, o Ce, quando comparados com os de FES, assim como em estudo realizado por Luchi (2004) que, ao estudar o xilema secundário de *Croton urucurana* em três níveis de umidade do solo, encontrou a maior frequência de vasos em plantas vivendo em ambiente de menor disponibilidade de água. Outro estudo comparando indivíduos adultos de *Xylopia aromatica* provenientes de dois ambientes distintos de Cerradão, um de área natural e outro de sub-bosque de *Pinus*, sendo que para essa segunda condição a disponibilidade de água era maior, verificou-se uma maior frequência de vasos em indivíduos provenientes da área natural (Luchi et al. 2005).

A maior quantidade de vasos significa maior segurança do xilema, como relatado anteriormente, tendo, portanto, um valor adaptativo para plantas sujeitas ao déficit hídrico (Zimmermann, 1974, 1982, 1983).

A área transversal de xilema ocupada por vasos pode ser usada como complemento na discussão envolvendo o efeito do ambiente sobre as variáveis de diâmetro, comprimento e frequência dos vasos (Luchi, 2004). Porém, a área de vasos isoladamente não representa muito em termos funcionais, uma vez que vasos de maior diâmetro têm maior capacidade de condução, no entanto, são mais vulneráveis à cavitação (Zimmermann, 1983; Stevenson & Mauseth, 2004; Sperry, 2003).

Carlquist (1975) fornece dados de área transversal para diversas categorias de dicotiledôneas. De acordo com seus resultados, arbustos de deserto têm em média 18% da área transversal do xilema ocupada por vasos e espécies de sítios méxicos em torno de 25%. No presente estudo, essa porcentagem variou; considerando as duas procedências, de 2,59 a 4,96%, valores esses extremamente baixos comparados aos da literatura. No entanto por se tratar de um estudo com plantas jovens, esse resultado pode estar relacionado ao estágio de desenvolvimento dessas plantas.

Os resultados do presente estudo mostram que os valores encontrados para altura de raios, comprimento de fibras, de vasos, assim como o diâmetro dos mesmos, por se tratar de um estudo com plantas jovens, foram muito inferiores aos encontrados para outras espécies de plantas adultas, conforme constatado em literatura. Já os valores de frequência de vasos encontrados para as plantas jovens de *C. tenuivalvis* revelaram o contrário, isso é coerente, ao considerar que em 1mm² cabem muito mais células de pequenas dimensões que células de grandes dimensões e, como relatado anteriormente, as plantas jovens de *C. tenuivalvis* estudados apresentaram células muito menores que aquelas encontradas em indivíduos adultos em outros estudos realizados.

Apesar de ocorrer frequentemente uma congruência entre o comportamento ecofisiológico e funcional de espécies com preferências ecológicas semelhantes (Ackerly et al., 2000), os vegetais exibem enorme diversidade nesses aspectos. Sendo assim, as variações podem ocorrer mesmo entre espécies crescendo em condições muito parecidas, em função da grande diversidade de estratégias adaptativas desenvolvidas ao longo da evolução. As respostas anatômicas do xilema às condições ecológicas podem, portanto, variar consideravelmente mesmo entre espécies que ocupam ambientes similares (Carlquist, 2001).

5. Considerações gerais

Os resultados do presente estudo permitem considerar que: a menor disponibilidade de água nas camadas superficiais do solo de Cerradão reflete no xilema secundário de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis*, uma vez que apresentaram maior frequência de vasos de menor diâmetro e/ou área em caule e raiz não tuberizada, maior altura e altura em número de células em caule e raiz não tuberizada e visualmente maior quantidade de grãos de amido em fibras e nas células parenquimáticas do sistema axial e radial de caule, raiz e raiz tuberizada.

6. Bibliografia citada

- Ackerly, D. D.; Dudley, S. A.; Sultan, S. E.; Schmitt, J.; Coleman, J. S.; Linder, C. R.; Sanquist D. R.; Geber, M. A.; Evans, A. S.; Dawson, T. E.; Lechowicz, A. M. J. 2000. The evolution of plant ecophysiological traits: recent advances and future directions. **Bioscience**, v.50, n.11.
- Alves, E. S. & Angyalossy-Alfonso, V. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. I. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, (21):3-30.
- Alves, E. S. & Angyalossy-Alfonso, V. 2002. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. II. Axial parenchyma, rays and fibers.. **IAWA Journal** (23):391-418.
- Arens K. 1958. O Cerrado como vegetação oligotrófica. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**. 224 Botânica, (15):59-77.
- Baas, P.; Werker, E.; Fahn, A. 1983. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin** n. s. v. 4 (2-3).
- Barajas-Morales, J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in México. **IAWA Bulletin**, (6):355-364.
- Bass, P. & Carlquist, S. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern Califórnia and Israel. **IAWA Bulletin**, (6):349-353.
- Bass, P. 1973. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance, **Blumea**, (21):193-258.
- Bass, P. & Schweingruber, F.H. 1987. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin**, (8):245-274.
- Biota FAPESP – 1999/09635-0. 2005. Relatório Final de Atividades do Projeto Biota FAPESP – Parcelas Permanentes.
- Botosso, P. C. & Gomes, A. V. 1982. Radial vessels and series of perforated ray cells in Annonaceae. **IAWA Bulletin**, v3(1).
- Botrel, R. T.; Oliveira Filho, A.T.; Rodrigues, L.A.; 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 Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, Brasil, v.25(2):195-213.
- Braun, H.J. 1884. The significance of the accessory tissues of the hydrosystem for osmotic water shifting as the second principle of water ascent, with some thoughts concerning the evolution trees. **IAWA Bulletin**, (5):275-294.

- Carlquist, S. & Hoekman, D.A. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern californian flora. **IAWA Bulletin**, (6):319-347.
- Carlquist, S. 1975. Ecological strategies of xylem evolution. Berkeley, Los Angeles: University of Califórnia Press. 259 p.
- Carlquist, S. 2001. Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. New York: Springer-Verlag, 446p.
- Ceccantini, G & Angyalossy-Afonso, V. 2000. Perforated ray cells in *Bathysa meridionalis* (Rubiaceae). **IAWA Journal**, v.21(1):77-82.
- Ceccantini, G. 1996. Anatomia ecológica do lenho de espécies de Cerrado e mata: *Casearia sylvestris* Sw. e *Machaerium villosum* Vog. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Chalk, L. 1989. Fibras. In Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction (C. R. Metcalfe & L. Chalk, eds.). 2nd ed. Oxford University Press, Oxford. vol 2.
- Cosmo, N.L. 2008. Anatomia Ecológica e Crescimento do Lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em Diferentes Condições Geomorfológicas e Pedológicas da Planície do Rio Iguaçu-PR. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 93p.
- Esau, K. 1967. Plant anatomy. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Esemann-Quadros, K. 2001. Anatomia do lenho de *Clusia criuva* Camb. (Clusiaceae): órgãos, hábitos e ambientes. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Franceschi, V.R. & Horner, H.T. 1980. Calcium oxalate crystals in plant. **The Botanical Review**, (46):361-427.
- Franco, A. C. 2002. Ecophysiology of woody plants. In: P. S. Oliveira & R. J. Marquis. (Eds.). The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a neo tropical savanna. pp. 178-197. Columbia University Press, Irvington, USA.
- Franklin, G.L. 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v.155, n.3924, 51p.
- Gomes, A. V. & Muñiz, G. I. B. 1986. Wood structure and ultrastructure of *Prosopis caldenia*, P. Chilensis and P. Juliflora and influence of ecological factors. In: II Internacional Conference on Prosopis. FAO, Recife, p.195-216.
- Goodland, R. J. & Ferri, M.G. 1979. Relações planta-solo. In: Ecologia do Cerrado (R. Goodland & M.G. Ferri, eds.). EDUSP, São Paulo, p.146-157.

- Goodland, R. J. 1971. Oligotrofismo e alumínio no Cerrado. In: III Simpósio sobre o Cerrado (ed. By M. G. Ferri), pp 44-60. Editora da Universidade de São Paulo.
- Goulart, S.L. & Marcati, C.R. 2008. Anatomia comparada do lenho em raízes e caule de *Lippia salviifolia* Cham. (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, V.31(2):263-275.
- Hacke, U.G. & Sperry, J.S. 2003. Limits to xylem refiling under negative pressure in *Laurus nobilis* and *Acer negundo*. **Plant Cell and Environment**, (26):303-311.
- Haridasan, M. & Araújo, G. M. 2005. Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. . **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, v.28(2):295-303.
- Hoffmann, W.A. & Franco, A.C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology** (91): 475-484.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, 1992. 92p. (Séries Manuais Técnicos em Geociências, 1).
- IAWA COMMITTEE. 1989. International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin*, (10):220-332.
- Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. New york, McGraw-Hill.
- Joffily, A.; Domingues, D. F.; Vieira, R. C. 2007. Perforated ray cells in the root and stem of *Maytenus* (Celastraceae-Celastraceae) **IAWA Journal**, v.28(3):311-314.
- Juhász, C. E. P.; Cursi, P. R.; Cooper, M.; Oliveira, T. C.; Rodrigues, R. R. 2006. Dinâmica Físico-hídrica de uma toposequência de solos sob Savana Florestada (Cerradão) em Assis, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, (30):401-412.
- Kozlowski, T. T. & Pallardy S.G. 1997. Growth Control in Wood Plants. Academic Press, San Diego, 640 p.
- Kramer J.P. & Koslowski T. 1960. Fisiologia das árvores. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 745p.
- Kuniyoshi, Y.S. 1993. Aspectos morfo-anatômicos do caule, raízes e folha de *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC (BIGNONIACEAE) em diferentes fases sucessionais no litoral do Paraná. Tese de Doutorado, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 131 p.
- Larcher, W. 2000. Ecofisiologia Vegetal. São Carlos: Rima Artes e Textos, 531p.

- Lindorf, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. **IAWA Journal**, (15):363-376.
- Lima, R.S.; Oliveira, P.L.; Rodrigues, L.R. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrentes em dois ambientes. 2009. **Revista Brasileira de Botânica**, v.32(2):361-374.
- Luchi, A. E. 2004. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica** (27):271-280.
- Luchi, A.E.; Silva, L.P.P.; Moraes, M.A. 2005. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromática* (Lam.) Mart. Em áreas de Cerrado e de plantação de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28(4):809-820.
- Malavolta, E.; Kliemann, H.J. 1985. Desordens nutricionais do Cerrado. Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 136p.
- Marcati, C. M.; Angyalossy-Alfonso, V.; Benetati, L. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorfii* Desf. (leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerradão. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, Brasil, v.24(3):311-320.
- Mattos Filho, A. 1971. Estudo comparativo entre duas espécies de Leguminosae latescentes do Cerrado e da caatinga. **Rodriguesia**, (38):9-33.
- Mattos Filho, A. 1989. Estudo morfológico da madeira do par de espécies vicariantes de *Pithecellobium anajuliae* Riz. e *Pithecellobium tortum* Mart. (Leguminosae-Mimosoideae). **Revista Brasileira de Biologia**, (48):143-154.
- Mennega, A. M. W. 2005. Wood anatomy of the subfamily Euphrbioideae: a comparison with subfamilies Crotonoideae and Acalyphoideae and the implications for circumscription of the Euphorbiaceae. **IAWA Journal**, v.26(1), p. 1-68.
- Mina-Rodrigues, E.M.C. 1986. Estudo morfo-anatômico dos órgãos vegetativos de *Pera glabrata* Baill. (Euphorbiaceae), em material procedente de mata mesófila semidecídua e de Cerrado. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Nakata, P.A. 2003. Advances in our understanding of calcium oxalate crystal formation and function in plant. **Plant Science**, (164):901-909.
- Outer, R.W. den; Veenedaal, W.L.H. 1976. **Variation in wood anatomy of species with a distribution covering both rain forest and savanna áreas of the Ivory Coast, West-Africa**. Leiden In:Wood structure in biological and technological research (P. Bass., A.J. Bolton & D.M. Catling, eds.) Leiden Botanical Series, n.3, Leiden University Press, Leiden, p.182-195.

- Paviani, T. & Haridasan, M. 1988. Tuberosidade em *Vochysia thyrsoidea* Pohl (Vochysiaceae). **Ciência e Cultura** v.40(10):998-1003.
- Ratter, J.A. 1971. Some notes on two types of cerradão occurring in northeastern Mato Grosso. Pp.110-112. In: M.G. Ferri (ed.). III Simpósio Sobre o Cerrado. São Paulo, EDUSP/Edgard Blücher.
- Ratter, J.A.; Askew, G.P.; Montgomery, R.F. & Gifford, D.R. 1977. Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos no Brasil central. Pp.303-316. In: M.G. Ferri (ed.). IV Simpósio sobre o Cerrado: Bases para a Utilização Agropecuária. São Paulo, EDUSP.
- Ratter, J.A.; Richards, P.W.; Argent, G. & Gifford, D.R. 1973. Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso I. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 266:449-492.
- Ribeiro, M.L.R.C. & Barros, C.F. 2006. Variação intraspecífica do lenho de *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima (Leguminosae-Mimosoideae) de populações ocorrentes em remanescentes de Floresta Atlântica. **Acta Botanica Brasilica**, (20):839-844.
- Rizzini, C. T. 1997. Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Âmbito Cultural Edições LTDA, Rio de Janeiro.
- Schubart, O. & Rawitscher, F.K. 1950. Notas sobre o movimento de água subterrânea de Emas. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP** 109. Botânica (8):69-73.
- Sinnott, E.W. & Bloch, R. 1939. Changes in intercellular relationships during the growth and differentiation of living plant tissues. **American Journal of Botany**, (26):625-634.
- Sperry, J. S. Evolution of water transport and xylem structure. 2003. Int. J. Plant Sci., Chicago, v.164(3):115-127.
- Stevenson J. F. & Mauseth, J. D. 2004. Effects of environment on vessel characters in Cactus wood. Int. J. Plant Sci., Chicago, v.165(3), p. 347-357.
- Vliet van, G.J.C.M. 1976. Radial vessels in rays. **IAWA Bulletin**, (3):35-37.
- Warming, E. 1892. Lagoa Santa, contribuição para a geografia fitobiológica pp. 1-284. In E. Warming & M.G. Ferri (eds.). 1973. Lagoa Santa e a vegetação dos Cerrados brasileiros. Itatiaia, Belo Horizonte.
- Warming, E. 1908. Lagoa Santa: contribuição para a geographia phytobiológica. Belo Horizonte.
- Wheeler, E.A. & Bass, P. 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous woods and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. **IAWA Bulletin**, (12):275-332.

Wheeler, E.A. 1986. Vessels per square millimetre or vessel groups per square millimetre? **IAWA Bulletin**, (7):73-74.

Wilkins, A.P. & Papassotiriou, S. 1989. Wood anatomical variation of *Acácia melanoxylon* in relation to latitude. **IAWA Bulletin**, (10):201-207.

Zimmermann M. H. 1974. Transport in the xylem. p169-220. In: ZIMMERMANN, M.H. & BROWN, C.L. Trees structure and function. New York: Spring-Verlag, 336p.

Zimmermann M. H. 1983. Xylem structure and the ascent of sap. Berlin: Springer Series in Wood Science. Springer-Verlag, 142p.

Zimmermann, M. H. 1982. Functional xylem anatomy of angiosperm trees. p 59-70. In: BASS, P. New Perspectives in Wood Anatomy. Boston: Martinus Nijhoff/Dr. Junk Publishers, 1982. 252p.

Considerações finais

Os resultados do presente estudo mostraram que ao comparar as plantas jovens de espécies arbóreas da comunidade de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual, as variáveis analisadas de razão do comprimento e de biomassa da parte aérea/raízes, distribuição da biomassa na planta, teores e distribuição de nutrientes e alumínio na planta são definidos pelas características edáficas dessas duas formações.

E as diferenças entre as plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* procedentes de Cerradão e de Floresta Estacional Semidecidual para as variáveis analisadas do xilema secundário está relacionada com a disponibilidade de água nas camadas superficiais dos solos dessas duas formações.

ANEXO

Tabela 17: Quantidade total acumulada de macronutrientes na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Formação	Nitrogênio								Fósforo							
	-----mg.planta ⁻¹ -----															
	Folha		Caule		Raízes		Total		Folha		Caule		Raízes		Total	
FES	88,33	A	32,71	A	58,68	A	172,04	A	3,53	A	1,63	A	2,05	A	7,21	A
Ce	42,26	B	16,98	B	55,54	A	114,78	B	1,14	B	0,46	B	1,01	B	2,61	B
Formação	Potássio								Cálcio							
	-----mg.planta ⁻¹ -----															
	Folha		Caule		Raízes		Total		Folha		Caule		Raízes		Total	
FES	69,5	A	25,99	A	27,28	A	122,78	A	64,12	A	50,32	A	53,12	A	167,55	A
Ce	15,06	B	7,62	B	13,16	B	35,84	B	15,42	B	8,93	B	11,44	B	35,79	B
Formação	Magnésio								Enxofre							
	-----mg.planta ⁻¹ -----															
	Folha		Caule		Raízes		Total		Folha		Caule		Raízes		Total	
FES	14,87	A	3,97	A	8,08	A	26,93	A	6,41	A	2,67	A	5,00	A	14,08	A
Ce	6,59	B	2,63	A	5,35	A	14,56	B	4,35	B	3,48	A	7,84	A	15,67	A

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 18: Quantidade total acumulada de micronutrientes e alumínio na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Formação	Boro								Zinco							
	-----µg.planta ⁻¹ -----															
	Folha		Caule		Raízes		Total		Folha		Caule		Raízes		Total	
FES	194,61	A	62,52	A	95,67	A	312,08	A	181,84	A	152,53	A	266,32	A	600,69	A
Ce	88,38	B	42,13	B	76,66	B	194,73	B	65,87	B	60,65	B	138,41	B	264,92	B
Formação	Manganês								Ferro							
	-----µg.planta ⁻¹ -----															
	Folha		Caule		Raízes		Total		Folha		Caule		Raízes		Total	
FES	1138,20	B	691,70	A	571,40	B	2401,30	B	677,95	A	583,40	A	1654,90	A	2916,30	A
Ce	1787,60	A	802,20	A	739,20	A	3329,00	A	381,41	B	454,80	A	1720,07	A	2556,90	A
Formação	Cobre								Alumínio							
	-----µg.planta ⁻¹ -----															
	Folha		Caule		Raízes		Total		Folha		Caule		Raízes		Total	
FES	30,28	A	20,22	A	27,10	B	77,61	A	730,70	A	747,60	A	2691,50	B	4170,00	B
Ce	20,03	B	17,86	A	40,54	A	78,44	A	680,60	A	1204,60	A	7108,70	A	8994,00	A

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 19: Valores médios do comprimento das raízes e da parte aérea, biomassa de folha, caule, raízes e total de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Espécie	comp.raízes		comp. parte aérea		parte aérea/raízes		massa seca folha		massa seca caule		massa seca raízes		massa seca total	
	----- (cm) ----- g.planta ⁻¹ -----													
<i>Aspidosperma polineuron</i> FES	19,92	EF	29,04	AB	1,51	AB	3,65	BDC	4,05	B	4,52	CD	12,21	C
<i>Centropogon tomentosus</i> FES	35,50	A	22,88	DEFG	0,65	E	3,70	BDC	3,35	CBD	13,60	A	20,65	A
<i>Copaifera langsdorffii</i> Ce	27,68	BCD	23,50	CDEF	0,85	CDE	1,62	ED	2,63	CEBD	6,59	BCD	10,84	DC
<i>Cupania tenuivalvis</i> Ce	26,09	BCDE	25,29	BCD	0,97	CDE	5,21	BA	3,66	CB	14,49	A	23,37	A
<i>Cupania tenuivalvis</i> FES	29,91	AB	18,54	GHI	0,62	E	1,46	ED	1,37	E	3,50	CD	6,33	DC
<i>Esenbeckia leiocarpa</i> FES	16,90	F	26,42	ABCD	1,56	AB	3,59	BDC	1,85	ED	1,84	D	7,28	DC
<i>Machaerium acutifolium</i> Ce	25,99	BCDE	18,11	HI	0,70	E	1,58	ED	1,39	E	10,25	BA	13,22	BC
<i>Machaerium stipitatum</i> FES	29,50	AB	20,01	FGH	0,68	E	1,15	E	2,09	ED	7,46	BC	10,70	DC
<i>Metrodorea nigra</i> FES	21,38	CDEF	24,60	BCDE	1,15	BCD	6,12	A	6,21	A	7,49	BC	19,82	BA
<i>Myrsine umbellata</i> Ce	17,03	F	21,48	EFGH	1,29	BC	3,42	BEDC	2,32	CED	2,74	CD	8,48	DC
<i>Myrsine umbellata</i> FES	16,43	F	29,68	A	1,81	A	5,02	BA	3,30	CBD	2,58	CD	10,90	DC
<i>Ocotea corymbosa</i> Ce	30,91	AB	24,29	CDE	0,79	DE	2,01	ED	2,31	CED	2,94	CD	7,26	DC
<i>Protium heptaphyllum</i> Ce	28,78	ABC	27,85	ABC	0,99	CDE	2,52	EDC	2,77	CEBD	5,92	BCD	11,21	DC
<i>Trichilia clauseni</i> FES	17,13	F	13,82	I	0,81	DE	4,47	BAC	1,99	ED	3,21	CD	9,67	DC
<i>Xylopia aromatica</i> Ce	20,24	DEF	16,93	I	0,84	DE	1,24	E	1,29	E	1,93	D	4,46	D

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 20: Valores médios dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas diferentes partes da planta de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Espécies	Nitrogênio						Fósforo						Potássio					
	g kg ⁻¹																	
	Folha		Caule		Raízes		Folha		Caule		Raízes		Folha		Caule		Raízes	
<i>Aspidosperma polineuron</i> FES	23,17	BCD	10,23	BCDE	10,03	CD	0,87	EBDAC	0,50	BC	0,40	BA	18,20	BA	10,53	A	7,20	BA
<i>Centrolobium tomentosum</i> FES	26,93	B	12,60	AB	13,87	B	1,07	BAC	0,53	BC	0,33	BC	14,77	BC	6,43	B	4,37	FBDEC
<i>Copaifera langsdorffii</i> Ce	15,00	GH	4,97	F	4,70	F	0,37	EDF	0,17	E	0,17	ED	5,00	EF	2,53	ED	2,00	FG
<i>Cupania tenuivalvis</i> Ce	18,10	DEFG	7,97	CDEF	6,00	FE	0,60	EBDCF	0,20	E	0,17	ED	6,20	EF	4,17	CEBD	2,17	FGE
<i>Cupania tenuivalvis</i> FES	24,45	BC	8,70	BCDEF	6,80	FDE	0,50	EDCF	0,20	E	0,20	ECD	13,17	BCD	5,33	CBD	5,17	BDAC
<i>Esenbeckia leiocarpa</i> FES	27,23	B	11,73	ABC	11,13	CB	1,33	A	0,47	BCD	0,33	BC	22,77	A	5,77	CB	3,33	FGDEC
<i>Machaerium acutifolium</i> Ce	27,53	B	14,60	A	19,30	A	0,37	EDF	0,23	ED	0,10	E	2,50	F	1,83	E	1,30	G
<i>Machaerium stipitatum</i> FES	33,50	A	12,85	AB	11,10	CB	0,80	EBDACF	0,40	ECD	0,35	B	9,75	ECD	5,40	CBD	3,40	FGDEC
<i>Metrodorea nigra</i> FES	22,26	BCDE	11,70	ABC	10,27	C	1,13	BA	0,67	BA	0,50	A	18,37	BA	11,33	A	5,00	BDEC
<i>Myrsine umbellata</i> Ce	10,27	H	6,53	EF	4,97	F	0,27	F	0,17	E	0,17	ED	7,27	EFD	2,93	CED	2,77	FGDEC
<i>Myrsine umbellata</i> FES	13,37	GH	6,10	EF	5,87	FE	0,57	EBDCF	0,40	ECD	0,30	BCD	22,43	A	5,93	B	5,30	BAC
<i>Ocotea corymbosa</i> Ce	16,27	FG	6,97	DEF	6,17	FE	0,30	EF	0,17	E	0,17	ED	3,37	F	2,70	ED	2,20	FGE
<i>Protium heptaphyllum</i> Ce	17,20	EFG	6,73	DEF	6,30	FE	0,70	EBDCF	0,23	ED	0,17	ED	7,60	EFD	4,10	CEBD	2,37	FGDE
<i>Trichilia claussoni</i> FES	20,90	CDEF	10,83	ABCD	9,20	CDE	0,93	BDAC	0,80	A	0,53	A	17,77	BA	10,83	A	7,90	A
<i>Xylopia aromatica</i> Ce	17,56	EFG	5,57	F	4,73	F	0,30	EF	0,20	E	0,20	ECD	8,60	EFD	3,83	CEBD	2,27	FGE

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 21: Valores médios dos teores de cálcio, magnésio e enxofre nas diferentes partes da planta de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Espécies	Cálcio						Magnésio						Enxofre					
	g kg ⁻¹																	
	Folha		Caule				Folha		Caule				Folha		Caule			
<i>Aspidosperma polineuron</i> FES	18,77	BA	12,33	B	7,37	B	3,53	B	1,10	BECD	0,80	CB	1,97	BA	0,63	BC	0,70	A
<i>Centrolobium tomentosum</i> FES	11,43	EDF	15,27	B	11,77	A	3,17	CB	2,27	A	2,87	A	1,20	B	0,77	BC	1,03	A
<i>Copaifera langsdorffii</i> Ce	7,10	HGF	5,37	C	2,43	D	2,70	CBD	1,30	BCD	0,93	CB	2,13	BA	1,07	BC	0,77	A
<i>Cupania tenuivalvis</i> Ce	5,03	HGI	4,00	C	1,87	D	3,30	CB	1,30	BCD	0,93	CB	1,90	BA	2,37	A	1,22	A
<i>Cupania tenuivalvis</i> FES	8,67	EGF	6,00	C	3,08	CD	3,10	CB	0,90	ECD	1,23	CB	1,97	BA	1,23	BAC	1,95	A
<i>Esenbeckia leiocarpa</i> FES	15,30	BDC	12,93	B	7,10	B	3,57	B	0,73	ED	0,63	CB	2,00	BA	0,60	BC	1,73	A
<i>Machaerium acutifolium</i> Ce	2,10	I	1,83	C	1,43	D	1,03	E	0,67	ED	0,43	C	1,60	BA	1,70	BAC	1,33	A
<i>Machaerium stipitatum</i> FES	18,00	BA	14,75	B	10,60	A	2,20	CD	0,80	ECD	0,65	CB	2,05	BA	0,45	C	0,35	A
<i>Metrodorea nigra</i> FES	19,03	BA	22,33	A	12,80	A	5,10	A	1,43	BC	0,90	CB	1,33	B	1,03	BC	0,67	A
<i>Myrsine umbellata</i> Ce	12,10	EDC	6,20	C	3,03	CD	2,67	CBD	0,83	ECD	0,87	CB	1,07	B	0,70	BC	0,83	A
<i>Myrsine umbellata</i> FES	17,03	BAC	20,63	A	5,63	CB	5,10	A	1,33	BCD	0,80	CB	1,60	BA	0,70	BC	0,67	A
<i>Ocotea corymbosa</i> Ce	2,17	HI	1,43	C	1,03	D	1,87	ED	0,57	E	0,57	CB	1,33	B	1,00	BC	1,10	A
<i>Protium heptaphyllum</i> Ce	6,20	HGI	3,97	C	2,10	D	2,90	CBD	1,60	BA	1,27	B	2,00	BA	1,77	BA	1,70	A
<i>Trichilia clauseni</i> FES	21,50	A	12,67	B	7,13	B	2,97	CBD	0,93	BECD	0,63	CB	2,07	BA	1,50	BAC	0,87	A
<i>Xylopia aromatica</i> Ce	3,83	HGI	1,83	C	1,27	D	2,53	CBD	1,30	BCD	1,27	B	3,23	A	1,27	BAC	0,87	A

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 22: Valores médios dos teores de boro, zinco e manganês nas diferentes partes da planta de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Espécies	Boro						Zinco						Manganês					
	mg kg ⁻¹																	
	Folha		Caule				Folha		Caule				Folha		Caule			
<i>Aspidosperma polineuron</i> FES	73,03	BA	17,21	BA	19,79	A	32,50	CED	60,83	BA	64,33	B	76,70	D	40,00	B	48,33	C
<i>Centrolobium tomentosum</i> FES	35,85	DGEF	25,41	A	18,78	A	53,83	CBD	35,00	DC	29,00	ED	181,70	D	145,00	BA	98,33	C
<i>Copaifera langsdorffii</i> Ce	67,79	BA	19,82	BA	13,62	A	37,00	CEBD	27,83	DC	23,83	ED	680,00	B	206,70	BA	90,00	C
<i>Cupania tenuivalvis</i> Ce	26,21	HGEF	17,44	BA	14,79	A	33,00	CED	26,50	D	19,75	E	1916,70	A	666,70	BA	260,83	B
<i>Cupania tenuivalvis</i> FES	23,60	HGF	21,52	BA	15,80	A	59,67	CB	40,00	DC	24,00	ED	1833,30	A	2180,00	A	400,00	A
<i>Esenbeckia leiocarpa</i> FES	44,14	DC	15,95	BA	11,91	A	56,00	CB	74,17	A	106,33	A	78,30	D	56,70	B	61,67	C
<i>Machaerium acutifolium</i> Ce	18,35	H	19,76	BA	10,89	A	23,17	ED	28,00	DC	17,67	E	105,00	D	66,70	BA	28,33	C
<i>Machaerium stipitatum</i> FES	18,00	H	22,95	BA	21,02	A	109,00	A	66,00	BA	58,25	CB	125,00	D	47,50	B	45,00	C
<i>Metrodorea nigra</i> FES	40,87	DE	18,99	BA	13,59	A	42,67	CEBD	48,17	BC	42,67	CD	620,00	CB	208,30	BA	130,00	C
<i>Myrsine umbellata</i> Ce	21,56	HG	14,10	B	14,27	A	23,17	ED	25,50	D	54,67	CB	225,00	CD	566,70	BA	98,33	C
<i>Myrsine umbellata</i> FES	30,39	HDGEF	19,42	BA	11,26	A	28,00	CED	24,67	D	94,83	A	45,00	D	43,30	B	35,00	C
<i>Ocotea corymbosa</i> Ce	38,85	DEF	13,80	B	13,62	A	21,67	ED	28,33	DC	25,67	ED	108,30	D	181,70	BA	63,33	C
<i>Protium heptaphyllum</i> Ce	34,56	HDGEF	16,53	BA	12,34	A	18,67	E	23,33	D	22,83	ED	61,70	D	135,00	BA	133,33	C
<i>Trichilia claussoni</i> FES	58,58	BC	18,99	BA	17,50	A	67,17	B	77,00	A	64,00	B	111,70	D	80,00	BA	41,67	C
<i>Xylopia aromatica</i> Ce	76,88	A	22,83	BA	17,07	A	19,50	E	22,00	D	29,83	ED	68,30	D	326,70	BA	60,00	C

Médias na linha vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 23: Valores médios dos teores de ferro, cobre e alumínio nas diferentes partes da planta de plantas jovens de espécies arbóreas de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Espécies	Ferro						Cobre						Alumínio					
	mg kg ⁻¹																	
	Folha		Caule		Raízes		Folha		Caule		Raízes		Folha		Caule		Raízes	
<i>Aspidosperma polineuron</i> FES	151,67	CB	166,67	CEBD	370,00	EBDAC	10,00	BA	8,33	BA	6,33	BDC	115,00	C	186,70	BC	575,00	DC
<i>Centrolobium tomentosum</i> FES	175,00	CB	146,67	CEBD	263,33	EDC	8,33	BAC	6,83	BC	4,17	D	150,00	CB	163,30	C	366,70	D
<i>Copaifera langsdorffii</i> Ce	148,33	CB	83,33	E	165,00	E	8,67	BAC	6,17	BC	5,67	DC	210,00	CB	410,00	BAC	1138,30	BDC
<i>Cupania tenuivalvis</i> Ce	216,67	B	251,67	CB	348,33	EBDC	8,17	BAC	6,83	BC	5,33	DC	336,67	B	428,30	BAC	1259,20	BDAC
<i>Cupania tenuivalvis</i> FES	616,67	A	596,67	A	476,67	BDAC	7,33	BAC	5,33	BC	3,83	D	943,33	A	833,30	BA	1160,00	BDC
<i>Esenbeckia leiocarpa</i> FES	171,67	CB	186,67	CEBD	621,67	BA	9,17	BA	6,50	BC	9,50	BAC	155,00	CB	218,30	BC	933,30	DC
<i>Machaerium acutifolium</i> Ce	106,67	C	130,00	CED	108,33	E	10,83	A	11,67	A	6,33	BDC	220,00	CB	423,30	BAC	473,30	DC
<i>Machaerium stipitatum</i> FES	175,00	CB	100,00	ED	180,00	ED	9,50	BA	5,25	BC	3,75	D	125,00	C	302,50	BC	275,00	D
<i>Metrodorea nigra</i> FES	138,33	CB	210,00	CEBD	355,00	EBDC	7,33	BAC	7,50	BAC	6,00	BDC	155,00	CB	281,70	BC	553,30	DC
<i>Myrsine umbellata</i> Ce	90,00	C	101,67	CED	275,00	EDC	6,33	BC	6,17	BC	7,00	BDC	246,67	CB	271,70	BC	2300,00	A
<i>Myrsine umbellata</i> FES	136,67	CB	126,67	CED	166,67	E	5,00	C	3,33	C	3,50	D	166,67	CB	156,70	C	246,70	D
<i>Ocotea corymbosa</i> Ce	143,33	CB	220,00	CEBD	225,00	EDC	7,50	BAC	9,50	BA	10,17	BA	335,00	B	1005,00	A	1220,00	BDC
<i>Protium heptaphyllum</i> Ce	125,00	CB	286,67	B	493,33	BAC	7,67	BAC	7,17	BAC	6,83	BDC	175,00	CB	530,00	BAC	1520,00	BAC
<i>Trichilia claussoni</i> FES	175,00	CB	136,67	CEBD	175,00	ED	9,83	BA	7,33	BAC	5,83	BDC	168,33	CB	120,00	C	291,70	D
<i>Xylopia aromatica</i> Ce	183,33	CB	250,00	CBD	675,00	A	9,67	BA	8,33	BA	12,00	A	333,33	B	480,00	BAC	2183,30	BA

Tabela 24: Quantidades de macro e micronutrientes e alumínio na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de *Myrsine umbellata* procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Ambiente	Nitrogênio				Fósforo				Potássio															
	caule	folha	raízes	total	caule	folha	raízes	total	caule	folha	raízes	total												
	----- mg.planta ⁻¹ -----																							
Ce	15,21	b	34,94	b	13,57	a	63,71	b	0,40	b	0,92	b	0,46	b	1,78	b	6,77	b	25,01	b	7,51	b	39,29	b
FES	20,54	a	67,41	a	15,16	a	103,10	a	1,32	a	2,89	a	0,78	a	4,98	a	19,64	a	115,40	a	13,66	a	148,70	a
Ambiente	Cálcio				Magnésio				Enxofre															
	caule	folha	raízes	total	caule	folha	raízes	total	caule	folha	raízes	total												
	----- mg.planta ⁻¹ -----																							
Ce	14,51	b	41,49	b	8,32	b	64,32	b	1,94	b	9,12	b	2,33	a	13,39	b	1,57	b	3,60	b	2,15	a	7,32	b
FES	69,81	a	87,08	a	14,67	a	171,55	a	4,23	a	25,73	a	2,03	a	31,99	a	2,43	a	8,56	a	1,78	b	12,76	a
Ambiente	Boro				Zinco				Manganês															
	caule	folha	raízes	total	caule	folha	raízes	total	caule	folha	raízes	total												
	----- µg.planta ⁻¹ -----																							
Ce	32,79	b	74,05	b	38,71	a	145,55	b	59,42	b	79,31	b	147	b	285,8	a	1.306,8	a	768,25	a	267,88	a	2.342,97	a
FES	64,32	a	146,06	a	29,62	b	240,00	a	82,83	a	147,38	a	246	a	476	b	143,22	b	231,98	b	89,33	b	464,53	b
Ambiente	Ferro				Cobre				Alumínio															
	caule	folha	raízes	total	caule	folha	raízes	total	caule	folha	raízes	total												
	----- µg.planta ⁻¹ -----																							
Ce	241,10	b	313,90	b	739,50	a	1.294,40	a	14,00	a	21,42	a	18,93	a	54,34	a	630,80	a	843,70	a	6.255,50	a	7.730,00	a
FES	452,30	a	686,70	a	444,40	b	1.583,30	a	10,98	b	24,84	a	9,09	b	44,91	a	560,00	a	809,50	a	658,90	b	2.028,40	b

Tabela 25: Quantidades de macro e micronutrientes e alumínio na parte aérea (folha e caule) e nas raízes de plantas jovens de *Cupania tenuivalvis* procedentes de Cerradão (Ce) e de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Ambiente	Nitrogênio										Fósforo					Potássio														
	Folha		Caule		Raízes		RT		total		Folha		Caule		Raízes		RT		total											
	----- mg.planta ⁻¹ -----																													
Ce	96,06	a	29,05	a	23,38	a	57,99	a	206,47	a	3,13	a	0,73	a	0,48	a	2,20	a	6,54	a	32,74	a	15,19	a	6,76	a	26,94	a	81,63	a
FES	41,16	b	11,84	b	13,19	b	10,22	b	76,41	b	0,63	b	0,27	b	0,27	b	0,44	b	1,61	b	18,29	b	7,24	b	8,36	a	9,68	b	43,56	b
Ambiente	Cálcio					Magnésio					Enxofre																			
	Folha		Caule		Raízes		RT		total		Folha		Caule		Raízes		RT		total											
	----- mg.planta ⁻¹ -----																													
Ce	25,75	a	14,71	a	8,11	a	14,81	a	63,38	a	16,70	a	4,80	a	3,59	a	9,35	a	34,44	a	9,80	a	8,66		4,65		14,28		37,39	a
FES	12,86	b	8,25	b	5,74	b	5,08	b	31,93	b	4,65	b	1,23	b	2,32	b	1,97	b	10,17	b	2,79	b	1,70		3,36		3,55		11,40	b
Ambiente	Boro					Zinco					Manganês																			
	Folha		Caule		Raízes		RT		total		Folha		Caule		Raízes		RT		total											
	----- µg.planta ⁻¹ -----																													
Ce	136,55	a	63,79	a	51,47	a	72,45	a	324,26	a	172,58	a	97,50	a	98,55	a	120,53	a	489,15	a	10.015,67	a	2.471,67		1.238,07		1.710,07		15.435,47	a
FES	34,46	b	29,48	b	25,75	b	12,01	b	101,70	b	84,46	b	54,74	b	49,72	b	33,52	b	222,44	b	2.821,67	b	2.862,63		1.039,43		293,20		7.016,93	b
Ambiente	Ferro					Cobre					Alumínio																			
	Folha		Caule		Raízes		RT		total		Folha		Caule		Raízes		RT		total											
	----- µg.planta ⁻¹ -----																													
Ce	1.135,82	a	928,03	a	1.692,60	a	2.524,05	a	6.280,50	a	42,22	a	25,10	a	23,39	a	44,05	a	134,76	a	1.729,98	a	1.567,67	a	6.703,90	a	7.364,55	a	17.366,10	a
FES	916,03	a	812,93	a	1.144,60	b	499,40	b	3372,97	b	10,56	b	7,34	b	7,87	b	5,61	b	31,38	b	1.450,33	a	1.135,60	b	2.837,87	b	1.246,83	b	6.670,63	b