



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
DE RECURSOS NATURAIS



VARIAÇÕES FENOTÍPICAS EM ESPÉCIES LENHOSAS
DO CERRADO EM TRÊS ÁREAS
NO TRIÂNGULO MINEIRO

NILSON SANTOS DOS REIS

UBERLÂNDIA / MG

2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
DE RECURSOS NATURAIS

MON
581.5(213.54)
R.375 v
TES/ME21

Nilson Santos dos Reis

Variações fenotípicas em espécies lenhosas do Cerrado em três áreas no Triângulo Mineiro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora

Profª Dra Cecília Lomônaco de Paula

Co-orientador

Prof. Dr. Glein Monteiro de Araújo

UBERLÂNDIA / MG
Fevereiro - 2003

SISBI/UFU



1000208712

D 208712

F 0 0 0 0 2 7 6 3 4 4

FICHA CATALOGRÁFICA

R375v Reis, Nilson Santos dos, 1978-
Variações fenotípicas em espécies lenhosas do Cerrado em três áreas
no Triângulo Mineiro / Nilson Santos dos Reis. - Uberlândia, 2003.
91f. : il.
Orientador: Cecília Lomônaco de Paula.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.
Inclui bibliografia.
1. Cerrados - Teses. 2. Flora dos cerrados - Triângulo Mineiro (MG) -
Teses. I. Reis, Nilson Santos dos. II. Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais. III. Título.

CDU:581.5(213.54)(043.3)

Nilson Santos dos Reis

Variações fenotípicas em espécies lenhosas do Cerrado em três áreas no Triângulo Mineiro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2003



Prof. Dr. Fernando Henrique Aguiar Vale – UFMG

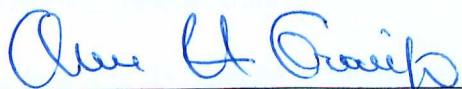


Prof. Dr. Iván Schiavini – UFU



Profª Dra Cecília Lomônaco de Paula – UFU

(Orientadora)



Prof. Dr. Glein Monteiro de Araújo – UFU

(Co-orientador)



Profª Dra Ana Angélica Almeida Barbosa – UFU (Suplente)

UBERLÂNDIA / MG
Fevereiro - 2003

AGRADECIMENTOS

À Profa Dra Cecília Lomônaco de Paula, pelo apoio, incentivo, dedicação e paciência, extremamente importantes para a concretização deste trabalho. Sinto-me privilegiado por ter convivido com pessoa tão especial, que reúne em um único ser tantas qualidades: beleza, inteligência, entusiasmo, criatividade, dinamismo, bom humor, humildade ... Obrigado por tudo. Saiba que aprendi muito mais do que fazer pesquisa e que, em minha vida, sempre levarei comigo um pouco de você.

Ao Prof. Dr. Glein Monteiro de Araújo, pela ajuda na escolha e identificação das espécies, coleta de dados e pela contribuição dada a este trabalho.

À Profa Dra Rosana Romero, pelo que me ensinou sobre a identificação da espécie *Miconia fallax*, e ao Prof. Dr. Jimi Nakajima, pelo material bibliográfico.

Ao Prof. Dr. Fernando Henrique Aguiar Vale, da Universidade Federal de Minas Gerais, e ao Prof. Dr. Ivan Schiavini, por terem gentilmente aceito o convite de participar de minha banca examinadora e pelas contribuições dadas ao meu trabalho.

À Profa Dra Ana Angélica Almeida Barbosa, pela leitura crítica do meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira e à coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia, em especial à Maria Angélica, pelo auxílio.

Ao Seu José da Estação Ecológica do Panga, pelas vezes em que me ajudou na coleta dos dados.

Aos técnicos Lázaro e Márcia do Instituto de Biologia, pelo apoio no experimento de germinação da Disciplina de Tópicos Avançados em Ecologia.

Às pessoas mais importantes de minha vida, que são a minha mãe, os meus irmãos e os meus sobrinhos, pelo carinho e amor e por sempre me darem apoio nos momentos difíceis.

Aos meus familiares de Uberlândia, por terem me acolhido com tanta hospitalidade em seus lares enquanto precisei.

À Viviane Santos Brandão, pelo apoio, pela compreensão e pelas terapias de riso. Meu espírito se eleva quando você está ao meu lado... *“Vi estas admirinda, plej kara. Mi vin vidis, ho trezoro, kaj ekamis vin mi tuj.”*

Aos amigos Maria Inês, Edivane, Simone, Eleonora, Christiano, Marcelo Menin, Marcelo Kokobum, Márcia, Grace, Isa, Sandra, Cláudia, Alexandre, Jean, Willian, Cecília, Ana Luíza, Ana Paula de Assis, Cláudio e Alice, pelo companheirismo, auxílio e apoio.

A todos os demais colegas e professores do Instituto de Biologia, que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	xii
GENERAL ABSTRACT.....	xiv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1: Caracterização de ecótipos em oito espécies lenhosas em três áreas do Cerrado no Triângulo Mineiro.....	7
1 – RESUMO.....	8
2 – INTRODUÇÃO.....	9
3 – MATERIAL E MÉTODOS.....	11
Áreas de estudo.....	11
Período de coleta.....	12
Espécies estudadas.....	12
Caracterização dos ecótipos.....	16
Análise estatística.....	20
4 – RESULTADOS.....	21
5 – DISCUSSÃO.....	32
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
CAPÍTULO 2: Assimetria flutuante em folhas de oito espécies lenhosas do Cerrado em três áreas no Triângulo Mineiro.....	42
1 – RESUMO.....	43
2 – INTRODUÇÃO.....	44
3 – MATERIAL E MÉTODOS.....	46
Áreas de estudo.....	46
Período de coleta.....	47
Espécies estudadas.....	47
Obtenção das variáveis.....	47
Análise estatística.....	48
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

CAPÍTULO 3: Aspectos reprodutivos de <i>Matayba guianensis</i> Aubl. (Sapindaceae) e <i>Miconia fallax</i> DC. (Melastomataceae) entre uma área de cerrado sentido restrito e uma de cerradão no Triângulo Mineiro.....	63
1 – RESUMO.....	64
2 – INTRODUÇÃO.....	65
3 – MATERIAL E MÉTODOS.....	67
Áreas de estudo.....	67
Período de coleta.....	68
Espécies estudadas.....	68
Variáveis analisadas.....	69
Análise estatística.....	69
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
CONCLUSÃO GERAL.....	84
ANEXOS.....	86

LISTA DE TABELAS

	Página
<p>Tabela 1.1 – Espécies vegetais do Cerrado selecionadas para o estudo de ocorrência de ecótipos nas áreas estudadas.....</p>	15
<p>Tabela 1.2 – Comparação entre áreas e entre os indivíduos de cada área com relação ao índice foliar (razão entre comprimento e largura do limbo) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. A diferenciação foi obtida pelo emprego dos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis (H), quando $k > 2$ e Mann-Whitney (U), quando $k = 2$. Valores em negrito indicam diferenças significativas.....</p>	23
<p>Tabela 1.3 – Comparação entre áreas e entre os indivíduos de cada área quanto ao comprimento do pecíolo de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. As comparações foram realizadas empregando-se os testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis (H), quando $k > 2$ e Mann-Whitney (U), quando $k = 2$. Valores em negrito indicam diferenças significativas.....</p>	25
<p>Tabela 1.4 – Comparação dos valores de área foliar de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. A diferenciação foi obtida pelo emprego dos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis (H), quando $k > 2$ e Mann-Whitney (U), quando $k = 2$. Valores em negrito indicam diferenças significativas.....</p>	27

- Tabela 1.5** – ANOVA para comparação entre as alturas de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Valores em negrito indicam diferenças significativas..... 29
- Tabela 1.6** – Correlações fenotípicas entre alguns caracteres foliares de cada espécie vegetal em três áreas do Cerrado amostradas. N = 120, para *Byrsonima crassa* e *Miconia fallax*; e N = 180, para as demais espécies. Valores em negrito indicam diferenças significativas..... 31
- Tabela 2.1** – Teste t para amostras pareadas para confirmação de ocorrência de assimetria flutuante (aleatoriedade nos desvios das diferenças entre a largura da metade direita e a da metade esquerda do limbo foliar) em algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG..... 54
- Tabela 2.2** – Correlação entre índices de assimetria flutuante e largura das folhas de oito espécies lenhosas do Cerrado nas três áreas amostradas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Valores em negrito indicam correlações significativas..... 55
- Tabela 2.3** – Comparação entre os índices de assimetria flutuante em folhas de oito espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. A diferenciação foi obtida pelo emprego dos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis (H), quando $k > 2$ e Mann-Whitney (U), quando $k = 2$. Valores em negrito indicam correlações significativas..... 56

- Tabela 2.4** – Correlações fenotípicas entre assimetria flutuante (AF) e alguns caracteres de cada espécie vegetal estudada em três áreas de Cerrado. N = 120, para *Matayba guianensis* e *Miconia fallax*, amostradas apenas nas áreas 1 e 3; e N = 180, para as demais espécies. Valores em negrito indicam correlações significativas..... 58
- Tabela 3.1** – Comparação das variáveis reprodutivas analisadas em *Miconia fallax* na área de cerrado (sentido restrito) e de cerradão. A diferenciação foi obtida pelo emprego do teste de Mann-Whitney. S = desvio padrão; N = 100. Valores em negrito indicam diferenças significativas entre as áreas..... 74
- Tabela 3.2** – Correlações entre alguns caracteres reprodutivos de *Miconia fallax* em duas áreas amostradas. Os coeficientes de correlação foram comparados, aos pares, por teste Z. N = 100. Valores em negrito indicam diferenças significativas..... 76
- Tabela 3.3** – Comparação das variáveis reprodutivas analisadas em *Matayba guianensis* na área de cerrado (sentido restrito) e de cerradão. A diferenciação foi obtida pelo emprego do teste de Mann-Whitney. S = desvio padrão; N= tamanho da amostra. Valores em negrito indicam diferenças significativas entre as áreas..... 77
- Tabela 3.4** – Correlações entre alguns caracteres reprodutivos de *Matayba guianensis* em duas áreas amostradas. N = 100. Valores em negrito indicam diferenças significativas..... 79

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 – Caracteres morfológicos medidos nas folhas simples e nas compostas.....	18
Figura 1.2 – Relação entre o índice foliar (IF) e o formato das folhas. CL = comprimento do limbo; LL = largura do limbo	19
Figura 1.3 – Média dos valores do índice foliar (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, por um teste não-paramétrico Tukey-type.....	24
Figura 1.4 – Média dos valores do comprimento do pecíolo (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, por um teste não-paramétrico Tukey-type.....	26
Figura 1.5 – Média dos valores da área foliar (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, por um teste não-paramétrico Tukey-type.....	28
Figura 1.6 – Média das alturas (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.....	30

- Figura 2.1** – Caracteres morfológicos medidos nas folhas simples e no folíolo apical das folhas compostas para o cálculo da assimetria flutuante (AF)..... 50
- Figura 2.2** – Média dos valores de assimetria flutuante (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Tukey..... 57
- Figura 3.1** – Média (\pm erro padrão) das variáveis analisadas em *Miconia fallax* em duas comunidades vegetais. Área 1: cerrado (sentido restrito); Área 2: cerradão; NS: número de sementes por fruto; PMS: peso médio das sementes. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Mann-Whitney..... 75
- Figura 3.2** – Média (\pm erro padrão) das variáveis analisadas em *Matayba guianensis* em duas comunidades vegetais. Área 1: cerrado (sentido restrito); Área 2: cerradão; NS: número de sementes por fruto; Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Mann-Whitney..... 78

RESUMO GERAL

Reis, N.S. 2003. Variações fenotípicas em espécies lenhosas do Cerrado em três áreas no Triângulo Mineiro. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 91p.

Este trabalho descreve a variabilidade fenotípica em caracteres foliares e na altura de oito espécies vegetais lenhosas do Cerrado, em três áreas do Triângulo Mineiro (MG, Brasil). As espécies analisadas foram: *Acosmium dasycarpum* (Vog.) Yak. (Leguminosae-Papilionoideae), *Byrsonima crassa* Nied. (Malpighiaceae), *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae), *Davilla elliptica* St. Hill. (Dilleniaceae), *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae), *Miconia fallax* DC. (Melastomataceae), *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae). Os locais de coleta compreenderam um cerrado sobre latossolo vermelho distrófico (área 1); um cerradão sobre neossolo litólico eutrófico (área 2), ambos em Araguari; e um cerradão em latossolo vermelho distrófico, em Uberlândia (área 3). Para *M. guianensis* e *M. fallax* foram também descritas variações em estruturas reprodutivas (sementes e frutos) de plantas que se desenvolveram nas áreas 1 e 3. Ecótipos foram reconhecidos por diferenças no comprimento do pecíolo, índice foliar (que caracteriza o alongamento da folha), área foliar e altura da planta. No ambiente de cerradão (área 3), a maioria dos indivíduos analisados apresentou maior porte, folhas mais alongadas, maiores e com pecíolos mais longos. Correlações positivas significativas foram detectadas entre a área foliar e o comprimento do pecíolo em todas as espécies, o que sugere a existência de um mecanismo de regulação genética determinando a expressão fenotípica desses caracteres de maneira integrada. Sugere-se que a plasticidade morfológica observada nos caracteres foliares contribuiu para a estabilidade funcional da planta, maximizando a captação de luz, podendo ser, portanto, considerada adaptativa. Apenas três

espécies diferiram significativamente entre os ambientes quanto aos índices de assimetria flutuante (AF), considerada um dos melhores meios de se quantificar a instabilidade do desenvolvimento sob condições de estresse genético ou ambiental. O padrão de variação da AF detectado para essas espécies não foi similar nas áreas estudadas, não havendo, deste modo, comprovação da hipótese testada, que prevê níveis de AF do limbo foliar menores em plantas que se desenvolvem em solos mais férteis. Não foram encontradas correlações simples entre níveis de AF com a área foliar, índice foliar e altura, sugerindo ser a AF uma característica linearmente independente desses caracteres. Supõe-se que o grande potencial plástico na determinação do tamanho e forma das folhas esteja tamponando as condições adversas do meio, minimizando a ocorrência de instabilidade no desenvolvimento. A AF em folhas parece não ser um bom índice de monitoramento de estresse nutricional edáfico, considerando a habilidade de plantas para controlar o desenvolvimento sob condições adversas. *M. fallax* e *M. guianensis* apresentaram diferentes padrões de variação das estruturas reprodutivas nas áreas estudadas, possivelmente relacionadas à dispersão de sementes e aumento da aptidão.

GENERAL ABSTRACT

Phenotypic variations in woody species of the Neotropical Savannah in three areas in the Triângulo Mineiro, MG, Brazil.

This work describes the phenotypic variation in leaf morphologies and height for eight woody species of the "Cerrado" vegetation in three areas of the Triângulo Mineiro, (MG, Brazil). The analyzed species were: *Acosmium dasycarpum* (Vog.) Yak. (Leguminosae-Papilionoideae), *Byrsonima crassa* Nied. (Malpighiaceae), *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae), *Davilla elliptica* St. Hill. (Dilleniaceae), *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae), *Miconia fallax* DC. (Melastomataceae), *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae) and *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae). The three collection sites possess different edaphic and vegetation physiognomic patterns: a cerrado strictu senso on a red dystrophic latosol (area 1); a cerradão on lytolic eutrophic neosoil (area 2), both near Araguari; and a cerradão on a red dystrophic latosol near Uberlândia (area 3). For *M. guianensis* and *M. fallax* variations in reproductive structures (seeds and fruits) of plants that grew in the areas 1 and 3 were also described. Ecotypes were recognized by differences in the length of the petiole, size and shape of the leaf, and plant height. In the cerradão (area 3) most of the analyzed individuals presented larger and more elongated leaves, with a longer petiole. Significant positive correlations were detected between leaf area and petiole length for all analyzed species, indicating an integrated genetic regulation mechanism determining phenotypic expression of those characters. It is suggested that the morphologic plasticity observed in the leaf characters maximizes the light reception, and therefore, could also be considered adaptive. Only three species differed significantly between the studied areas in their indices of fluctuating asymmetry (FA), which is considered one of the best means of quantifying the instability of the development under conditions of genetic or environmental

stress. The patterns of FA variation found for these three species were dissimilar in the studied areas, contrary to the tested hypothesis that predicts lower foliar FA values in plants that grow in more fertile soils. No significant correlations between FA and leaf size, leaf elongation or plant height were found, suggesting lack of a linear pattern of variation for these characters. It is argued that the great plastic potential for adjustments in leaf size and shape as well in other plant traits is buffering the adverse conditions and minimizing the developmental instability. FA in leaves does not seem to be appropriate for monitoring nutritional edaphic stress of "Cerrado" vegetation, considering the great ability of the plants to control their development under adverse conditions. *M. fallax* and *M. guianensis* presented different patterns of variation of the reproductive structures in the studied areas, possibly related to dispersion of seeds and to increase fitness.

Key words - Phenotypic plasticity, ecotype, Neotropical Savannah flora, fluctuating asymmetry, seed size, seed number, leaf size, leaf shape.

INTRODUÇÃO GERAL

Variações fenotípicas podem ser geradas diretamente pelas características genéticas de uma população ou pela interferência do ambiente sobre o genótipo. Plasticidade fenotípica refere-se à habilidade de um organismo alterar sua fisiologia, morfologia ou desenvolvimento em resposta a variações ambientais, porém, sem que mudanças genéticas sejam necessárias (Bradshaw 1965, Schlichting 1986, Stearns 1989, Scheiner 1993).

Respostas plásticas podem ser observadas tanto em animais quanto em plantas. Devido ao seu sistema de nutrição, plantas são organismos sésseis e incapazes de se locomover em busca de ambientes mais favoráveis, sendo muito mais sujeitas às condições locais a que estão submetidas (Bradshaw 1965). Conseqüentemente, a plasticidade fenotípica se torna um mecanismo importante na adaptação de plantas (Scheiner & Callahan 1999). Entretanto, respostas plásticas nem sempre são adaptativas (Schlichting 1986), a menos que a aptidão do organismo seja mantida, em decorrência da variação ambiental, devendo envolver respostas morfológicas ou fisiológicas (Thompson 1991).

Em plantas, a expressão da plasticidade fenotípica pode ser observada na anatomia e morfologia de estruturas vegetativas e reprodutivas, no crescimento em altura, na alocação de biomassa, na fenologia e na taxa fotossintética (Sultan 1987). Tendo em vista que a seleção natural atua sobre o fenótipo, a plasticidade fenotípica, por ser um importante mecanismo gerador de variabilidade do fenótipo, pode interferir na trajetória evolutiva das espécies (Thompson 1991). Por meio de seleção disruptiva, uma população que apresenta grande potencial plástico e ocupa um ambiente heterogêneo pode formar ecótipos (Via *et al.* 1995). Segundo Allaby (1994), ecótipos são populações adaptadas morfológica e fisiologicamente às

condições locais. Uma vez formados, caso haja aumento entre suas divergências, os ecótipos podem evoluir e gerar novas espécies (Mackenzie & Guldemond 1994).

Vários trabalhos envolvendo respostas plásticas em plantas verificaram que diversos fatores ambientais, tanto bióticos como abióticos, podem favorecer a formação de ecótipos, também denominados variedades, raças ou biótipos. Helgadottir & Snaydon (1986) verificaram a formação de ecótipos em *Poa pratensis* L. (Poaceae) e *Agrotis capillaris* L. (Poaceae), em resposta a diversos fatores climáticos e edáficos. Hart & Colvillec (1988) detectaram a ocorrência de variedades de *Trifolium repens* L. (Leguminosae) bem adaptados às diferentes concentrações de fósforo no solo. Post *et al.* (1994) caracterizaram dois biótipos de *Chlorella vulgaris* Beyerink (Chlorophyceae), que coexistiam em reservatórios de água, adotando diferentes modos de obtenção de energia (autotrofia ou heterotrofia). Howe *et al.* (1995) verificaram a formação de ecótipos em *Populus trichocarpa* Torr. & Gray (Oleaceae) em diferentes latitudes, induzida por diferentes fotoperíodos. Romero-Schmidt *et al.* (1995) estudaram variações morfológicas de *Behria tenuiflora* Greene (Liliaceae), induzidas por variação climática. Crawford *et al.* (1995) detectaram a formação de variedades na planta ártica *Saxifraga oppositifolia* L. (Saxifragaceae) adaptadas às diferenças na duração da estação de crescimento. Thomas & Stoddart (1995) demonstraram que ecótipos das espécies *Festuca arundinacea* Schreb. (Gramineae) e *Dactylis glomerata* L. (Gramineae) apresentaram diferentes sensibilidades a baixas temperaturas, de acordo com suas origens geográficas. Karsten (1996) observou a ocorrência de distintos padrões fisiológicos em uma cianobactéria marinha, em resposta às diferenças de salinidade. Dardick-Christopher *et al.* (2000) investigaram a suscetibilidade de vários ecótipos de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae) ao vírus do mosaico da tabaco, por meio de genética molecular. A formação de ecótipos induzidos pela heterogeneidade ambiental, provocada pelo gradiente cerrado/vereda, foi verificada por Fuzeto & Lomônaco (2000) em *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e por Cardoso & Lomônaco (2003) em *Eugenia calycina* Camb (Myrtaceae).

Com base no que foi exposto, o potencial plástico das plantas, ou seja, a habilidade que possuem para alterar caracteres fenotípicos em decorrência da interação com o ambiente, pode contribuir para a sua estabilidade funcional, em especial quando a plasticidade fenotípica age sobre caracteres ligados à sobrevivência, tornando-se, deste modo, uma ferramenta muito importante para a adaptação.

O Cerrado, que ainda ocupa grande parte do Planalto Central Brasileiro, é um complexo vegetacional com diversas fitofisionomias, englobando formações florestais, savânicas e campestres. Este bioma é caracterizado por clima não muito variável, marcado por estação seca bem definida (Nimer & Brandão 1989), e por apresentar grande variação edáfica quanto à textura, fertilidade e composição mineral, que influencia no aspecto geral da vegetação (Goodland & Pollard 1973, Lopes & Cox 1977, Furley & Ratter 1988). Deste modo, a manifestação de plasticidade fenotípica e até mesmo a formação de ecótipos podem ser bastante favorecidas no bioma do Cerrado, por este apresentar ambientes heterogêneos e de transição (Fuzeto & Lomônaco 2000). Devido à sua grande extensão e biodiversidade e à relativamente recente investigação científica neste bioma, ainda há muito que se conhecer sobre o Cerrado, especialmente sobre a ecologia de suas espécies. Estudos sobre potencial plástico de plantas, incluindo a caracterização de ecótipos, podem contribuir para uma melhor compreensão ecológica e evolutiva dessas espécies. Além disso, como ecótipos constituem parte da expressão da biodiversidade (Nanson 1993), a sua caracterização torna-se importante para orientar a elaboração e execução de programas de conservação e manejo de recursos naturais.

Este trabalho descreveu a variabilidade fenotípica em caracteres morfológicos de algumas espécies vegetais do Cerrado e está organizado em três capítulos. O Capítulo 1 teve como objetivo verificar a ocorrência de ecótipos em oito espécies vegetais do Cerrado, caracterizando-os por variações no porte da planta e por alterações nas características foliares, em três áreas com diferentes tipos de solo. No Capítulo 2, foi testada a hipótese que prediz níveis de assimetria flutuante (AF) do limbo foliar menores em plantas que se desenvolvem em solos mais férteis. A

AF é considerada um dos melhores meios de se quantificar a instabilidade do desenvolvimento sob condições de estresse. E, finalizando, o Capítulo 3 descreveu variações em estruturas reprodutivas (sementes e frutos) de plantas de duas das oito espécies estudadas (*Miconia fallax* e *Matayba guianensis*), em uma área de cerrado sentido restrito e outra em cerradão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLABY, M. 1994. The concise Oxford dictionary of ecology. Oxford University Press, New York.
- BRADSHAW, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13:115-155.
- CARDOSO, G.L. & LOMÔNACO, C. 2001. Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em um área de transição cerrado-vereda. *Revista Brasileira de Botânica* 26(1):131-140.
- CRAWFORD, R.M.M., CHAPMAN, H.M. & SMITH, L.C. 1995. Adaptation to variation in growing season length in arctic populations of *Saxifraga oppositifolia* L.. *Botanical Journal of Scotland* 47:177-192.
- DARDICK-CHRISTOPHER, D., SHEETAL, G. & CULVER-JAMES, N. 2000. Susceptibility and symptom development in *Arabidopsis thaliana* to Tabaco mosaic virus is influenced by virus cell-to-cell movement. *Molecular Plant Microbe Interactions* 13:1139-1144.
- FURLEY, P.A. & RATTER, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15:97-108.

- FUZETO, A.P. & LOMÔNACO, C. 2000. Potencial plástico de *Cabralea cajerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e seu papel na formação de ecótipos em área de cerrado e vereda, Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 23:169-176.
- GOODLAND, R.J. & POLLARD, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology* 61:219-224.
- HART, A.L. & COLVILLEC, C. 1988. Differences among attributes of white clover genotypes at various levels of phosphorus supply. *Journal of Plant Nutrition* 11:189-208.
- HELGADOTTIR, A. & SNAYDON, R.W. 1986. Patterns of genetic variation among populations of *Poa pratensis* and *Agrostis capillares* from Britain (UK) and Iceland. *Journal of Applied Ecology* 23:3-719.
- HOWE, G.T., HACKETT, W.P., FURNIER, G.R. & KLEVORN, R.E. 1995. Photoperiodic responses of a northern and southern ecotype of black cottonwood. *Physiologia Plantarum* 93:695-708.
- KARSTEN, U. 1996. Growth and organic osmolytes of geographically different isolates of *Microcoleus chthonoplastes* (Cyanobacteria) from benthic microbial mats: response salinity change. *Journal of Phycology* 32:501-506.
- LOPES, A.S. & COX, F.R. 1977. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. *Agronomy Journal* 69:828-831.
- MACKENZIE, A. & GULDEMOND, J.A. 1994. Sympatric speciation in aphids. II. Host race formation in the face of gene flow. *In* *Individuals, populations and patterns in Ecology* (S.R. Leather, A.D. Wait, N.I. Mills & K.F.A. Walters, eds.). Intercept Ltda, Andover, p.379-196.
- NANSON, A. 1993. Gestion des ressources génétiques forestières. *Annales de Gembloux* 99:13-36.
- NIMER, E. & BRANDÃO, A.M.P.M. 1989. Balanço hídrico e clima da região dos cerrados. IBGE, Rio de Janeiro.

- POST, A.F., COHEN, I. & ROMEN, E. 1994. Characterization of two *Chlorella vulgaris* (Chlorophyceae) strains isolated from wastewater oxidation ponds. *Journal of Phycology* 30:950-954.
- ROMERO-SCHMIDT, H., CADENA, R.D. & ORTEGA-RUBIO, A. 1995. Morphometric variations among three populations of the endemic *Behria tenuiflora* (Alliaceae) in Baja California Sur, Mexico. *Journal of Arid Environments* 31:77-81.
- SCHEINER, S.M. 1993. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24:35-68.
- SCHEINER, S.M. & CALLAHAN, H.S. 1999. Measuring natural selection on phenotypic plasticity. *Evolution* 53(6):1704-1713.
- SCHLICHTING, C.D. 1986. The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:667-693.
- STEARNS, A.D. 1989. The evolutionary significance of phenotypic plasticity. *Bioscience* 39:436-445.
- SULTAN, S.E. 1987. Evolutionary implications of phenotypic plasticity in plants. *Evolutionary Biology* 21:127-178.
- THOMAS, H. & STODDART, J.L. 1995. Temperature sensitivities of *Festuca arundinacea* Schreb. and *Dactylis glomerata* L. ecotypes. *New Phytologist* 130:125-134.
- THOMPSON, J.D. 1991. Phenotypic plasticity as a component of evolutionary change. *Trends in Ecology & Evolution* 6:246-249.
- VIA, S., GOMULKIEWICZ, R., DEJONG, G., SCHEINER, S.M., SCHLICHTING, C.D. & VANTIENDEREN, P.H. 1995. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. *Trends in Ecology & Evolution* 19:212-217.

CAPÍTULO 1

**Caracterização de ecótipos em oito espécies
lenhosas em três áreas do Cerrado
no Triângulo Mineiro**

RESUMO

Foi verificada a ocorrência de ecótipos em oito espécies vegetais do Cerrado, em três áreas do Triângulo Mineiro (MG, Brasil). As espécies analisadas foram: *Acosmium dasycarpum* (Vog.) Yak. (Leguminosae-Papilionoideae), *Byrsonima crassa* Nied. (Malpighiaceae), *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae), *Davilla elliptica* St. Hill. (Dilleniaceae), *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae), *Miconia fallax* DC. (Melastomataceae), *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae). Os locais de coleta compreenderam um cerrado sobre latossolo vermelho distrófico; um cerradão sobre neossolo litólico eutrófico, ambos em Araguari; e um cerradão em latossolo vermelho distrófico, em Uberlândia. Os ecótipos foram caracterizados quanto ao comprimento do pecíolo, índice foliar (que caracteriza o alongamento da folha), área foliar e altura da planta. No ambiente de cerradão, em Uberlândia, a maioria dos indivíduos analisados apresentou maior porte, folhas mais alongadas, maiores e com pecíolos mais longos. Correlações positivas significativas foram detectadas entre a área foliar e o comprimento do pecíolo em todas as espécies, o que sugere a existência de um mecanismo de regulação genética determinando a expressão fenotípica desses caracteres de maneira integrada. Sugere-se que a plasticidade morfológica observada nos caracteres foliares contribuiu para a estabilidade funcional da planta, maximizando a captação de luz, podendo ser, portanto, considerada adaptativa.

INTRODUÇÃO

Espécies com ampla distribuição geográfica quase sempre desenvolvem populações, chamadas ecótipos, adaptadas morfológica e fisiologicamente às condições locais e que apresentam limites de tolerância ajustados a essas condições (Allaby 1994). A palavra ecótipo foi cunhada por Turesson (1922), que a utilizou para descrever variedades genéticas de uma mesma espécie, cujas sementes foram coletadas em várias áreas diferentes e que apresentavam formas distintas, mesmo quando cultivadas sob condições idênticas. Posteriormente, de acordo com Krebs (1970), o termo foi ampliado, sendo também incluídas variações de caráter fenotípico, resultantes da interação entre ambiente e genótipo. Atualmente, existem modelos de genética quantitativa, denominados modelos de plasticidade fenotípica, que investigam a ocorrência de ecótipos e as condições ambientais e genéticas que favorecem sua formação (Via & Lande 1985, Thompson 1991).

Inúmeros são os fatores que podem propiciar a formação de ecótipos, também denominados variedades, raças ou biótipos. Com relação a plantas, vários trabalhos verificaram respostas a diversos fatores climáticos e edáficos (Helgadottir & Snaydon 1986), tais como variação do fotoperíodo devido a diferenças de latitude (Howe *et al.* 1995), duração da estação de crescimento (Crawford *et al.* 1995), baixas temperaturas (Thomas & Stoddart 1995) e concentração de minerais no solo (Hart & Colvillec 1988). Fatores bióticos também podem influenciar direta ou indiretamente a formação de ecótipos, podendo citar como exemplo a exposição a patógenos (Dardick-Christopher *et al.* 2000).

O Cerrado, que se localiza no Planalto Central, é um complexo vegetacional que ocupava originalmente cerca de 23% do território brasileiro (Ribeiro & Walter 1998). Embora as áreas

por ele ocupadas apresentem clima não muito variável, marcado por estação seca bem definida (Nimer & Brandão 1989), apresentam acentuadas variações edáficas, expressas em sua composição mineral, textura e fertilidade. Por isso, a vegetação do Cerrado apresenta uma grande variedade de fisionomias, englobando formações florestais, savânicas e campestres. Além do clima e das condições químicas e físicas do solo, a vegetação é condicionada pela frequência de queimadas, profundidade do lençol freático, pastejo e inúmeros fatores antrópicos (Ribeiro & Walter 1998). Deste modo, a formação de ecótipos no bioma do Cerrado pode ser bastante favorecida por apresentar ambientes heterogêneos e de transição (Fuzeto & Lomônaco 2000).

O manejo de recursos genéticos florestais é considerado um dos principais desafios deste novo século e, pelo fato do homem ter exercido dramáticas pressões na estrutura e composição das populações selvagens, urgentes medidas de conservação *in situ* devem ser tomadas, como a criação de parques naturais, manejo sustentável de florestas, conservação e regeneração dos melhores estandes existentes. As espécies florestais, ao contrário de muitas culturas agrícolas, possuem grande diversidade genética, sendo que ecótipos constituem parte da expressão dessa diversidade (Nanson 1993). Assim, a caracterização de ecótipos torna-se importante para a elaboração de programas de conservação e manejo de recursos naturais.

Este trabalho teve como objetivo verificar a ocorrência de ecótipos em oito espécies vegetais do Cerrado, em três áreas com diferentes tipos de solo, caracterizando-os por variações no porte da planta e por alterações em características foliares.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

Este trabalho foi realizado em três áreas distintas. As áreas 1 e 2 situam-se à margem da Rodovia Estadual MG 223, que liga os municípios de Araguari e Tupaciguara. A área 1 dista cerca de 35 km do perímetro urbano de Araguari (18°38' S e 48°11' W - 927 m de altitude) e constitui-se de uma vegetação de cerrado sentido restrito. Localiza-se em terreno plano, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico textura muito argilosa. A área 2 encontra-se a, aproximadamente, 10 km da anterior e faz parte da reserva particular da Fazenda Limoeiro (18°33' S e 48°28' W). A cobertura vegetal é composta por um cerradão que ocorre em um NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico chernossólico textura muito argilosa, derivado de rocha basáltica (M.V.V. Ramos, D. Pinheiro-Filho, dados não publicados). De acordo com Nimer & Brandão (1989), a região é caracterizada por um clima muito úmido, com grande excedente hídrico de novembro a abril (787 mm) e precipitação média anual em cerca de 1610 mm. Apesar da estação de deficiência de chuvas ser de cinco meses (maio a setembro), a redução da evapotranspiração potencial nessa época não permite grandes déficits de água para as plantas, sendo estes apenas moderados (120 mm). Os solos permanecem com razoável umidade armazenada, até mesmo na estação de chuvas escassas. A temperatura média anual é de 20,3 °C. A área 3 situa-se na Estação Ecológica do Panga (19°10' S e 48°23' W - 800 m de altitude), que compreende uma área de 409,5 ha e localiza-se a cerca de 30 km ao sul da sede do município de Uberlândia, MG. A distância entre esta área e a primeira é de aproximadamente 90 km. A amostragem foi realizada em ambiente de cerradão localizado em terreno plano, sobre LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico textura média, profundo, bem drenado (Schiavini

& Araújo 1989). Quanto ao grau de cobertura da vegetação, este é maior na área 3, menor na área 1 e intermediário na área 2. O clima da região é do tipo Aw (segundo a classificação de Köppen), com verão quente e úmido e inverno frio e seco (EMBRAPA 1982). Segundo Nimer & Brandão (1989), a precipitação pluviométrica é insuficiente de abril a setembro, começando a chover com mais frequência somente em outubro, quando a necessidade das plantas é suprida, porém, sem haver excedente hídrico. Abril é normalmente caracterizado por grande declínio de precipitação, porém, como os solos estão plenos de umidade estocada durante a estação chuvosa, não há carência de água para as plantas. O balanço hídrico torna-se marcadamente negativo somente em agosto e setembro, quando o déficit de água para cada mês é de 50 mm, aproximadamente. De dezembro a março há um grande excedente hídrico (418 mm em média) e a precipitação média anual é mantida em cerca de 1438 mm. A temperatura média anual é de 22,9 °C e no inverno a temperatura se mantém relativamente alta (19 a 20 °C).

Período de coleta

A coleta foi realizada no período compreendido entre 17 de abril e 7 de junho de 2002, final da estação chuvosa e início da estação seca. Nesta época do ano, as folhas já se encontravam plenamente expandidas, o que permitiu minimizar as variações causadas pelo estágio de desenvolvimento foliar.

Espécies estudadas

Foram estudadas oito espécies vegetais lenhosas, pertencentes a oito famílias distintas. Estas espécies foram selecionadas por apresentarem altos Valores de Importância em Cerrados do Triângulo Mineiro (Goodland 1979), inclusive no município de Uberlândia (Costa & Araújo 2001). As espécies analisadas estão listadas na tabela 1.1 e são descritas a seguir.

Acosmium dasycarpum (Vog.) Yak. (Leguminosae-Papilionoideae) é uma espécie arbórea (4 a 6 m de altura), popularmente conhecida como chapada, pau-para-tudo (CE),

perobinha ou unha-d'anta (GO). Apresenta folhas alternas, compostas imparipinadas e pecioladas (Lorenzi 1998).

Byrsonima crassa Nied. (Malpighiaceae), popularmente conhecida como murici, apresenta porte arbóreo (1 a 5 m de altura), possui folhas simples e é uma espécie semidecídua (Araújo *et al.* 1987).

Caryocar brasiliense Camb. (Caryocaraceae) é uma planta de porte arbóreo (6 a 10 m de altura), popularmente conhecida como piqui (MT), piquiá-bravo, pequi (MG, SP), amêndoa-de-espinho, grão-de-cavalo, pequiá, pequiá-pedra, pequerim, suari ou piquiá. Suas folhas são compostas, trifoliadas, com pecíolos pubescentes. É uma planta decídua, característica do cerrado sentido amplo (Lorenzi 1992).

Davilla elliptica St. Hill. (Dilleniaceae) é uma planta arbustiva (0,5 a 2 m de altura) conhecida popularmente como lixinha, lixeirinha ou lixeirinha-rasteira. Suas folhas são simples, ásperas e pecioladas. Ocorre nas diversas fitofisionomias de cerrado sentido amplo (Pott & Pott 1994).

Matayba guianensis Aubl. (Sapindaceae) é uma espécie de porte arbustivo ou arbóreo (6 a 10 m de altura), sendo popularmente conhecida como camboatá, camboatã, camboatá-branco, mataíba, batabaíba, cuvantã, jatuaíba, jatuaíba, atou-aou, tou-aou ou pau-da-digestão. Suas folhas são pecioladas, compostas, com o número de folíolos variando entre dois e doze e, às vezes, com folíolos rudimentares no ápice (Reitz 1980).

Miconia fallax DC. (Melastomataceae) é uma espécie arbustiva (0,8 a 1,5 m de altura) e apresenta folhas simples, sésseis ou com pecíolos muito curtos (Romero 1996).

Qualea parviflora Mart. (Vochysiaceae) apresenta porte arbóreo (6 a 10 m de altura) e é conhecida popularmente como pau-terra-de-flor-miudinha, pau-terra-mirim (MT), pau-terra (BA) ou coatá-quiçaua (PR). É uma planta decídua e que possui folhas simples, glabras e pecioladas (Lorenzi 1992).

Roupala montana Aubl. (Proteaceae) pode apresentar porte arbustivo ou arbóreo (até 10 m de altura), sendo conhecida popularmente como carne-de-vaca. É uma espécie semidecídua e apresenta folhas pecioladas, elípticas com margem inteira ou obscuramente dentadas (Correa 1984).

Tabela 1.1. Espécies vegetais do Cerrado selecionadas para o estudo de ocorrência de ecótipos nas áreas estudadas.

FAMÍLIA	Caducifolia	Hábito	Folhas
Espécie			
LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE			
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vog.) Yak.	decídua	árvore	compostas
MALPIGHIACEAE			
<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	semidecídua	árvore	simples
CARYOCARACEAE			
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	decídua	árvore	compostas
DILLENIACEAE			
<i>Davilla elliptica</i> St. Hil.	semidecídua	arbusto	simples
SAPINDACEAE			
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	semidecídua	árvore / arbusto	compostas
MELASTOMATACEAE			
<i>Miconia fallax</i> DC.	semidecídua	arbusto	simples
VOCHYSIACEAE			
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	decídua	árvore	simples
PROTEACEAE			
<i>Roupala montana</i> Aubl.	semidecídua	árvore / arbusto	simples

Caracterização dos ecótipos

Os caracteres utilizados para a distinção dos ecótipos foram: comprimento do pecíolo (CP), índice foliar (IF), área foliar (AF_o) e altura da planta (AL).

Em cada comunidade vegetal, 10 indivíduos de cada espécie foram escolhidos aleatoriamente para amostragem de seis folhas. Desta forma, foram utilizadas 60 folhas de cada área estudada, totalizando 180 folhas medidas por espécie. Foram coletados ramos em quatro pontos ao redor da copa das plantas, sendo utilizadas folhas provenientes dos três primeiros nós, contados a partir da base. Somente foram utilizadas folhas sem alterações nas suas dimensões, causadas por herbívoros ou patógenos. Todas as medidas foram tomadas da superfície adaxial das folhas.

Nas folhas pecioladas, inclusive nas compostas, foram feitas medições do CP, com o auxílio de um paquímetro (precisão de 0,05 mm). Para todas as espécies foram medidos o comprimento e a largura do limbo foliar. A largura da folha foi obtida na região que compreende a metade do comprimento do limbo (figura 1.1). Nas espécies com folhas compostas, apenas o folíolo apical foi utilizado nas medições do limbo. Em *Matayba guianensis*, que freqüentemente apresenta o folíolo apical rudimentar, foi utilizado o folíolo mais distal da folha. Em seguida, foi obtido o IF dividindo-se o valor do comprimento do limbo (CL) pelo da sua largura (LL), ou seja, $IF = CL \cdot LL^{-1}$. O IF caracteriza o formato foliar. Folhas com valor de $IF \cong 1$ (um) são arredondadas, ou seja, tão longas quanto largas. Folhas com $IF < 1$ são mais largas que longas e, finalmente, as que apresentam $IF > 1$ são proporcionalmente mais alongadas (figura 1.2). Por se tratar de uma razão entre duas variáveis de comprimento, o IF não apresenta unidade de medida.

Para o cálculo da AF_o , as folhas tiveram sua imagem digitalizada por *scanner*, utilizando tonalidade cinza, resolução de 100 dpi e uma régua de 20 cm como escala. As imagens foram posteriormente trabalhadas no programa AutoCAD[®] 2000, quando cada folha teve seu limbo delimitado por uma linha cuja área demarcada correspondia à sua AF_o .

Todos os indivíduos amostrados tiveram sua AL medida ou estimada com o auxílio de uma vara graduada de dois metros.

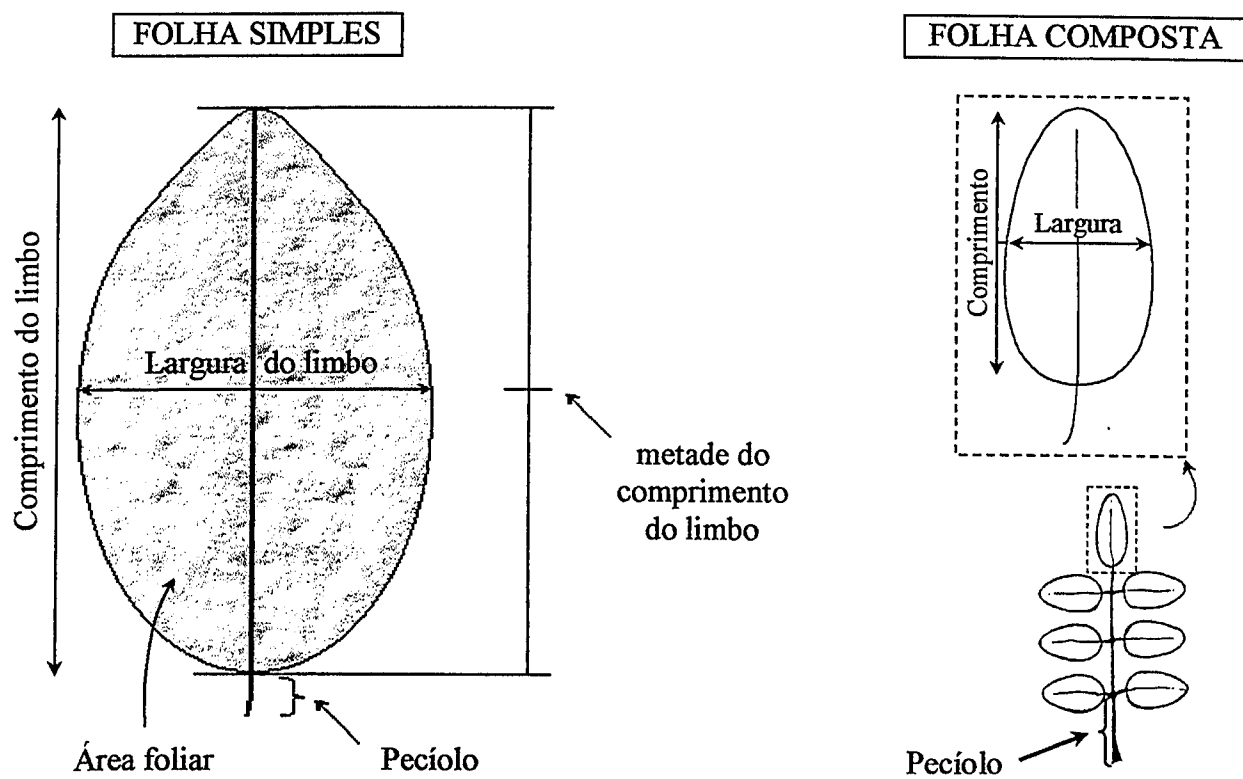


Figura 1.1. Caracteres morfológicos medidos nas folhas simples e nas compostas.

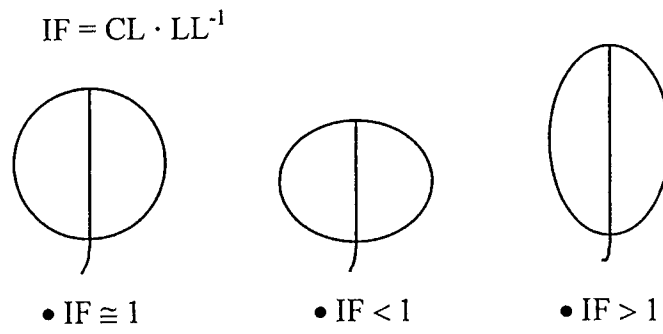


Figura 1.2. Relação entre o índice foliar (IF) e o formato das folhas. CL = comprimento do limbo; LL = largura do limbo.

Análise estatística

Os valores de cada variável foram submetidos ao teste Lilliefors para verificar se apresentavam distribuições normais (Sokal & Rohlf 1995, Wilkinson 1999). Baseado nos resultados deste pré-teste, optou-se pelo uso de estatística não-paramétrica para todas as variáveis, com exceção da variável AL (anexos 1A, 2A, 3A e 4A). Diferenças entre as áreas de estudo e entre os indivíduos de cada área com relação ao CP, ao IF e à AF_0 foram obtidas utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis. Nos casos em que as espécies ocorriam em apenas duas das áreas de estudo, foi utilizado o teste de Mann-Whitney. Comparações múltiplas foram realizadas empregando-se um teste não-paramétrico Tukey-type. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para comparações entre a AL dos indivíduos de cada espécie entre as áreas. Em seguida, foi aplicado o teste de Tukey para se fazer as comparações múltiplas (Zar 1984).

As correlações fenotípicas entre AF_0 e as variáveis IF e CP foram verificadas para cada espécie estudada utilizando o teste de correlação simples de Pearson (Zar 1984, Falconer 1989).

Os testes estatísticos foram conduzidos em computador usando o programa SYSTAT[®] para Windows[®] versão 9.00 (Wilkinson 1999).

RESULTADOS

As espécies *M. guianensis* e *M. fallax* não foram encontradas na área 2, o que restringiu as comparações entre indivíduos dessas espécies às áreas 1 e 3. Além disso, nas espécies *B. crassa* e *M. fallax*, que apresentam pecíolos muito curtos, não foram feitas medições para este caráter em nenhuma das coletas.

Apenas *C. brasiliense* apresentou $IF \cong 1$, ou seja, folíolos arredondados. As demais espécies tiveram $IF > 1$, o que caracteriza limbos foliares com formatos alongados. A análise estatística indicou haver significativa variação do IF entre os indivíduos dentro de uma mesma área, na maioria dos casos (83%). Exceções ocorreram para *A. dasycarpum*, *D. elliptica* e *M. fallax* na área 1 e para *A. dasycarpum* na área 3, onde não foram encontradas diferenças significativas entre os IF. Apesar da grande variabilidade dentro das áreas, também houve diferenças significativas entre as áreas para todas as espécies, excetuando *C. brasiliense* (tabela 1.2). Comparações múltiplas indicaram que em cinco das sete espécies que apresentaram variação entre as áreas, o IF foi maior na área 3 (figura 1.3), o que significa maior alongamento das folhas nesta área.

O tamanho do pecíolo também diferiu significativamente entre os indivíduos dentro de cada área, a não ser para *Q. parviflora* na área 2 e *C. brasiliense* na área 3. Todas as espécies que tiveram seus pecíolos medidos diferiram estatisticamente entre as áreas (tabela 1.3). De acordo com as comparações múltiplas efetuadas, o pecíolo não se apresentou maior na área 3 apenas no caso de *A. dasycarpum* e *Q. parviflora* (figura 1.4).

A AF_0 foi significativamente diferente entre os indivíduos de mesma área em 59% dos casos analisados, variando entre as áreas para todas as espécies (tabela 1.4). A AF_0 foi

significativamente maior na área 3 para todas as espécies, com exceção de *A. dasycarpum* (figura 1.5).

A AL dos indivíduos divergiu significativamente entre áreas nas espécies *A. dasycarpum*, *C. brasiliense*, *D. elliptica*, *M. guianensis* e *R. montana* (tabela 1.5). Os maiores valores médios foram encontrados na área 3, a não ser no caso de *D. elliptica*, que apresentou o menor valor nessa área (figura 1.6). Além disso, foi observado durante as visitas ao campo que, justamente nesta área, os indivíduos dessa espécie se mostraram raquíticos, com os ramos prostrados sobre o solo e sem nenhum indício de frutificação nem de floração. As espécies *B. crassa*, *M. fallax* e *Q. parviflora* não apresentaram diferenças significativas de AL entre as áreas.

Detectou-se, deste modo, uma tendência geral destas espécies apresentarem indivíduos de maior porte e com folhas mais alongadas, maiores e com pecíolos mais compridos na área 3.

Em todas as espécies houve significativa correlação positiva entre AF_0 e CP e nenhuma correlação significativa entre AF_0 e o IF (tabela 1.6).

Tabela 1.2. Comparação entre áreas e entre os indivíduos de cada área com relação ao índice foliar (razão entre comprimento e largura do limbo) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. A diferenciação foi obtida pelo emprego dos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis (H), quando $k > 2$ e Mann-Whitney (U), quando $k = 2$. Valores em negrito indicam diferenças significativas.

Espécie	Dentro das áreas						Entre áreas	
	Área 1		Área 2		Área 3		H/U	P
	H	P	H	P	H	P		
<i>Acosmium dasycarpum</i>	14,07	0,120	22,64	0,007	10,53	0,309	58,21	<0,001
<i>Byrsonima crassa</i>	18,18	0,033	22,52	0,007	20,81	0,014	9,49	0,009
<i>Caryocar brasiliense</i>	37,50	<0,001	26,30	0,002	19,45	0,022	4,75	0,093
<i>Davilla elliptica</i>	14,31	0,112	31,70	<0,001	27,93	0,001	16,43	<0,001
<i>Matayba guianensis</i>	22,88	0,006	-	-	23,05	0,006	515,00	<0,001
<i>Miconia fallax</i>	15,30	0,083	-	-	19,09	0,024	3252,00	<0,001
<i>Qualea parviflora</i>	31,66	<0,001	40,04	<0,001	21,32	0,011	7,20	0,027
<i>Roupala montana</i>	28,61	0,001	41,43	<0,001	18,27	0,032	30,67	<0,001

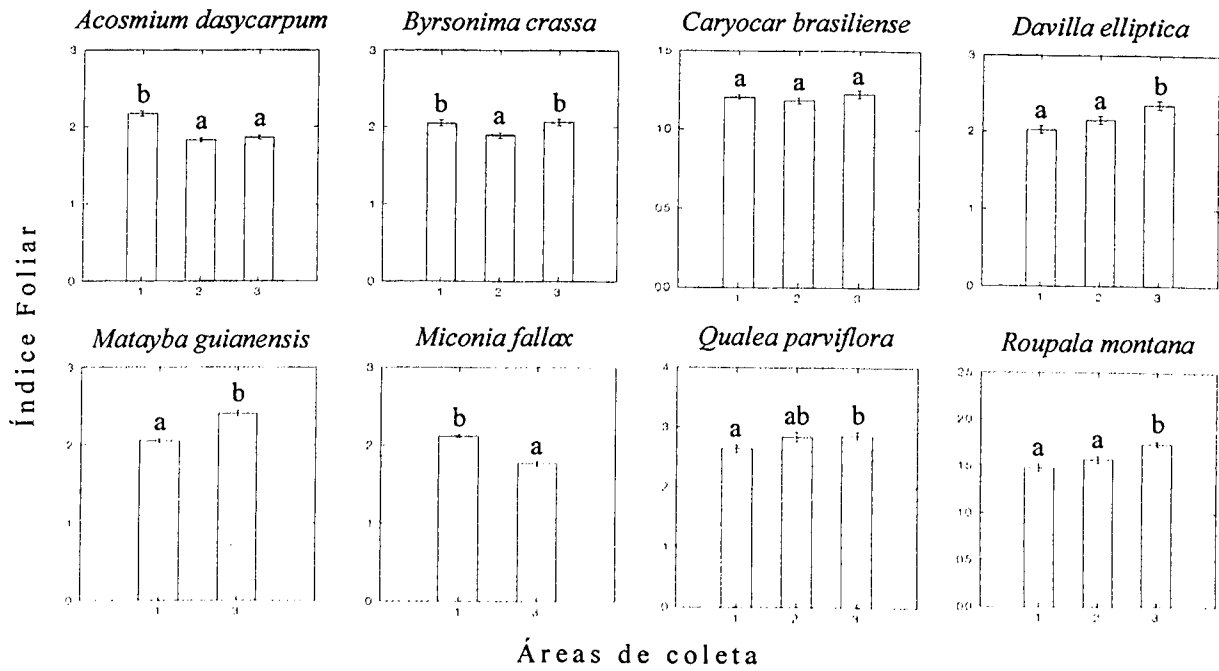


Figura 1.3. Média dos valores do índice foliar (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, por um teste não-paramétrico Tukey-type.

Tabela 1.3. Comparação entre áreas e entre os indivíduos de cada área quanto ao comprimento do pecíolo de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. As comparações foram realizadas empregando-se os testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis (H), quando $k > 2$ e Mann-Whitney (U), quando $k = 2$. Valores em negrito indicam diferenças significativas.

Espécie	Dentro das áreas						Entre áreas	
	Área 1		Área 2		Área 3		H/U	P
	H	P	H	P	H	P		
<i>Acosmium dasycarpum</i>	17,82	0,037	26,25	0,002	48,03	<0,001	17,11	<0,001
<i>Caryocar brasiliense</i>	36,44	<0,001	32,70	<0,001	16,16	0,064	27,67	<0,001
<i>Davilla elliptica</i>	40,09	<0,001	17,33	0,044	24,29	0,004	39,75	<0,001
<i>Matayba guianensis</i>	26,70	0,002	-	-	40,06	<0,001	476,00	<0,001
<i>Qualea parviflora</i>	22,85	0,007	12,82	0,171	24,41	0,004	24,40	<0,001
<i>Roupala montana</i>	23,79	0,005	41,62	<0,001	34,95	<0,001	68,85	<0,001

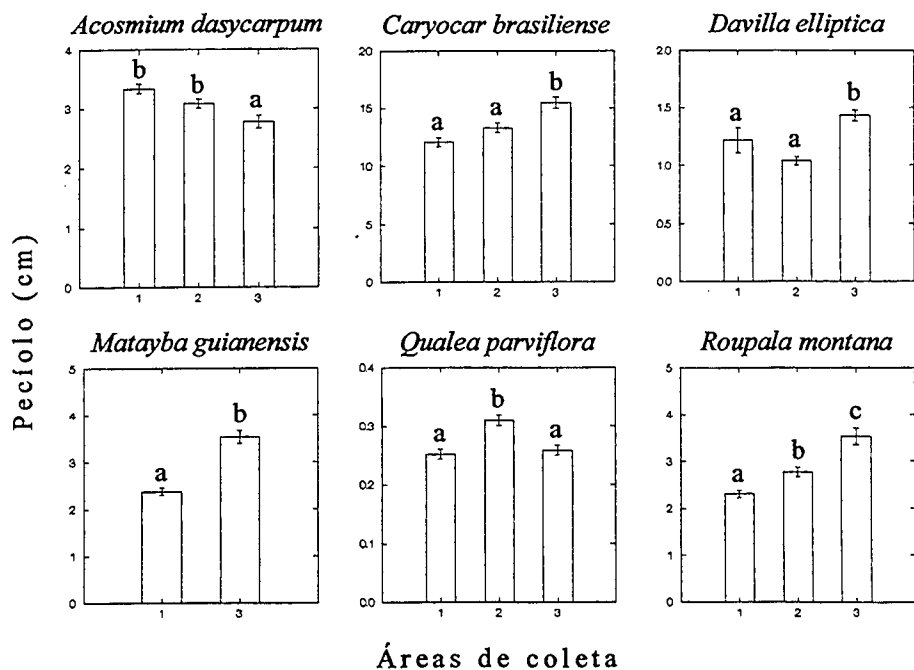


Figura 1.4. Média dos valores do comprimento do pecíolo (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, por um teste não-paramétrico Tukey-type.

Tabela 1.4. Comparação dos valores de área foliar de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. A diferenciação foi obtida pelo emprego dos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis (H), quando $k > 2$ e Mann-Whitney (U), quando $k = 2$. Valores em negrito indicam diferenças significativas.

Espécie	Dentro das áreas						Entre áreas	
	Área 1		Área 2		Área 3		H/U	P
	H	P	H	P	H	P		
<i>Acosmium dasycarpum</i>	5,17	0,819	35,49	<0,001	15,07	0,089	11,21	0,004
<i>Byrsonima crassa</i>	19,80	0,019	25,34	0,003	17,47	0,042	45,54	<0,001
<i>Caryocar brasiliense</i>	11,78	0,226	19,34	0,022	28,65	<0,001	16,87	<0,001
<i>Davilla elliptica</i>	11,19	0,263	6,44	0,695	17,36	0,043	25,15	<0,001
<i>Matayba guianensis</i>	28,58	<0,001	-	-	40,48	<0,001	1408,00	0,040
<i>Miconia fallax</i>	21,10	0,012	-	-	12,66	0,179	1297,00	0,008
<i>Qualea parviflora</i>	17,48	0,042	11,74	0,228	27,05	0,001	36,80	<0,001
<i>Roupala montana</i>	25,09	0,003	20,98	0,013	24,25	0,004	39,48	<0,001

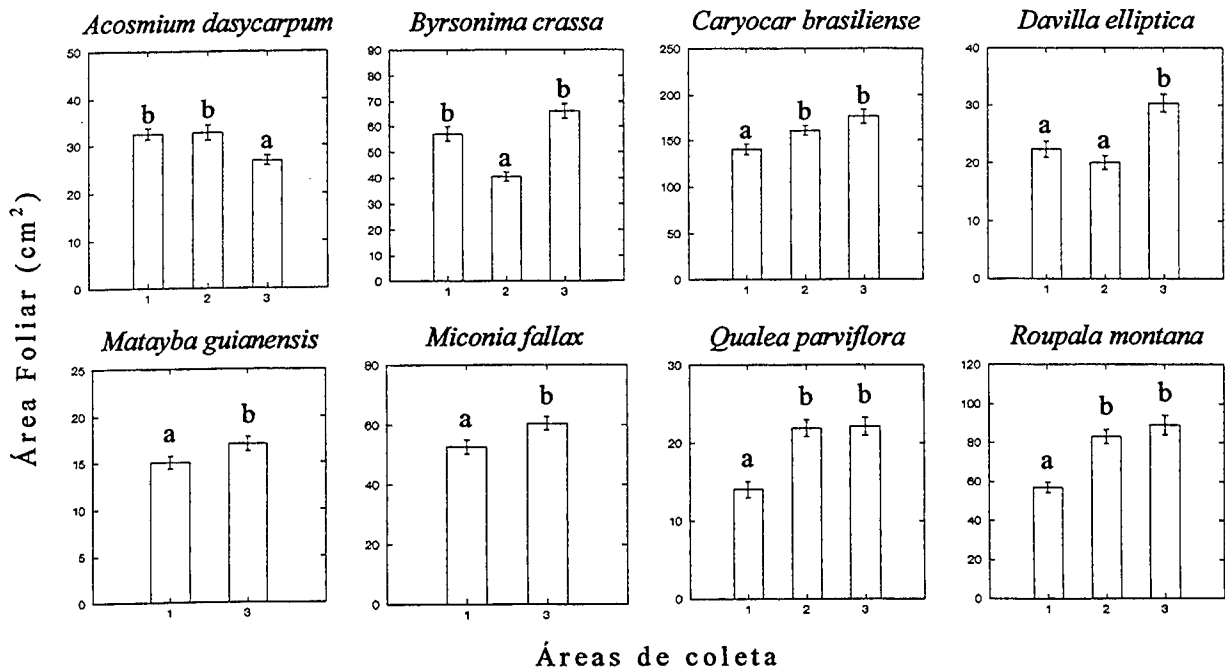


Figura 1.5. Média dos valores da área foliar (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, por um teste não-paramétrico Tukey-type.

Tabela 1.5. ANOVA para comparação entre as alturas de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Valores em negrito indicam diferenças significativas.

Espécie	F	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	16,51	<0,001
<i>Byrsonima crassa</i>	0,80	0,460
<i>Caryocar brasiliense</i>	14,21	<0,001
<i>Davilla elliptica</i>	7,42	0,003
<i>Matayba guianensis</i>	57,03	<0,001
<i>Miconia fallax</i>	0,93	0,348
<i>Qualea parviflora</i>	1,31	0,287
<i>Roupala montana</i>	10,58	<0,001

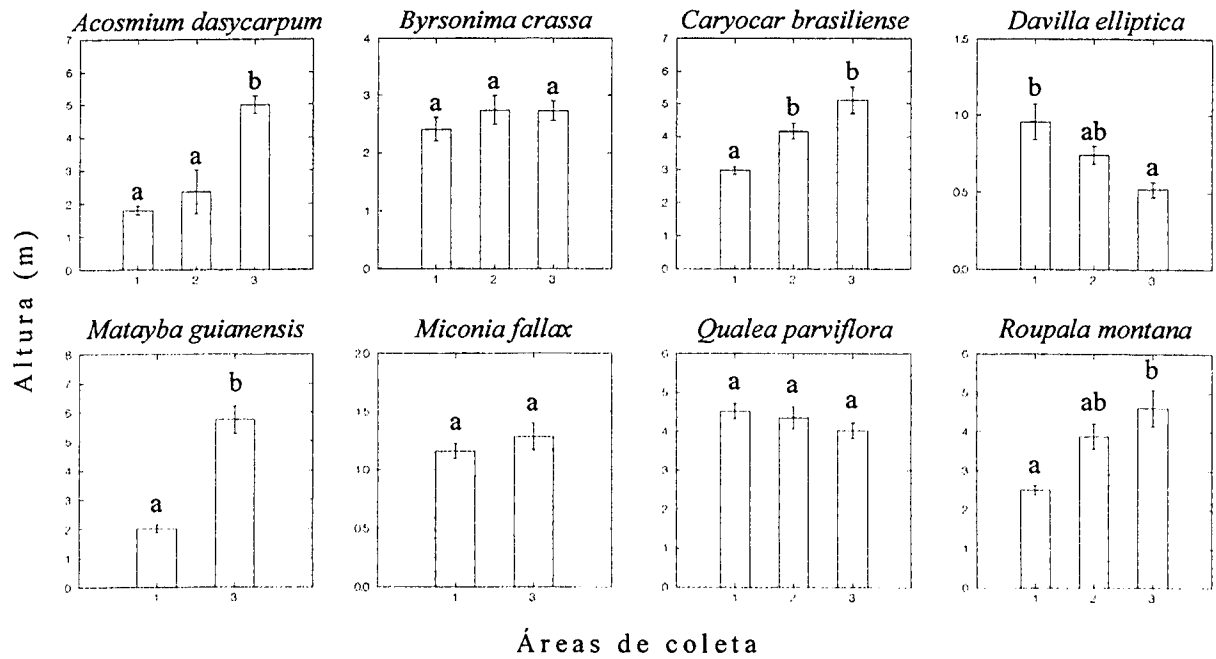


Figura 1.6. Média das alturas (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 1.6. Correlações fenotípicas entre alguns caracteres foliares de cada espécie vegetal em três áreas do Cerrado amostradas. N = 120, para *Byrsonima crassa* e *Miconia fallax*; e N = 180, para as demais espécies. Valores em negrito indicam diferenças significativas.

Espécie	Variáveis correlacionadas			
	Área foliar vs. índice foliar		Área foliar vs. pecíolo	
	r	P	r	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	-0,198	0,115	0,328	<0,001
<i>Byrsonima crassa</i>	-0,134	0,723	-	-
<i>Caryocar brasiliense</i>	-0,119	1,000	0,513	<0,001
<i>Davilla elliptica</i>	0,013	1,000	0,432	<0,001
<i>Matayba guianensis</i>	0,001	1,000	0,455	<0,001
<i>Miconia fallax</i>	-0,224	0,139	-	-
<i>Qualea parviflora</i>	-0,137	0,998	0,459	<0,001
<i>Roupala montana</i>	-0,035	1,000	0,613	<0,001

DISCUSSÃO

Ecótipos foram observados nas oito espécies estudadas, caracterizados por variações entre os locais, na altura dos indivíduos e/ou nos caracteres foliares. Os indivíduos analisados apresentaram, de modo geral, maior porte, folhas mais alongadas, maiores e com pecíolos mais compridos no ambiente de cerradão da Estação Ecológica do Panga, área que apresenta maior grau de cobertura vegetal. Muitos trabalhos mostram que o sombreamento pode induzir aumento da área foliar como uma maneira de se compensar a baixa intensidade luminosa (Pons *et al.* 2001, Niinemets 1999, Pigliucci *et al.* 1995). Isto porque o adensamento da vegetação reduz a luminosidade na região abaixo do dossel, o que demandaria aumento da área foliar para melhor captação de luz. Uma vez que folhas de ambiente sombreado transpiram menos que folhas expostas diretamente à luz, o aumento na área foliar poderia ocorrer sem necessariamente causar excessiva perda de água por transpiração. De fato, Hlwatika & Bhat (2002), estudando anatomia e morfologia de onze espécies lenhosas, sugeriram que a folhagem responde primariamente às funções fotossintéticas ao invés do controle da perda de água pela transpiração.

Vários outros fatores podem ainda influenciar o tamanho foliar. Killingbeck & Tainsh (2002), por exemplo, investigaram a relação entre as dimensões do limbo e potencialidades para reabsorção de nitrogênio e fósforo em duas espécies de florestas decíduas. O número e o tamanho de células epidérmicas foi influenciado pela elevação da concentração de gás carbônico no ar (Ferris *et al.* 2002). A morfologia foliar pode refletir a ação de inimigos naturais, tendo sido observado que a ação de nematóides parasitas em raízes resultou em drástica redução do crescimento da planta, diminuindo também o tamanho foliar (Carneiro *et al.* 2001). Passioura (2002) e Schmidt & Zotz (2001) advertem que as condições do solo podem afetar indiretamente

a aparência da folha, por meio de múltiplas interações hormonais. Além disso, quando as restrições hídricas são muito severas, as plantas podem apresentar respostas plásticas que envolvem redução do limbo foliar (Pedrol *et al.* 2000). Entretanto, em alguns trabalhos, as variações nas características foliares não se relacionaram com a umidade do solo (Engel *et al.* 2002), nem com índices de pluviosidade (Lamont *et al.* 2002).

Pecíolos podem, adaptativamente, ajustar seu comprimento para aumentar a exposição do limbo à luz, evitando a superposição (King & Maindonald 1999, Kimura & Simbolon 2002). Niklas (1999) e King (2001) advertem que, embora pouco se saiba sobre a estrutura mecânica e funções adaptativas do pecíolo, descobertas recentes nos campos da computação gráfica e arquitetura de plantas revelam padrões de regulação complexos envolvendo hormônios, influência de fatores ambientais, além de destacarem sua importância na estruturação arquitetônica da planta. Deste modo, a tendência para o alongamento do pecíolo na área mais sombreada pode não ter ocorrido apenas por influência direta de determinado fator ambiental. Considerando a correlação positiva de seu comprimento com as dimensões do limbo foliar, pode-se supor a existência de um mecanismo de regulação genética comum para estes dois caracteres, determinando o crescimento da folha como um todo e de modo integrado (Schlichting 1986, Scheiner & Callahan 1999).

A tendência para o alongamento do limbo foliar na área mais sombreada poderia estar relacionada com a maximização do aproveitamento da energia luminosa, possivelmente diminuindo a sobreposição das folhas de um mesmo ramo. Musil *et al.* (2002) detectaram alterações no formato foliar em um experimento que testou o efeito de elevadas concentrações de radiação ultravioleta, indicando respostas adaptativas morfofotogenéticas.

Apesar das significativas diferenças encontradas nas características foliares dos diferentes ambientes estudados, é importante ressaltar a grande variabilidade morfológica registrada entre os indivíduos de uma mesma área. Niinemets (1999) já havia indicado que, em plantas, a plasticidade morfológica era maior que a plasticidade fisiológica. Puntieri *et al.* (2001)

verificaram, por exemplo, um padrão de variação de folhas num mesmo indivíduo, com tendência para aumento do tamanho foliar nos galhos mais antigos, da região distal para a proximal.

Tradicionalmente, os trabalhos que descrevem a fitofisionomia do complexo vegetacional do Cerrado já indicavam diferenças no porte dos vegetais associadas à composição mineral, textura e fertilidade do solo, além de disponibilidade de água e de influências antrópicas (Goodland & Pollard 1973, Cox & Lopes 1977, Furley & Ratter 1988). Conseqüentemente, quando as plantas estão bem nutridas, poderiam apresentar maior porte. Porém, a entrada de novos indivíduos nas populações estudadas provavelmente deve ter influenciado os valores de altura das plantas, interferindo na efeito causado pelas características edáficas sobre este caráter. Deste modo, a altura pode não ter sido bem estimada.

Variações fenotípicas relacionadas a condições ambientais, isto é, respostas plásticas adaptativas a fatores do meio podem ser tão acentuadas a ponto de gerar, por seleção disruptiva, novas subespécies. Exemplo disto foi observado na *Leptorhynchos squamatus* Labill. (Asteraceae) no sudeste da Austrália, que ocorre em altitudes deferentes (Flann *et al.* 2002), e em *Acacia koa* Grey (Leguminosae) em diferentes ilhas do Hawai (Daehler *et al.* 1999). Por outro lado, nem todas as espécies estudadas mostraram variações no porte e nas características foliares. O menor porte de *D. elliptica* e seu aspecto raquítico na área de cerradão da Estação Ecológica do Panga sinalizam sua preferência por ambientes mais abertos e indicam sua estreita tolerância à baixa intensidade luminosa. O fato de *A. dasycarpum* ter apresentado menores valores de área foliar e comprimento do pecíolo na área do cerradão do Panga pode estar associado à grande altura dos seus indivíduos neste local ($\pm 5,0$ m), o que permitiu que estes tivessem maior exposição de suas folhas à luz. Nas demais áreas de estudo, seus indivíduos se mostraram bem menores ($\pm 2,0$ m), sofrendo influência de sombreamento exercido por outras plantas, aumentando, conseqüentemente, a competição pela energia luminosa.

Apesar de que variações em diversas características de plantas possam ser causadas por variações sazonais (Winn 1996), a influência do clima na formação de ecótipos nas áreas estudadas pode ser considerada irrelevante. Apesar das áreas 1 e 2 estarem localizadas numa região com maiores índices de pluviosidade, nenhuma das três áreas apresenta déficit hídrico acentuado. A temperatura também não foi considerada um fator gerador de variações, uma vez que as áreas de coleta apresentam variações de temperatura similares ao longo do ano, por ocorrerem em uma mesma região macroclimática (Nimer & Brandão 1989).

As variações fenotípicas observadas nas oito espécies estudadas devem estar ocorrendo como um meio de aumentar a captação de luz. Deste modo, esta plasticidade nos caracteres analisados pode ser considerada adaptativa, por estar contribuindo para a estabilidade funcional destas plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLABY, M. 1994. The concise Oxford dictionary of ecology. Oxford University Press, New York.
- ARAÚJO, G.M., FRANCISCON, C.H. & NUNES, J.G. 1987. Fenologia de nove espécies arbóreas de um cerradão no município de Uberlândia – MG. Centro de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia 3(1):3-17.
- CARNEIRO, R.M.D.G., MOREIRA, W.A., ALMEIDA, M.R.A., GOMES, A.C.M.M. 2001. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. Nematologia Brasileira 25(2):223-228.
- CORREA, M.P. 1984. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro.
- COSTA, A.A. & ARAÚJO, G.M. 2001. Comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. Acta Botanica Brasilica 15(1):63-72.
- CRAWFORD, R.M.M., CHAPMAN, H.M. & SMITH, L.C. 1995. Adaptation to variation in growing season length in arctic populations of *Saxifraga oppositifolia* L. Botanical Journal of Scotland 47:177-192.
- DAEHLER, C.C., YORKSTON, M., SUN, W. & DUDLEY, N. 1999. Genetic variation in morphology and growth characters of *Acacia koa* in The Hawaiian Islands. International Journal of Plant Science 160(4):767-773.

- DARDICK-CHRISTOPHER, D., SHEETAL, G. & CULVER-JAMES, N. 2000. Susceptibility and symptom development in *Arabidopsis thaliana* to Tabaco mosaic virus is influenced by virus cell-to-cell movement. *Molecular Plant Microbe Interactions* 13:1139-1144.
- EMBRAPA, 1982. Levantamento de reconhecimento de media intensidade dos solos e avaliação de aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. EMBRAPA/SNLCS, Rio de Janeiro.
- ENGEL, V.C., STIEGLITZ, M., WILLIAMS, M. & GRIFFIN, K.L. 2002. Forest canopy hydraulic properties and catchment water balance: observations and modeling. *Ecological Modeling* 154(3):263-288.
- FALCONER, D.S. 1989. Introduction to quantitative genetics. Longman Scientific & Technical, New York.
- FERRIS, R., LONG, L., BUNN, S.M., ROBINSON, K.M., BRADSHAW, H.D., RAE, A.M. & TAYLOR, G. 2002. Leaf stomatal and epidermal cell development: identification of putative quantitative trait *loci* in relation to elevated carbon dioxide concentration in poplar. *Tree Physiology* 2002. 22(9):633-640.
- FLANN, C., LADIGES, P.Y. & WALSH, N.G. 2002. Morphological variation in *Leptorhynchos squamatus* (Gnaphalieae: Asteraceae). *Australian Systematic Botany* 15(2):205-219.
- FURLEY, P.A. & RATTER, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15:97-108.
- FUZETO, A.P. & LOMÔNACO, C. 2000. Potencial plástico de *Cabralea cajerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e seu papel na formação de ecótipos em área de cerrado e vereda, Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 23:169-176.
- GOODLAND, R.J. & POLLARD, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology* 61:219-224.
- GOODLAND, R.J. 1979. Análise ecológica da vegetação do Cerrado. *In Ecologia do cerrado*. (R.J. Goodland & M.G. Ferri, eds.). Itatiaia, Belo Horizonte; EDUSP, São Paulo, p.61-162.

- HART, A.L. & COLVILLEC, C. 1988. Differences among attributes of white clover genotypes at various levels of phosphorus supply. *Journal of Plant Nutrition* 11:189-208.
- HELGADOTTIR, A. & SNAYDON, R.W. 1986. Patterns of genetic variation among populations of *Poa pratensis* and *Agrostis capillares* from Britain (UK) and Iceland. *Journal of Applied Ecology* 23:3-719.
- HLWATIKA, C.N.M. & BHAT, R.B. 2002. An ecological interpretation of the difference in leaf anatomy and its plasticity in contrasting tree species in Orange Kloof, Table Mountain, South Africa. *Annals of Botany London* 89(1):109-114.
- HOWE, G.T., HACKETT, W.P., FURNIER, G.R. & KLEVORN, R.E. 1995. Photoperiodic responses of a northern and southern ecotype of black cottonwood. *Physiologia Plantarum* 93:695-708.
- KILLINGBECK, K.T. & TAINSH, R. 2002. Does leaf size influence resorption of nutrients from senescing leaves? *Northeastern Naturalist* 9(2):213-220.
- KIMURA, M. & SIMBOLON, H. 2002. Allometry and life history of a forest understory palm *Pinanga coronata* (Arecaceae) on Mount Halimum, West Java.
- KING, D.A. 2001. Stem orientation is related to growth rate, leaf dimensions, and the deciduous habit in temperate forest saplings. *Canadian Journal of Botany* 79(11):1282-1291.
- KING, D.A. & MAINDONALD, J.H. 1999. Tree architecture in relation to leaf dimensions and tree stature in temperate and tropical rain forests. *Journal of Ecology* 87(6):1012-1024.
- KREBS, C.J. 1970. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper & Row, New York.
- LAMONT, B.B., GROOM, P.K. & COWLING, R.M. 2002. High leaf mass per area of related species assemblages may reflect low rainfall and carbon isotope discrimination rather than low phosphorus and nitrogen concentrations. *Functional Ecology* 16(3):403-412.
- LOPES, A.S. & COX, F.R. 1977. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. *Agronomy Journal* 69:828-831.

- LORENZI, H. 1992. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Plantarum, Nova Odessa.
- LORENZI, H. 1998. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.2. Plantarum, Nova Odessa.
- MUSIL, C.F., CHIMPHANGO, S.B.M. & DAKORA, F.D. 2002. Effects of elevated ultraviolet-B radiation on native and cultivated plants of southern Africa. *Annals of Botany London* 90(1):127-137.
- NANSON, A. 1993. Gestion des ressources génétiques forestières. *Annales de Gembloux* 99:13-36.
- NIINEMETS, U. 1999. Components of leaf dry mass per area – thickness and density – alter leaf photosynthetic capacity in reverse directions in wood plants. *New Phytologist* 144(1):35-47.
- NIKLAS, K.J. 1999. A mechanical perspective on foliage leaf form and function. *New Phytologist* 143(1):19-31.
- NIMER, E. & BRANDÃO, A.M.P.M. 1989. Balanço hídrico e clima da região dos cerrados. IBGE, Rio de Janeiro.
- PASSIOURA, J.B. 2002. Soil conditions and plant growth. *Plant Cell and Environment* 25(2):311-318.
- PEDROL, N., RAMOS, P. & REIGOSA, M.J. 2000. Phenotypic plasticity and acclimation to water deficits in velvet-grass: a long-term greenhouse experiment. Changes in leaf morphology, photosynthesis and stress-induced metabolites. *Journal of Plant Physiology* 157(4):383-393.
- PLIGLIUCCI, M., WHITTON, J.J. & SCHLICHTING, C.D. 1995. Reaction norms of *Arabidopsis*. I. Plasticity of characters and correlations across water, nutrient and light gradients. *Journal of Evolutionary Biology* 8:421-438.

- PINHEIRO-FILHO, D. 1999. Estudo de silício e de alumínio no sistema solo-planta em espécies lenhosas do cerrado, no município de Araguari, MG. Monografia de bacharelado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- PONS, T.L., JORDI, W. & KUIPER, D. 2001. Acclimation of plants to light gradients in leaf canopies: evidence for a possible role for cytokinins transported in the transpiration stream. *Journal of Experimental Botany* 52(360):1563-1574.
- POTT, A. & POTT, V.J. 1994. Plantas do Pantanal. EMBRAPA-CPAP, Corumbá.
- PUNTIERI, J.G., DAMASCOS, M.A. & SOUZA, M.S. 2001. Tendencias ontogenéticas en el tamaño y la forma de las hojas de *Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Endl.) Krasser (Fagaceae). *Ecologia Austral* 11(2):105-114.
- RAMOS, M.V.V. 1997. Caracterização de uma transição floresta-cerrado numa topossequência íngreme com substrato basáltico no Triângulo Mineiro. Monografia de bacharelado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- REITZ, R. 1980. Sapindáceas. *In* Flora Ilustrada Catarinense (R. Reitz, ed.), Itajaí, p.-.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In* Cerrado: ambiente e flora (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, p.89-152.
- ROMERO, R. 1996. A família Melastomataceae na Estação Ecológica do Panga, Município de Uberlândia, MG. *Hoehnea* 23(1):147-168.
- SCHEINER, S.M. & CALLAHAN, H.S. 1999. Measuring natural selection on phenotypic plasticity. *Evolution* 53(6):1704-1713.
- SCHIAVINI, I. & ARAÚJO, G.M. 1989. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). *Sociedade & Natureza* 1:61-66.
- SCHLICHTING, C.D. 1986. The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:667-693.

- SCHMIDT, G. & ZOTZ, G. 2001. Ecophysiological consequences of differences in plant size: *in situ* carbon gain and water relations of the epiphytic bromeliad, *Vriesea sanguinolenta*. *Plant Cell Environment* 24(1):101-111.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Freeman, New York.
- THOMAS, H. & STODDART, J.L. 1995. Temperature sensitivities of *Festuca arundinacea* Schreb. and *Dactylis glomerata* L. ecotypes. *New Phytologist* 130:125-134.
- THOMPSON, J.D. 1991. Phenotypic plasticity as a component of evolutionary change. *Trends in Ecology & Evolution* 6:246-249.
- TURESSON, G. 1922. The species and the variety as ecological units. *Hereditas* 3:100-113.
- VIA, S. & LANDE, R. 1985. Genotype-environment interactions and the evolution of phenotypic plasticity. *Evolution* 39:505-522.
- WILKINSON, L. 1999. *Systat for Windows*. SPSS Inc., Chicago.
- WINN, A.A. 1996. The contribution of programmed developmental change and phenotypic plasticity to within-individual variation in leaf traits in *Dicerandra linearifolia*. *Journal of Evolutionary Biology* 9:737-752.
- ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey.

CAPÍTULO 2

**Assimetria flutuante em folhas de oito espécies
lenhosas do Cerrado em três áreas
no Triângulo Mineiro**

RESUMO

Assimetria flutuante (AF) é considerada um dos melhores meios de se quantificar a instabilidade do desenvolvimento sob condições de estresse genético ou ambiental. Em ambientes de Cerrado, que apresenta grande variedade de fitofisionomias, espera-se que os níveis de AF do limbo foliar sejam menores em plantas que se desenvolvem em solos mais férteis. Para testar esta hipótese, foi investigado se os índices de AF em folhas de oito espécies vegetais do Cerrado diferiam em três ambientes distintos quanto ao tipo de solo. Também foi verificado se os níveis de AF se correlacionam com variações no tamanho e formato foliar e com a altura da planta. Apenas três espécies diferiram significativamente entre os ambientes amostrados, quanto aos índices de AF. O padrão de variação da AF, detectado para essas espécies, não foi similar nas áreas estudadas, não havendo, deste modo, comprovação da hipótese testada. Não foram encontradas correlações simples entre níveis de AF com a área foliar, índice foliar e altura, sugerindo ser a AF uma característica linearmente independente desses caracteres. Supõe-se que o grande potencial plástico na determinação do tamanho e forma das folhas esteja tamponando as condições adversas do meio, minimizando a ocorrência de instabilidade no desenvolvimento. A AF em folhas parece não ser um bom índice de monitoramento de estresse nutricional edáfico, considerando a habilidade de plantas para controlar o desenvolvimento sob condições adversas.

INTRODUÇÃO

Organismos que se desenvolvem sob condições estressantes apresentam, de modo geral, maior dificuldade de regular seu desenvolvimento. O grau de perturbação que um organismo sofre no seu plano de desenvolvimento normal é chamado de instabilidade do desenvolvimento (Mather 1953, Lerner 1954, Paxman 1956, Thoday 1958), que pode ser influenciada por estresse genético ou ambiental, bem como pela habilidade do genoma de controlar o desenvolvimento sob condições adversas (Palmer & Strobeck 1986, Parsons 1990).

Acredita-se que um dos melhores meios de se quantificar a instabilidade do desenvolvimento seja a medida da assimetria flutuante (AF) (Thoday 1958, Palmer & Strobeck 1986, Moller & Swaddle 1997). A AF refere-se a pequenos desvios aleatórios na simetria de caracteres de organismos bilateralmente simétricos (Van Valey 1962, Palmer & Strobeck 1986, Parsons 1990).

Estudos sobre instabilidade do desenvolvimento podem contribuir para muitas áreas da biologia, desde a compreensão das bases genéticas da homeostase, até monitoramento do estresse genético e ambiental (Evans & Marshall 1996), uma vez que, em áreas perturbadas por ação antrópica, indivíduos tendem a apresentar maiores índices de AF (Siikamäki & Lammi 1998, Sherzhukova *et al.* 2002).

Apesar da típica plasticidade fenotípica em plantas poder obscurecer a relação entre AF e instabilidade do desenvolvimento (Bradshaw 1965, Palmer 1996), os vegetais, devido à sua constituição modular e à facilidade de clonagem, são um excelente material para o seu estudo (Freeman *et al.* 1993, Palmer 1996). Um trabalho de revisão feito por Moller & Shykoff (1999) sobre instabilidade morfológica no desenvolvimento de plantas mostrou que a AF de folhas e/ou

pétalas pode aumentar sob efeito de radiação, luz ultravioleta, excesso de fertilizantes, poluentes, condições salinas extremas, herbivoria e competição. Além disso, esses autores informam que mutação, hibridização e grau de homoziguidade podem, também, influenciar a assimetria de diversos caracteres em plantas. Porém, trabalhos sobre AF envolvendo plantas nativas do Cerrado são escassos.

O Cerrado, que ocupa boa parte do Planalto Central Brasileiro, é um complexo vegetacional com uma grande variedade de fisionomias, englobando formações florestais, savânicas e campestres. Embora as áreas por ele ocupadas apresentem clima marcado por estação seca bem definida (Nimer & Brandão 1989), apresentam acentuadas variações edáficas quanto à textura, fertilidade e composição mineral, que influenciam no aspecto geral da vegetação (Goodland & Pollard 1973, Lopes & Cox 1977, Furley & Ratter 1988).

Se diferentes tipos fitofisionômicos encontrados no Cerrado são influenciados, dentre diversos fatores, pela fertilidade do solo, pode-se esperar que em solos mais férteis os níveis de AF sejam menores. Para testar esta hipótese, este trabalho investigou se os índices de AF em folhas de oito espécies vegetais de Cerrado diferiam em três ambientes distintos quanto ao tipo de solo. Também foi verificado se os níveis de AF se correlacionam com variações na altura da planta, tamanho e formato foliares.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

Foram utilizados três locais para a coleta dos dados. As áreas 1 e 2 localizam-se à margem da Rodovia Estadual MG 223, que liga o município de Araguari a Tupaciguara. A área 1 situa-se a cerca de 35 km do perímetro urbano de Araguari (18°38' S e 48°11' W - 927 m de altitude), enquanto a área 2 encontra-se a cerca de 10 km adiante desta (18°33' S e 48°28' W). A primeira área é coberta por uma vegetação de cerrado sentido restrito localizada em terreno plano, sobre um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico textura muito argilosa. A segunda área apresenta uma cobertura vegetal representada por um cerradão que ocorre em um NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico chernossólico textura muito argilosa, derivado de rocha basáltica (M.V.V. Ramos, D. Pinheiro-Filho, dados não publicados). De acordo com Nimer & Brandão (1989), a região de Araguari é caracterizada por um clima muito úmido, com precipitação média anual em cerca de 1610 mm e temperatura média anual é de 20,3 °C. A área 3 faz parte da Estação Ecológica do Panga (19°10' S e 48°23' W- 800 m de altitude), que apresenta diversos tipos fitofisionômicos do Cerrado e se localiza a cerca de 30 km ao sul da sede do município de Uberlândia, MG. A amostragem foi realizada em uma área com vegetação de cerradão localizado em terreno plano, sobre LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico textura média, profundo, bem drenado. A região de Uberlândia apresenta clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com verão quente e úmido e inverno frio e seco (Schiavini & Araújo 1989). Segundo Nimer & Brandão (1989), a precipitação média anual se mantém entorno de 1438 mm e a temperatura média anual é de cerca de 22,9 °C.

Período de coleta

Os dados foram coletados no final da estação chuvosa e início da estação seca, entre 17 de abril e 7 de junho de 2002. Neste período do ano, as folhas das espécies estudadas já haviam atingido plena expansão do limbo, o que possibilitou reduzir a interferência do estágio de desenvolvimento foliar sobre suas dimensões.

Espécies estudadas

Foram estudadas oito espécies vegetais lenhosas pertencentes a oito famílias distintas. Estas espécies foram selecionadas por apresentarem altos Valores de Importância em Cerrados do Triângulo Mineiro (Goodland 1979) e no município de Uberlândia (Costa & Araújo 2001). As espécies analisadas foram: *Acosmium dasycarpum* (Vog.) Yak. (Leguminosae-Papilionoideae), *Byrsonima crassa* Nied. (Malpighiaceae), *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae), *Davilla elliptica* St. Hill. (Dilleniaceae), *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae), *Miconia fallax* DC. (Melastomataceae), *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae).

Obtenção das variáveis

Em cada comunidade vegetal, 10 indivíduos de cada espécie foram escolhidos aleatoriamente para amostragem de seis folhas de suas copas. Foram coletadas 60 folhas para cada área de coleta, totalizando 180 folhas medidas por espécie. Somente foram utilizadas folhas sem alterações nas suas dimensões, causadas por herbívoros ou patógenos. As folhas utilizadas foram provenientes dos três primeiros nós, contados a partir da base, de ramos coletados em quatro pontos ao redor da copa das plantas. // Nas espécies com folhas compostas, apenas o folíolo apical foi utilizado nas medições do limbo. Todas as medidas foram tomadas da superfície adaxial das folhas. Foi avaliado o grau de assimetria das folhas calculando-se a assimetria absoluta, definida como a diferença entre a largura da metade direita (D) e a da metade esquerda

(E) de uma mesma folha. Estas medidas foram feitas, com o auxílio de um paquímetro (precisão de 0,05 mm), na região da folha que compreende a metade do comprimento do limbo. Para cada local de coleta, foram calculados os índices de assimetria flutuante obtidos pela média das diferenças entre (D) e (E), ou seja, $AF = \sum |D - E| \cdot N^{-1}$ (figura 2.1). †

Para o cálculo da área foliar (AF_o), as folhas tiveram sua imagem digitalizada por *scanner*, utilizando tonalidade cinza, resolução de 100 dpi e uma régua de 20 cm como de escala. As imagens foram posteriormente trabalhadas no programa AutoCAD® 2000, quando cada folha teve seu limbo delimitado por uma linha, cuja área demarcada correspondia à sua AF_o .

Um índice foliar (IF) foi obtido dividindo-se o valor do comprimento do limbo (CL) pelo da sua largura (LL), ou seja, $IF = CL \cdot LL^{-1}$. O IF caracteriza o formato foliar, de modo que folhas arredondadas possuem $IF \cong 1$ (um) e as alongadas, $IF < 1$.

Todos os indivíduos amostrados tiveram sua altura (AL) medida ou estimada com o auxílio de uma vara graduada de dois metros.

Análise estatística

Para confirmação de ocorrência de AF, os dados obtidos pela diferença entre D e E foram submetidos ao teste-t para verificar se as distribuições são simétricas com médias iguais a zero (Palmer & Strobeck 1986, Swaddle *et al.* 1994).

A relação de dependência entre AF e a medida da LL, ou seja, a correlação fenotípica entre estes caracteres (Falconer 1989), foi verificada utilizando o teste de correlação simples de Spearman (Zar 1984). Se esta relação de dependência for encontrada, uma medida relativa de AF deverá ser obtida (Palmer & Strobeck 1986, Eggert & Sakaluk 1994). Esta relativização será feita dividindo o valor de AF pela medida da LL, ou seja, $AF_{(R)} = AF \cdot LL^{-1}$.

Como as distribuições não foram normais (anexo 5A), utilizou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar se os índices de AF diferiam entre as áreas. Nos casos em que

as espécies ocorriam em apenas duas das áreas de estudo, foi utilizado o teste de Mann-Whitney. Comparações múltiplas foram realizadas empregando-se um teste não-paramétrico Tukey-type. A ocorrência de correlações fenotípicas entre AF e os caracteres AF_o, IF e AL em cada área foi verificada pelo teste de correlações simples de Spearman (Zar 1984).

Os testes estatísticos foram conduzidos em computador, usando o programa SYSTAT[®] para Windows[®] versão 9.00 (Wilkinson 1999).

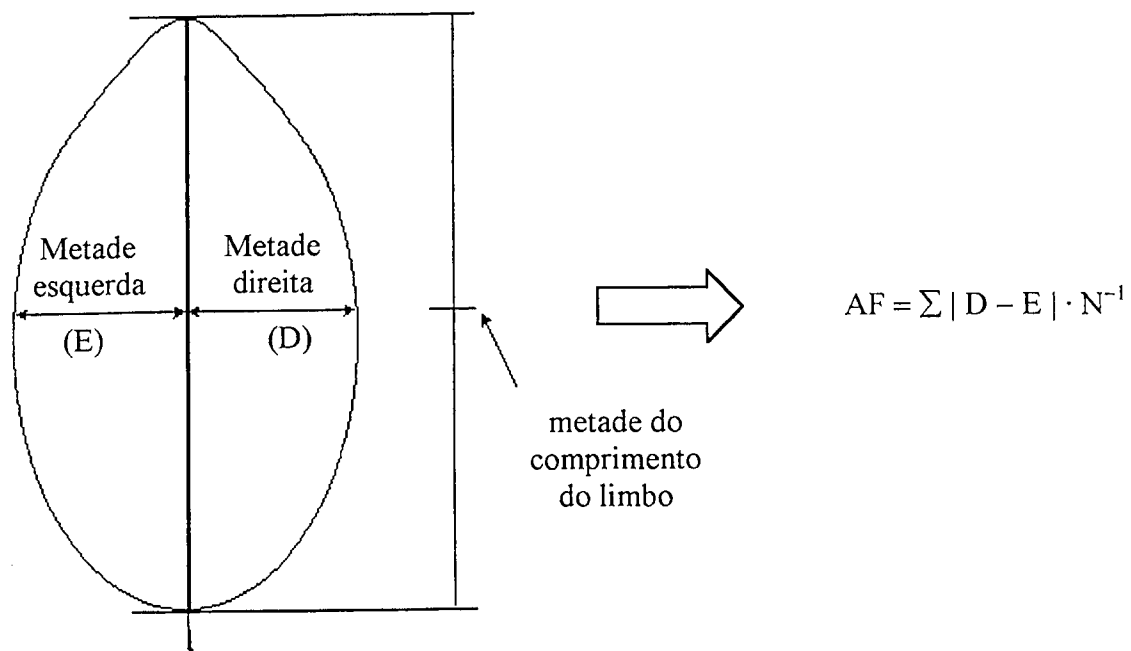


Figura 2.1. Caracteres morfológicos medidos nas folhas simples e no folíolo apical das folhas compostas para o cálculo da assimetria flutuante (AF).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies *M. guianensis* e *M. fallax* não foram encontradas na área 2, o que restringiu as comparações entre indivíduos dessas espécies às áreas 1 e 3. Foi descartada a ocorrência de assimetria direcional, confirmando a aleatoriedade dos desvios na simetria para todas as espécies, nas três áreas de estudo (tabela 2.1). Somente *Q. parviflora* e *R. montana*, que apresentaram índices de AF correlacionados com a largura do limbo, tiveram seus valores corrigidos (tabela 2.2).

Cinco das oito espécies estudadas não apresentaram diferenças entre áreas quanto aos índices de AF. A análise estatística indicou haver diferenças significativas entre as áreas quanto aos índices de AF apenas para *B. crassa*, *D. elliptica* e *R. montana* (tabela 2.3). *Byrsonima crassa* e *Davilla elliptica* apresentaram menores índices de AF no ambiente de cerradão de Araguari (área 2). Os maiores valores de assimetria em folhas de *R. montana* foram encontrados nas áreas 1 e 2, que compreendem, respectivamente, o cerrado sentido restrito e o cerradão, ambos no município de Araguari (figura 2.2).

Não foi comprovada, para todas as espécies, a hipótese de que os níveis de AF seriam menores em solos mais férteis. Contrariamente ao esperado, *R. montana* apresentou maiores índices de assimetria na área de solo eutrófico (área 2).

Alguns outros trabalhos também não encontraram variações nos índices de AF diretamente relacionadas a fatores ambientais e/ou genéticos. Wilsey & Saloniemi (1999), por exemplo, não encontraram relação entre AF de folhas e crescimento sazonal de *Betula pubescens* Ehrh. (Betulaceae). Plantas de milho, *Zea mays* L. (Graminae), submetidas à radiação ultravioleta, também não se apresentaram mais assimétricas (Cartwright *et al.* 2001). A hipótese

de que AF esteja negativamente correlacionada com o *fitness* não foi comprovada por Sakai & Shimamoto (1965) que, ao examinarem a AF em folhas e flores de onze variedades de tabaco, *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae), encontraram os maiores valores em plantas mais produtivas.

Entretanto, o fato de não terem sido encontrados, para a maioria das espécies estudadas, índices maiores de AF em plantas desenvolvidas em solos distróficos não significa que estas não apresentem maior instabilidade do desenvolvimento nestes locais. Mogie & Cousins (2001) propuseram, a partir de simulações e modelos matemáticos, uma amostra mínima de 500 folhas para uma estimativa confiável de AF, uma vez que esta pode variar significativamente entre folhas de um mesmo indivíduo. Neste trabalho, apenas 180 folhas foram analisadas por espécie, sendo 60 em cada área, o que poderia ser considerada uma amostra relativamente pequena, segundo os critérios estabelecidos por estes autores. Além disso, causas genéticas, não avaliadas, tais como mutações e níveis individuais de heterozigosidade, poderiam estar influenciando os resultados encontrados. Siikamakai & Lammi (1998) verificaram, por exemplo, que a heterozigosidade induziu maior AF em flores de populações de *Lichnis viscaria* L. (Caryophyllaceae).

Embora a hipótese testada não tenha sido comprovada pelos dados apresentados, diversos outros trabalhos mostraram relação positiva entre vários fatores de estresse ambiental e genético e nível de AF em plantas (Huether 1969, Bagchi & Iyama 1983, Martin & Sutherland 1990, Freeman *et al.* 1993, Moller 1995). Sherzhukova *et al.* (2002) verificaram, por exemplo, que indivíduos de *Tina cordata* Mill. (Tiliaceae) de regiões urbanizadas possuíam folhas mais assimétricas que aquelas que se desenvolviam em áreas não urbanizadas. Evans & Marshall (1996) constataram que folhas de *Brassica campestris* L. (Cruciferae) eram mais assimétricas em plantas que produziam menos flores e apresentavam menor ganho de biomassa. Um abrangente estudo feito por Roth (1990) em florestas da Venezuela informa que, na maioria das espécies, a assimetria de folhas era maior nos galhos mais baixos das árvores, o que poderia estar conectado à baixa e irregular intensidade luminosa que alcança aquele substrato.

A única correlação fenotípica significativa encontrada ocorreu entre AF e AL para a espécie *Q. parviflora*. Não houve, portanto, correlação da AF nem com AF_o e nem com IF (tabela 2.4). A ausência de correlações encontrada entre níveis de AF com a área foliar, índice foliar e altura sugere ser a AF uma característica linearmente independente da altura (uma exceção: *Qualea parviflora*) e de outros caracteres foliares. Entretanto, a independência entre estes caracteres deve ser interpretada com cautela, visto que relações não lineares podem existir, sugerindo certo grau de controle genético comum.

Outra possibilidade se relaciona ao fato de a AF ser também indicativa da habilidade do organismo de tamponar distúrbios ambientais ou qualquer outro problema durante seu desenvolvimento (Parsons 1991, Clarke *et al.* 1992, Markow 1995, Rowe *et al.* 1997). Assim, a ausência de significativa variação na AF poderia ser resultante do fato de que o grau de oligotrofia edáfica não tivesse se constituído em distúrbio suficientemente intenso, que não pudesse ser neutralizado com ajustes metabólicos e/ou fisiológicos capazes de garantir a estabilidade homeostática nos padrões de desenvolvimento. Deste modo, a ausência de variações significativas na assimetria das folhas nas áreas estudadas poderia ser resultante da capacidade de ajustes plásticos no tamanho e formato das folhas, o que compensaria os efeitos do estresse ambiental, tamponando a instabilidade no desenvolvimento (Perfectti & Camacho 1999).

A AF em folhas parece não ser um bom índice de monitoramento de estresse nutricional edáfico. Tamanho e forma das folhas são primariamente influenciados pela intensidade luminosa como resposta adaptativa às funções fotossintéticas (Hlwatika & Bhat 2002). Efeitos do estresse causado por carência de nutrientes no solo estariam influenciando, de modo mais efetivo, outros caracteres vegetativos (Goodland & Pollard 1973, Lopes & Cox 1977, Furley & Ratter 1988).

Tabela 2.1. Teste t para amostras pareadas para confirmação de ocorrência de assimetria flutuante (aleatoriedade nos desvios das diferenças entre a largura da metade direita e a da metade esquerda do limbo foliar) em algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG.

Espécie	Área 1		Área 2		Área 3	
	t	P	t	P	t	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	-1,65	0,105	1,84	0,071	-1,61	0,112
<i>Byrsonima crassa</i>	-1,28	0,206	-1,59	0,118	-0,08	0,934
<i>Caryocar brasiliense</i>	-1,65	0,105	0,23	0,823	-1,13	0,264
<i>Davilla elliptica</i>	0,28	0,782	-1,04	0,304	0,74	0,460
<i>Matayba guianensis</i>	0,66	0,509	-	-	-1,47	0,147
<i>Miconia fallax</i>	-1,23	0,224	-	-	-0,16	0,875
<i>Qualea parviflora</i>	0,34	0,734	-0,44	0,664	0,29	0,775
<i>Roupala montana</i>	-1,29	0,201	-0,71	0,481	0,54	0,588

Tabela 2.2. Correlação entre índices de assimetria flutuante e largura das folhas de oito espécies lenhosas do Cerrado nas três áreas amostradas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Valores em negrito indicam correlações significativas.

Espécie	r_s	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	0,106	>0,05
<i>Byrsonima crassa</i>	0,100	>0,05
<i>Caryocar brasiliense</i>	0,019	>0,05
<i>Davilla elliptica</i>	0,073	>0,05
<i>Matayba guianensis</i>	0,061	>0,05
<i>Miconia fallax</i>	0,066	>0,05
<i>Qualea parviflora</i>	0,209	<0,005
<i>Roupala montana</i>	0,217	<0,005

Tabela 2.3. Comparação entre os índices de assimetria flutuante em folhas de oito espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas; Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. A diferenciação foi obtida pelo emprego dos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis (H), quando $k > 2$ e Mann-Whitney (U), quando $k = 2$. Valores em negrito indicam diferenças significativas.

Espécie	H/U	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	1,62	0,444
<i>Byrsonima crassa</i>	7,40	0,025
<i>Caryocar brasiliense</i>	2,05	0,359
<i>Davilla elliptica</i>	7,70	0,021
<i>Matayba guianensis</i>	1887,50	0,646
<i>Miconia fallax</i>	1713,50	0,650
<i>Qualea parviflora</i>	5,68	0,059
<i>Roupala montana</i>	9,25	0,010

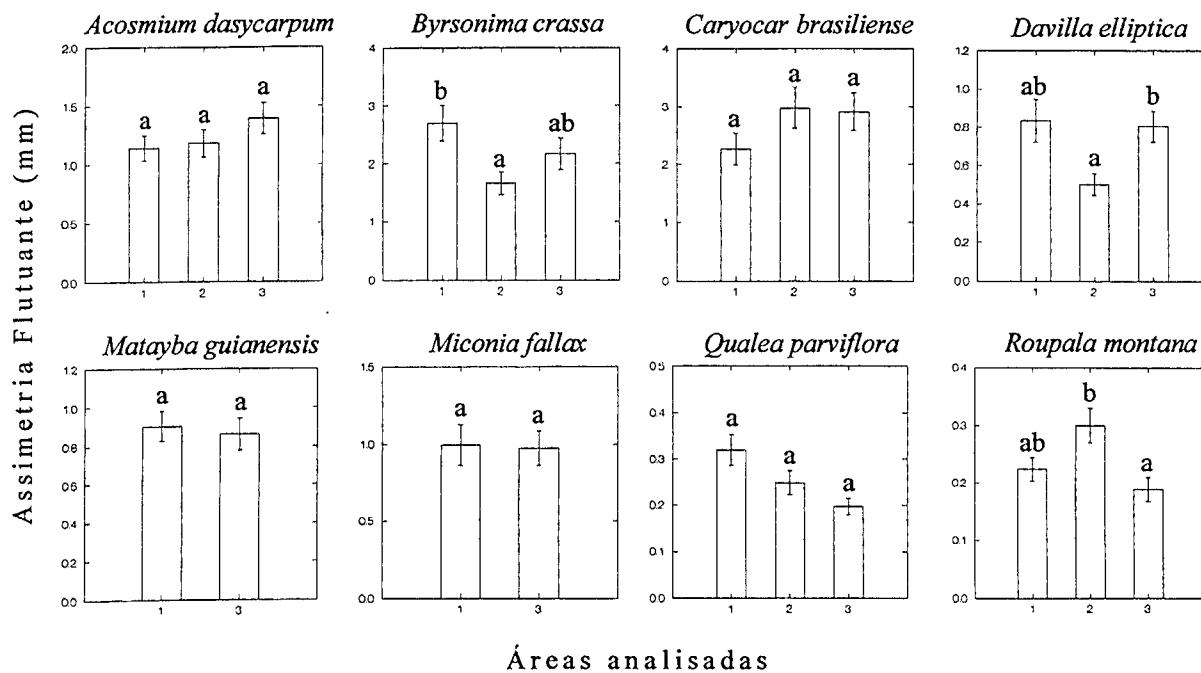


Figura 2.2. Média dos valores de assimetria flutuante (\pm erro padrão) de algumas espécies de plantas lenhosas do Cerrado em três áreas. Área 1: cerrado (sentido restrito), Araguari, MG; Área 2: cerradão, Araguari, MG; Área 3: cerradão, Uberlândia, MG. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 2.4. Correlações fenotípicas entre assimetria flutuante (AF) e alguns caracteres de cada espécie vegetal estudada em três áreas de Cerrado. N = 120, para *Matayba guianensis* e *Miconia fallax*, amostradas apenas nas áreas 1 e 3; e N = 180, para as demais espécies. Valores em negrito indicam correlações significativas.

Espécie	Variáveis correlacionadas					
	AF vs. área foliar		AF vs. altura		AF vs. índice foliar	
	r_s	P	r_s	P	r_s	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	0,085	>0,05	0,097	>0,05	-0,122	>0,05
<i>Byrsonima crassa</i>	0,114	>0,05	-0,084	>0,05	-0,052	>0,05
<i>Caryocar brasiliense</i>	0,036	>0,05	0,066	>0,05	-0,022	>0,05
<i>Davilla elliptica</i>	0,077	>0,05	-0,100	>0,05	-0,022	>0,05
<i>Matayba guianensis</i>	0,071	>0,05	-0,010	>0,05	-0,039	>0,05
<i>Miconia fallax</i>	0,051	>0,05	-0,050	>0,05	-0,032	>0,05
<i>Qualea parviflora</i>	-0,105	>0,05	0,174	<0,02	-0,138	>0,05
<i>Roupala montana</i>	0,052	>0,05	-0,019	>0,05	0,065	>0,05

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHI, S.K. & IYAMA, S. 1983. Radiation induced developmental instability in *Arabidopsis thaliana*. Theoretical and Applied Genetics 65:85-92.
- BRADSHAW, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. Advances in Genetics 13:115-155.
- CARTWRIGHT, H.N., BAUCOM, C., SINGH, P., SMITH, K.L. & STAPLETON, A.E. 2001. Intraspecific comparisons reveal differences in the patterns of ultraviolet radiation responses in four maize (*Zea mays* L.) varieties. Journal of Photochemistry and Photobiology 62(1-2)88-96.
- CLARKE, G.M., OLDROYD, B.O. & HUNT, P. 1992. The genetic basis of developmental stability in *Apis mellifera*: heterozigosity versus genetic balance. Evolution 46:753-762.
- COSTA, A.A. & ARAÚJO, G.M. 2001. Comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. Acta Botanica Brasilica 15(1):63-72.
- EGGERT, A.K. & SAKALUK, S.K. 1994. Fluctuating asymmetry and variation in the size of courtship food gifts in decorated crickets. American Naturalist 144:708-716.
- EVANS, A.S. & MARSHALL, M. 1996. Developmental instability in *Brassica campestris* (Cruciferae): fluctuating asymmetry of foliar and floral traits. Journal of Evolutionary Biology 9:717-736.
- FALCONER, D.S. 1989. Introduction to quantitative genetics. Longman Scientific & Technical, New York.

- FREEMAN, D.C., GRAHAM, J.H. & EMLLEN, J.M. 1993. Developmental stability in plants: symmetries, stress and epigenesis. *Genetica* 89:97-119.
- FURLEY, P.A. & RATTER, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15:97-108.
- GOODLAND, R.J. & POLLARD, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology* 61:219-224.
- GOODLAND, R.J. 1979. Análise ecológica da vegetação do Cerrado. *In Ecologia do cerrado*. (R.J. Goodland & M.G. Ferri, eds.). Itatiaia, Belo Horizonte; EDUSP, São Paulo, p.61-162.
- HLWATIKA, C.N.M. & BHAT, R.B. 2002. An ecological interpretation of the difference in leaf anatomy and its plasticity in contrasting tree species in Orange Kloof, Table Mountain, South Africa. *Annals of Botany London* 89(1):109-114.
- HUETHER, C.A. 1969. Constancy of the pentamerous corolla phenotype in natural populations of *Linanthus*. *Evolution* 23:572-588.
- LERNER, I.M. 1954. Genetic homeostasis. Oliver Boyd, Edinburgh.
- LOPES, A.S. & COX, F.R. 1977. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. *Agronomy Journal* 69:828-831.
- MARKOW, T.A. 1995. Evolutionary ecology and developmental instability. *Annual Review of Entomology* 40:105-120.
- MARTIN, B. & SUTHERLAND, E.K. 1990. Air pollution in the past recorded in width and stable isotope composition of annual growth rings of douglas-fir. *Plant, Cell and Environment* 13:839-844.
- MATHER, K. 1953. Genetic control of stability in development. *Heredity* 7:297-336.
- MOGIE, M. & COUSINS, M. 2001. Are sample sizes usually at least an order of magnitude too low for reliable estimates of leaf asymmetry? *Journal of Theoretical Biology* 211(2):181-185.

- MOLLER, A.P. 1995. Leaf-mining insects and fluctuating asymmetry in elm *Ulmus glabra* leaves. *Journal of Animal Ecology* 64:697-707.
- MOLLER, A.P. & SWADDLE, J.P. 1997. *Asymmetry, developmental stability, and evolution*. Oxford University Press, New York.
- MOLLER, A.P. & SHYKOFF, J.A. 1999. Morphological developmental stability in plants: patterns e causes. *International Journal of Plant Sciences* 160(6):135-146.
- NIMER, E. & BRANDÃO, A.M.P.M. 1989. *Balanço hídrico e clima da região dos cerrados*. IBGE, Rio de Janeiro.
- PALMER, A.R. 1996. Waltzing with asymmetry. *Bioscience* 46:518-530.
- PALMER, A.R. & STROBECK, C. 1986. Fluctuating asymmetry: measurement analysis, patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:391-421.
- PARSONS, P.A. 1990. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biological Review* 65:131-145.
- PARSONS, P.A. 1991. Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. *Heredity* 68:361-364.
- PAXMAN, G.J. 1956. Differentiation and stability in the development of *Nicotina rustica*. *Annual of Botany* 20:331-347.
- PERFECTTI, F. & CAMACHO, J.P.M. 1999. Analysis of genotypic differences in developmental stability in *Annona cherimona*. *Evolution* 53(5):1396-1405.
- PINHEIRO-FILHO, D. 1999. *Estudo de silício e de alumínio no sistema solo-planta em espécies lenhosas do cerrado, no município de Araguari, MG*. Monografia de bacharelado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- RAMOS, M.V.V. 1997. *Caracterização de uma transição floresta-cerrado numa topossequência íngreme com substrato basáltico no Triângulo Mineiro*. Monografia de bacharelado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

- ROTH, I. 1990. Leaf structure of a Venezuelan cloud forest in relation to the microclimate. Gebrüdes Borntraeger, Berlin.
- ROWE, L., REPASKY, R.R. & PALMER, R. 1997. Size-dependent asymmetry: fluctuating asymmetry versus antisymmetry and its relevance to condition-dependent signaling. *Evolution* 51:1401-1408.
- SAKAI, K.I. & SHIMAMOTO, Y. 1965. Developmental instability in leaves and flowers of *Nicotiana tabacum*. *Genetics* 51:801-813.
- SCHIAVINI, I. & ARAÚJO, G.M. 1989. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). *Sociedade & Natureza* 1:61-66.
- SHERZHUKOVA, L.V., KRIVTSOVA, A.N., MELUZOVA, M.I. & MISHALENKOVA, Y.N. 2002. Estimation of developmental stability of small-leaved lime on reserved and urbanized territories. *Ontogenez* 33(1):16-18.
- SIKKAMÄKI, P. & LAMMI, A. 1998. Fluctuating asymmetry in central and marginal populations of *Lychnis viscaria* in relation to genetic and environmental factors. *Evolution* 52(5):1285-1292.
- SWADDLE, J.P., WHITTER, M.S. & CUTHILL, I.C. 1994. The analysis of fluctuating asymmetry. *Animal Behavior* 48:986-989.
- THODAY, J.M. 1958. Homeostasis in a selection experiment. *Heredity* 12:401-414.
- VAN VALEN, L. 1962. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution* 16:125-142.
- WILKINSON, L. 1999. *Systat for Windows*. SPSS Inc., Chicago.
- WILSEY, B.J. & SALONIEMI, I. 1999. Leaf fluctuating asymmetry in tree-line mountain birches, *Betula pubescens* ssp. *tortuosa*: genetic or environmental influenced? *Oikos* 87(2):341-345.
- ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall Inc., New Jersey.

CAPÍTULO 3

**Aspectos reprodutivos de *Matayba guianensis*
Aubl. (Sapindaceae) e *Miconia fallax* DC.
(Melastomataceae) entre uma área de cerrado
sentido restrito e uma de cerradão no
Triângulo Mineiro**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo comparar alguns caracteres reprodutivos de *Matayba guianensis* Aubl. e *Miconia fallax* DC. em uma área de cerrado sentido restrito e uma de cerradão. Os caracteres analisados foram: peso dos frutos, número de sementes por fruto, peso das sementes e peso do arilo (este último somente para *M. guianensis*). Na área de cerradão, *Miconia fallax* apresentou frutos com maior biomassa e contendo sementes também com maior biomassa, porém em menor número, se comparados aos da área de cerrado sentido restrito. *Matayba guianensis* apresentou arilos significativamente mais pesados no cerrado sentido restrito, enquanto que os demais caracteres não diferiram entre os dois locais de coleta. Em *M. fallax* percebe-se, claramente, a ocorrência de *trade-offs* entre tamanho e número de sementes. A adoção de diferentes estratégias reprodutivas para esta espécie, nas áreas estudadas, sugere ser o cerradão um ambiente mais competitivo e menos desfavorável que o cerrado sentido restrito. A maior biomassa do arilo das sementes de *M. guianensis* que se desenvolveram na área de cerradão deve estar, provavelmente, associada à dispersão, que é feita por aves. Como arilos de sementes são ricos em nutrientes, constituem-se, certamente, em elementos importantes para a dieta desses animais.

INTRODUÇÃO

Plasticidade fenotípica refere-se à habilidade de um organismo alterar sua fisiologia, morfologia ou desenvolvimento, em resposta a variações ambientais (Bradshaw 1965). Devido ao seu sistema de nutrição, plantas são organismos sésseis e incapazes de se locomover, sendo obrigadas a suportar as condições locais, além das flutuações climáticas que podem ocorrer no decorrer do tempo (Bradshaw 1965). Conseqüentemente, a plasticidade fenotípica se torna uma ferramenta importante na adaptação de plantas (Scheiner & Callahan 1999).

Dentre as muitas variáveis ambientais que podem agir sobre as plantas e interferir na produção de sementes estão o nível de nutrientes no solo (Aarsen & Burton 1990, Sills & Nienhuis 1995), temperatura (Alexander & Wulff 1985, Wulff 1986), estresse hídrico (Sawhney & Naylor 1982, Meckel *et al.* 1984), fotoperíodo (Cook 1975) e herbivoria (Crawley & Nachapong 1985). Esses fatores ambientais podem influenciar no tamanho das sementes, no seu número, ou em ambos (Sills & Nienhuis 1995). De modo geral, plantas que crescem em solos mais ricos em nutrientes ou em condições mais adequadas produzem progênie com sementes maiores, que geralmente apresentam maior taxa de germinação e crescimento e maior habilidade competitiva (Sills & Nienhuis 1995, Geritz *et al.* 1999). Deste modo, sementes e outras estruturas reprodutivas estão claramente ligadas à aptidão (Perfectti & Camacho 1999).

O Cerrado, que ainda ocupa boa parte do Planalto Central Brasileiro, é um complexo vegetacional com uma grande variedade de fisionomias, englobando formações florestais, savânicas e campestres. Este bioma é caracterizado por clima não muito variável, marcado por estação seca bem definida (Nimer & Brandão 1989), e por apresentar grande variação edáfica

quanto à textura, fertilidade e composição mineral, que influencia no aspecto geral da vegetação (Goodland & Pollard 1973, Lopes & Cox 1977, Furley & Ratter 1988).

Espera-se, portanto, que o investimento em número ou biomassa de sementes de uma mesma espécie de planta em dois ambientes fitofisionômicos distintos do Cerrado seja diferenciada em decorrência de fatores do meio. Entretanto, pouco se sabe sobre este tipo de estratégia na produção de sementes nas savanas neotropicais (Perez & Santiago 2001).

Este trabalho teve como objetivo comparar o número de sementes, peso de sementes e de frutos das espécies *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) e *Miconia fallax* DC. (Melastomataceae) em uma área de cerrado sentido restrito e uma de cerradão.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

A área 1 dista cerca de 35 km do perímetro urbano de Araguari (18°38' S e 48°11' W - 927 m de altitude) e situa-se à margem da Rodovia Estadual MG 223, que liga os municípios de Araguari e Tupaciguara. Constitui-se de uma vegetação de cerrado sentido restrito, sobre terreno plano, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico textura muito argilosa (M.V.V. Ramos, D. Pinheiro-Filho, dados não publicados). De acordo com Nimer & Brandão (1989), a região é caracterizada por um clima muito úmido, com grande excedente hídrico de novembro a abril (787 mm) e precipitação média anual em cerca de 1610 mm. Apesar da estação de deficiência de chuvas ser de cinco meses (maio a setembro), a redução da evapotranspiração potencial nessa época não permite grandes déficits de água para as plantas, sendo estes apenas moderados (120 mm). Os solos permanecem com razoável umidade armazenada, até mesmo na estação de chuvas escassas. A temperatura média anual é de 20,3 °C.

A área 2 situa-se na Estação Ecológica do Panga (19°10' S e 48°23' W- 800 m de altitude) e localiza-se a cerca de 30 km ao sul da sede do município de Uberlândia, MG. A distância entre os dois locais de coleta é de aproximadamente 90 km. A amostragem foi realizada em ambiente de cerradão localizado em terreno plano, sobre LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico textura média, profundo, bem drenado. O clima da região é do tipo Aw (segundo a classificação de Köppen), com verão quente e úmido e inverno frio e seco (Schiavini & Araújo 1989). Segundo Nimer & Brandão (1989), a precipitação pluviométrica é insuficiente de abril a setembro, começando a chover com mais frequência somente em outubro, quando a necessidade das plantas é suprida, porém, sem haver excedente hídrico. Abril é normalmente

caracterizado por grande declínio de precipitação, porém, como os solos estão plenos de umidade estocada durante a estação chuvosa, não há carência de água para as plantas. O balanço hídrico torna-se marcadamente negativo somente em agosto e setembro, quando o déficit de água para cada mês é de 50 mm, aproximadamente. De dezembro a março há um grande excedente hídrico (418 mm em média) e a precipitação média anual é mantida em cerca de 1438 mm. A temperatura média anual é de 22,9 °C e no inverno a temperatura se mantém relativamente alta (19 a 20 °C).

Período de coleta

Os frutos de *Miconia fallax* foram coletados no mês de dezembro de 2001 e os de *Matayba guianensis* nos meses de janeiro e fevereiro de 2002.

Espécies estudadas

Matayba guianensis Aubl. (Sapindaceae) é uma espécie de porte arbustivo ou arbóreo (6 a 10 m de altura), sendo popularmente conhecida como camboatá, camboatã, camboatá-branco, mataíba, batabaíba, cuvantã, jatuá-uba, jatuá-iba, atou-aou, tou-aou ou pau-da-digestão. Suas folhas são pecioladas, abruptamente pinadas, com o comprimento variando entre 15 e 35 cm. Os folíolos podem ser rudimentares no ápice, com número variando entre dois e doze, sendo peciolados, glabros de ambos os lados ou pilosos por baixo e apresentando formato muito variável, porém freqüentemente elíptico. As inflorescências se apresentam em panículas axilares, com flores brancas ou verde amareladas de 2 a 4 mm de comprimento. Os seus frutos são cápsulas trigono-subglobosas, um pouco verrugosas, glabras externamente e tomentosas internamente, apresentando até 2 cm de comprimento (Reitz 1980). Esta espécie floresce no período de agosto a dezembro e frutifica até o mês de maio (Guarin Neto 1994).

Miconia fallax DC. (Melastomataceae) é uma espécie arbustiva (0,8 a 1,5 m de altura) e apresenta folhas simples, sésseis ou com pecíolos muito curtos; lâmina discolor, oval ou oval-

oblonga, ápice obtuso, base arredondada a cordada, margem inteira, face adaxial glabra, face abaxial tomentosa. As flores são pentâmeras e o hipanto tem cerca de 3 mm. Inicialmente as pétalas e os filetes são brancos e as anteras amarelas e após a polinização os filetes se tornam avermelhados. O fruto é do tipo baga e apresenta coloração púrpura escura a nigrecente. A floração e a frutificação acontecem principalmente entre os meses de setembro e novembro (Romero 1996).

Variáveis analisadas

Os caracteres utilizados para comparação entre as duas áreas de estudo foram: peso dos frutos, número de sementes por fruto, peso das sementes e peso do arilo (este último somente para *M. guianensis*). Em cada comunidade vegetal, foram amostrados aleatoriamente 100 frutos de cada uma das duas espécies, sendo coletados 10 frutos em 10 indivíduos diferentes. Somente foram utilizados frutos não parasitados e plenamente maduros. Para padronizar o grau de maturação, foram utilizados frutos de *M. fallax* que já haviam adquirido coloração enegrecida e frutos recém abertos de *M. guianensis*, caracterizados por estarem com a casca hidratada e ainda não retraída. Após a coleta, os frutos foram acondicionados em pequenos sacos plásticos e transportados para um laboratório, onde todas as pesagens foram feitas utilizando-se uma balança analítica (precisão 0,0001 g). Em seguida, os frutos foram abertos e tiveram suas sementes também pesadas e contadas. Em *M. guianensis* também foi obtido o peso individual de cada arilo, subtraindo o peso da semente sem seu arilo do peso da semente com o arilo ainda aderido a ela. Uma vez que as sementes de *M. fallax* eram muito pequenas, optou-se pela pesagem por lotes, sendo calculado, posteriormente, o peso médio das sementes por fruto.

Análise estatística

As distribuições das variáveis obtidas foram submetidas ao teste Lilliefors para verificar se eram normais (Sokal & Rohlf 1995, Wilkinson 1999). Baseado nos resultados deste pré-teste,

optou-se pelo uso de estatística não-paramétrica para todas as variáveis (anexos 6A e 7A). Diferenças entre as áreas estudadas foram obtidas utilizando-se o teste de Mann-Whitney (Zar 1984). As correlações entre as variáveis obtidas por área de coleta foram verificadas utilizando o teste de correlação de Spearman. Os coeficientes de correlação foram comparados, aos pares, por teste Z (Zar 1984). Os testes estatísticos foram conduzidos em computador, usando o programa SYSTAT® para Windows® versão 9.00 (Wilkinson 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram verificadas diferenças significativas entre as duas áreas estudadas para todos os caracteres analisados na espécie *M. fallax* (tabela 3.1). Na área de cerradão, foram observados frutos com maior biomassa e contendo sementes também com maior biomassa, porém em menor número, se comparados aos da área de cerrado sentido restrito (figura 3.1). Os índices de correlação foram significativos entre peso do fruto e peso médio das sementes, no cerrado sentido restrito, e entre peso do fruto e número de sementes, nas duas áreas de coleta (tabela 3.2). Entretanto, não foram constatadas diferenças entre os coeficientes de correlação obtidos em cada área de coleta.

Com relação a *M. guianensis*, não foram detectadas diferenças significativas entre os dois ambientes quanto ao número de sementes por fruto, peso dos frutos e peso das sementes (tabela 3.3). Entretanto, o peso do arilo foi significativamente maior na área de cerrado sentido restrito (figura 3.2). Os coeficientes de correlação entre caracteres variaram entre as áreas, diferindo significativamente na relação entre peso do fruto e número de sementes; peso de sementes e número de sementes; número de sementes e peso dos arilos (tabela 3.4).

Nota-se, portanto, que as duas espécies apresentaram diferentes padrões de variação respondendo de modo distinto às condições do meio. Em *M. fallax* percebe-se, claramente, a ocorrência de *trade-offs* entre tamanho e número de sementes. *Trade-offs*, neste caso, representam mecanismos compensatórios de investimento energético em estruturas ou unidades reprodutivas, que ocorrem em nível individual. Ecótipos que produzem maior número de sementes, porém, com menor biomassa têm maior sucesso adaptativo em condições adversas, uma vez que esta estratégia aumenta as chances de estabelecimento de cada unidade reprodutiva,

por lote de produção ou evento de frutificação. Contrariamente, investimento em biomassa, compensado pela redução do número de sementes por fruto, é uma estratégia mais freqüente em ambientes favoráveis e com maior grau de saturação de espécies, onde a competição por sítios de germinação é maior (Geritz *et al.* 1999, De Nobrega & Leon 2000, Leishman & Murray 2001, Arntz *et al.* 2002).

Segundo Leishman (2001), a estrutura de comunidades é fortemente influenciada por *trade-offs* entre número e tamanho de sementes, por refletirem não só o grau de competição, mas também as adversidades e instabilidades ambientais. A adoção de diferentes estratégias reprodutivas por *M. fallax*, quanto ao número e biomassa de sementes, nas áreas estudadas, sugere ser o cerradão um ambiente mais competitivo e mais favorável que o cerrado sentido restrito para essa espécie.

Respostas plásticas no número e biomassa de sementes já foram registradas em *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn (Meliaceae) (Fuzeto & Lomônaco 2000) e *Eugenia calycina* Camp. (Myrtaceae) (Cardoso & Lomônaco 2003) em uma área de transição cerrado-vereda, que também apresentou *trade-offs* para o número e peso de sementes. Em *C. canjerana*, plantas maiores apresentaram frutos com maior biomassa, mas o peso e o número de sementes não variaram (Fuzeto & Lomônaco 2000).

Baker (1972) relacionou redução da quantidade e aumento do tamanho das sementes com nível de estresse causado pela disponibilidade hídrica, intensidade luminosa e competição do ambiente. Em solos mais ricos em fósforo, a espécie *Senecio vulgaris* (L.) Hayeck (Compositae) desenvolveu sementes maiores (Arsen & Burton 1990). Maior quantidade de nutrientes no solo resultaram em sementes e plantas maiores em *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae) (Sills & Nienhuis 1995). Gilbert *et al.* (2001) verificaram para *Ocotea whitei* Wood. (Lauraceae), numa floresta do Panamá, influências do clima (seca provocada pelo *El Niño*) e da competição (distância do vizinho mais próximo) no tamanho de sementes.

Entretanto, o tamanho e número de sementes são primariamente determinados genotipicamente (Daehler *et al.* 1999), e complexas interações gênicas definem não somente o tamanho e o número de sementes como também seu padrão de desenvolvimento. Em *Acacia caven* (Moll.) (Fabaceae), por exemplo, a maturação de frutos ocorre seletivamente, priorizando aqueles considerados mais vigorosos, por conterem mais sementes (Torres *et al.* 2002).

Embora *M. guianensis* não tenha apresentado variabilidade entre áreas na maioria das características reprodutivas analisadas, alterou significativamente o seu hábito, sendo um arbusto na área de cerrado e uma árvore na área de cerradão (capítulo 1). Suas folhas também foram mais alongadas e maiores na área de cerradão. A maior biomassa do arilo das sementes de plantas que se desenvolveram na área de cerrado sentido restrito deve estar provavelmente associada à dispersão, que é feita por aves (Com. Pes. A. Franchin). Como os arilos de sementes são ricos em nutrientes, constituem-se, certamente, em elementos importantes para a dieta desses animais (Trainer & Will 1984).

É interessante verificar que o maior investimento em biomassa de arilos na área de cerrado sentido restrito refletiu-se sobre os índices de correlação obtidos em cada área entre esta variável e o número de sementes: a correlação negativa e significativa ocorrida na área de cerrado sentido restrito não foi verificada na área de cerradão. Entretanto, como não ocorreu em nenhum caso mudança de sinal no coeficiente de correlação de uma área para outra, pode-se supor que a diferença significativa encontrada por comparação foi devida ao aumento da variabilidade, possivelmente gerada por plasticidade fenotípica.

Espécies co-ocorrendo em dois ambientes, como *M. fallax* e *M. guianensis*, apresentam diferentes padrões de variação das estruturas reprodutivas em cada ambiente. Tais variações provavelmente se relacionam com o aumento da dispersão e/ou da aptidão das sementes, contribuindo para a manutenção dessas espécies nestes habitats e para a colonização de novas áreas.

Tabela 3.1. Comparação das variáveis reprodutivas analisadas em *Miconia fallax* na área de cerrado (sentido restrito) e de cerradão. A diferenciação foi obtida pelo emprego do teste de Mann-Whitney. S = desvio padrão; N = 100. Valores em negrito indicam diferenças significativas entre as áreas.

Caracteres analisados	Cerrado	Cerradão	U	P
	Média ± S	Média ± S		
Peso dos frutos (mg)	321,99 ± 68,75	369,90 ± 94,42	3361,50	<0,0001
Nº de sementes	67,69 ± 9,21	56,18 ± 9,05	8254,00	<0,0001
Peso médio das sementes (mg)	0,27 ± 0,03	0,34 ± 0,07	1605,00	<0,0001

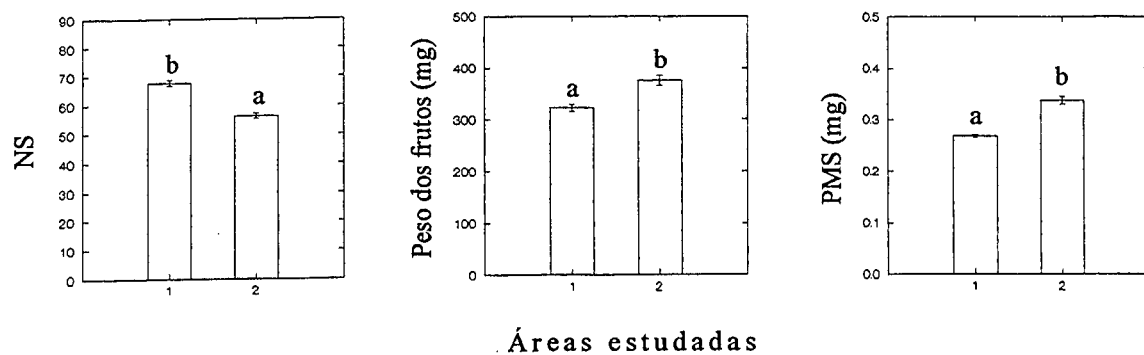


Figura 3.1. Média (\pm erro padrão) das variáveis analisadas em *Miconia fallax* em duas comunidades vegetais. Área 1: cerrado (sentido restrito); Área 2: cerradão; NS: número de sementes por fruto; PMS: peso médio das sementes. Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Mann-Whitney.

Tabela 3.2. Correlações entre alguns caracteres reprodutivos de *Miconia fallax* em duas áreas amostradas. Os coeficientes de correlação foram comparados, aos pares, por teste Z. N = 100. Valores em negrito indicam diferenças significativas.

Medidas avaliadas	Cerrado		Cerradão		Z	P
	r_s	P	r_s	P		
Peso do fruto vs. Nº de sementes	0,322	<0,002	0,304	<0,005	0,132	>0,05
Peso do fruto vs. Peso médio das sementes	0,253	<0,02	0,059	>0,05	1,390	>0,05
Peso médio das sementes vs. Nº de sementes	-0,069	>0,05	-0,144	>0,05	0,529	>0,05

Tabela 3.3. Comparação das variáveis reprodutivas analisadas em *Matayba guianensis* na área de cerrado (sentido restrito) e de cerradão. A diferenciação foi obtida pelo emprego do teste de Mann-Whitney. S = desvio padrão; N= tamanho da amostra. Valores em negrito indicam diferenças significativas entre as áreas.

Caracteres analisados	Cerrado	Cerradão	U	P
	Média ± S N	Média ± S N		
Peso dos frutos (g)	1,45 ± 0,48 100	1,37 ± 0,43 100	5480,50	0,240
Nº de sementes	1,93 ± 0,76 100	1,84 ± 0,77 100	5330,50	0,388
Peso das sementes (g)	0,19 ± 0,06 193	0,20 ± 0,06 185	16754,50	0,301
Peso dos arilos (g)	0,10 ± 0,03 193	0,09 ± 0,02 185	21297,50	0,001

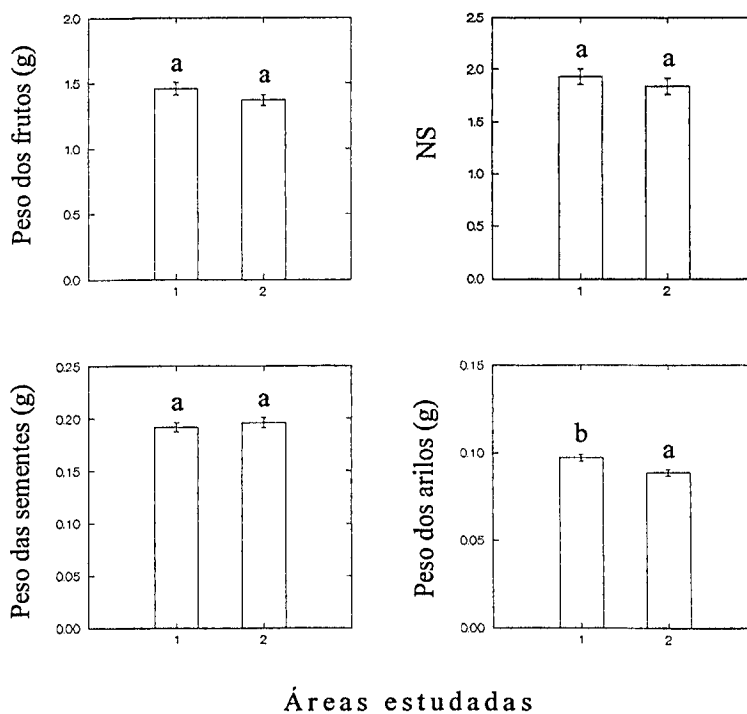


Figura 3.2. Média (\pm erro padrão) das variáveis analisadas em *Matayba guianensis* em duas comunidades vegetais. Área 1: cerrado (sentido restrito); Área 2: cerradão; NS: número de sementes por fruto; Letras diferentes indicam diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Mann-Whitney.

Tabela 3.4. Correlações entre alguns caracteres reprodutivos de *Matayba guianensis* em duas áreas amostradas. N = 100. Valores em negrito indicam diferenças significativas.

Medidas avaliadas	Cerrado		Cerradão		Z	P
	r_s	P	r_s	P		
Peso do fruto vs. Nº de sementes	0,757	<0,001	0,598	<0,001	2,084	<0,05
Peso do fruto vs. Peso médio das sementes	-0,004	>0,05	0,236	<0,02	-1,699	>0,05
Peso do fruto vs. Peso médio dos arilos	0,193	>0,05	0,140	>0,05	0,376	>0,05
Peso médio das sementes vs. Nº de sementes	-0,541	<0,001	-0,123	>0,05	-3,358	<0,05
Peso médio dos arilos vs. Nº de sementes	-0,284	<0,005	0,085	>0,05	-2,628	<0,05
Peso médio das sementes vs. Peso médio dos arilos	0,589	<0,001	0,524	<0,001	0,655	>0,05

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AARSSSEN, L.W. & BURTON, S.M. 1990. Maternal effects at four levels of *Senecio vulgaris* (Asteraceae) grown on a soil nutrient gradient. *American Journal of Botany* 77:1231-1240.
- ALEXANDER, H.M. & WULFF, R. 1985. Experimental ecological genetics in *Plantago*. X. The effects of maternal temperature on seed and seedling characters in *P. lanceolata*. *Journal of Ecology* 73:271-282.
- ARNTZ, A.M., VOZAR, E.M. & DELPH, L.F. 2002. Serial adjustments in allocation to reproduction: effects of photosynthetic genotype. *International Journal of Plant Science* 163(4):591-597.
- BAKER, H.G. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* 53(6):997-1010.
- BRADSHAW, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13:115-155.
- CARDOSO, G.L. & LOMÔNACO, C. 2001. Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em um área de transição cerrado-vereda. *Revista Brasileira de Botânica* 26(1):131-140.
- COOK, R.E. 1975. The photoinductive control of seed weight in *Chenopodium rubrum* L. *American Journal of Botany* 62:427-431.
- CRAWLEY, M.J. & NACHAPONG, M. 1985. The establishment of seedling from primary and regrowth seeds of ragwort (*Senecio jacobea*). *Journal of Ecology* 73:255-261.

- DAEHLER, C.C., YORKSTON, M., SUN, W. & DUDLEY, N. 1999. Genetic variation in morphology and growth characters of *Acacia koa* in the Hawaiian Islands. *International Journal of Plant Sciences* 160(4):767-773.
- DE NOBREGA, J.R. & LEON, J.A. 2000. Efectos del costo en supervivencia de la reproducción sobre el tamaño adaptativo de las semillas. *Ecotropicos Caracas* 13(2):61-66.
- FURLEY, P.A. & RATTER, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15:97-108.
- FUZETO, A.P. & LOMÔNACO, C. 2000. Potencial plástico de *Cabralea cajerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e seu papel na formação de ecótipos em área de cerrado e vereda, Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 23:169-176.
- GERITZ, S.A.H., VAN DER M.E. & METZ, J.A.J. 1999. Evolutionary dynamics of seed size and seedling competitive ability. *Theoretical Population Biology* 55(3):324-343.
- GILBERT, G.S., HARMS, K.E., HAMILL, D.N. & HUBBELL, S.P. 2001. Effects of seedling size, EL Niño drought, seedling density, and distance to nearest conspecific adult on 6-year survival of *Ocotea whitei* seedling in Panama. *Oecologia Berlin* 127(4):509-516.
- GOODLAND, R.J. & POLLARD, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology* 61:219-224.
- GUARIN NETO, G. 1994. Sapindaceae. *In* Flora dos Estados de Goiás e Tocantins. Editora da UFG, Goiânia, p.-.
- LEISHMAN, M.R. 2001. Does the seed size/number trade-off model determine plant community structure? An assessment of the model mechanisms and their generality. *Oikos* 93(2):294-302.
- LEISHMAN, M.R. & MURRAY, B.R. 2001. The relationship between seed size and abundance in plant communities: model predictions and observed patterns. *Oikos* 94(1):151-161.
- LOPES, A.S. & COX, F.R. 1977. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. *Agronomy Journal* 69:828-831.

- MECKEL, L., EGLI, D.B., PHILLIPS, D.R.E., RADCLIFFE, D. & LEGGET, J.E. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. *Agronomy Journal* 76:647-650.
- NIMER, E. & BRANDÃO, A.M.P.M. 1989. Balanço hídrico e clima da região dos cerrados. IBGE, Rio de Janeiro.
- PEREZ, E.M. & SANTIAGO, E.T. 2001. Dinamica estacional del banco de semillas en una sabana en los llanos centro-orientales de Venezuela. *Biotropica* 33(3):435-446.
- PERFECTTI, F. & CAMACHO, J.P.M. 1999. Analysis of genotypic differences in developmental stability in *Annona cherimona*. *Evolution* 53(5):1396-1405.
- PINHEIRO-FILHO, D. 1999. Estudo de silício e de alumínio no sistema solo-planta em espécies lenhosas do cerrado, no município de Araguari, MG. Monografia de bacharelado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- RAMOS, M.V.V. 1997. Caracterização de uma transição floresta-cerrado numa topossequência íngreme com substrato basáltico no Triângulo Mineiro. Monografia de bacharelado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- REITZ, R. 1980. Sapindáceas. In *Flora Ilustrada Catarinense* (R. Reitz, ed.), Itajaí, p.-.
- ROMERO, R. 1996. A família Melastomataceae na Estação Ecológica do Panga, Município de Uberlândia, MG. *Hoehnea* 23(1):147-168.
- SAWHNEY, R. & NAYLOR, J.M. 1982. Dormancy studies in seed of *Avena fatua*. 13. Influence of drought stress during seed development on duration of seed dormancy. *Canadian Journal of Botany* 60:1016-1020.
- SCHEINER, S.M. & CALLAHAN, H.S. 1999. Measuring natural selection on phenotypic plasticity. *Evolution* 53(6):1704-1713.
- SCHIAVINI, I. & ARAÚJO, G.M. 1989. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). *Sociedade & Natureza* 1:61-66.

- SILLS, G.R. & NIENHUIS, J. 1995. Maternal phenotypic effects due to soil nutrient levels and sink removal in *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae). *American Journal of Botany* 82(4):491-495.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Freeman, New York.
- STEBBINS, G.L. 1950. *Variation and evolution in plants*. Columbia University Press, New York.
- TORRES, C., EYNARD, M.C., AIZEN, M.A. & GALETTO, L. 2002. Selective fruit maturation and seedling performance in *Acacia caven* (Fabaceae). *International Journal of Plant Sciences* 163(5):809-813.
- TRAINER, J.M. & WILL, T.C. 1984. Avian methods of feeding on *Bursera simaruba* (Burseraceae) fruits in Panama. *Auk* 101:193-195.
- WILKINSON, L. 1999. *Systat for Windows*. SPSS Inc., Chicago.
- WULFF, R.D. 1986. Seed size variation in *Desmodium paniculatum*. I. Factors affecting seed size variability. *Journal of Ecology* 74:87-97.
- ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey.

CONCLUSÃO GERAL

- As variações fenotípicas observadas nas oito espécies estudadas devem estar ocorrendo como um meio de aumentar a captação de luz. Deste modo, esta plasticidade nos caracteres analisados pode ser considerada adaptativa, por estar contribuindo para a estabilidade funcional destas plantas.
- A AF em folhas não parece ser um bom índice de monitoramento de estresse nutricional edáfico. Tamanho e forma das folhas são primariamente influenciados pela intensidade luminosa como resposta adaptativa às funções fotossintéticas. Efeitos do estresse causado por carência de nutrientes no solo estariam influenciando, de modo mais efetivo, outros caracteres vegetativos.
- Espécies co-ocorrendo em dois ambientes, como *M. fallax* e *M. guianensis*, apresentam diferentes padrões de variação das estruturas reprodutivas em cada ambiente. Tais variações provavelmente se relacionam com o aumento da dispersão e/ou da aptidão das sementes, contribuindo para a manutenção dessas espécies nestes habitats e para a colonização de novas áreas.
- Em *M. fallax* percebe-se, claramente, a ocorrência de *trade-offs* entre tamanho e número de sementes nas áreas estudadas. A adoção de diferentes estratégias reprodutivas para

esta espécie sugere ser o cerradão um ambiente mais competitivo e menos desfavorável que o cerrado sentido restrito para essa espécie.

- A maior biomassa do arilo das sementes de *M. guianensis* que se desenvolveram na área de cerrado sentido restrito deve estar provavelmente associada à sua síndrome de dispersão, que é feita por aves. Como os arilos de suas sementes são ricos em nutrientes, constituem-se, certamente, em elementos importantes para a dieta desses animais.

ANEXOS

	Página
Anexo 1A – Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos ao índice foliar (razão entre comprimento e largura do limbo) de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerradão (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito.....	88
Anexo 2A – Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos ao comprimento do pecíolo de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerradão (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito.....	89
Anexo 3A – Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos à área foliar de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerradão (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito.....	90
Anexo 4A – Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos à altura de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerradão (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito....	91

- Anexo 5A** - Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos à assimetria flutuante de folhas de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerradão (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito..... 92
- Anexo 6A** - Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos às variáveis analisadas em *Miconia fallax* na área de cerrado (sentido restrito) e de cerradão. Distribuições não-normais marcadas em negrito..... 93
- Anexo 7A** - Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos às variáveis analisadas em *Matayba guianensis* na área de cerrado (sentido restrito) e de cerradão. Distribuições não-normais marcadas em negrito..... 94

Anexo 1A. Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos ao índice foliar (razão entre comprimento e largura do limbo) de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerradão (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito.

Espécie	Área 1			Área 2			Área 3		
	N	MD	P	N	MD	P	N	MD	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	60	0,07	0,559	60	0,16	0,001	60	0,10	0,113
<i>Byrsonima crassa</i>	60	0,10	0,145	60	0,07	0,668	60	0,10	0,126
<i>Caryocar brasiliense</i>	60	0,12	0,043	60	0,11	0,074	60	0,20	<0,001
<i>Davilla elliptica</i>	60	0,07	0,735	60	0,09	0,193	60	0,08	0,336
<i>Matayba guianensis</i>	60	0,07	0,758	60	-	-	60	0,08	0,398
<i>Miconia fallax</i>	60	0,10	0,102	60	-	-	60	0,13	0,011
<i>Qualea parviflora</i>	60	0,08	0,468	60	0,09	0,240	60	0,15	0,002
<i>Roupala montana</i>	60	0,14	0,004	60	0,11	0,061	60	0,12	0,038

Anexo 2A. Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos ao comprimento do pecíolo de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerradão (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito.

Espécie	Área 1			Área 2			Área 3		
	N	MD	P	N	MD	P	N	MD	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	60	0,09	0,227	60	0,10	0,155	60	0,12	0,045
<i>Caryocar brasiliense</i>	60	0,13	0,017	60	0,07	0,570	60	0,07	0,599
<i>Davilla elliptica</i>	60	0,29	<0,001	60	0,08	0,513	60	0,07	0,681
<i>Matayba guianensis</i>	60	0,05	1,000	60	-	-	60	0,15	0,003
<i>Qualea parviflora</i>	60	0,06	0,846	60	0,07	0,607	60	0,06	0,822
<i>Roupala montana</i>	60	0,15	0,002	60	0,12	0,026	60	0,17	<0,001

Anexo 3A. Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos à área foliar de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerrado (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito.

Espécie	Área 1			Área 2			Área 3		
	N	MD	P	N	MD	P	N	MD	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	60	0,08	0,505	60	0,12	0,037	60	0,06	0,882
<i>Byrsonima crassa</i>	60	0,13	0,009	60	0,08	0,346	60	0,16	<0,001
<i>Caryocar brasiliense</i>	60	0,10	0,117	60	0,09	0,279	60	0,05	1,000
<i>Davilla elliptica</i>	60	0,12	0,029	60	0,14	0,008	60	0,12	0,035
<i>Matayba guianensis</i>	60	0,09	0,191	-	-	-	60	0,10	0,162
<i>Miconia fallax</i>	60	0,10	0,145	-	-	-	60	0,07	0,720
<i>Qualea parviflora</i>	60	0,13	0,011	60	0,09	0,191	60	0,10	0,158
<i>Roupala montana</i>	60	0,08	0,438	60	0,08	0,490	60	0,17	<0,001

Anexo 4A. Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos à altura de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerradão (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito.

Espécie	Área 1			Área 2			Área 3		
	N	MD	P	N	MD	P	N	MD	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	10	0,20	0,298	10	0,37	<0,001	10	0,19	0,423
<i>Byrsonima crassa</i>	10	0,14	1,000	10	0,22	0,200	10	0,22	0,179
<i>Caryocar brasiliense</i>	10	0,19	0,466	10	0,22	0,211	10	0,23	0,142
<i>Davilla elliptica</i>	10	0,15	0,899	10	0,19	0,469	10	0,19	0,410
<i>Matayba guianensis</i>	10	0,17	0,726	10	-	-	10	0,10	1,000
<i>Miconia fallax</i>	10	0,22	0,203	10	-	-	10	0,23	0,167
<i>Qualea parviflora</i>	10	0,22	0,206	10	0,13	1,000	10	0,10	1,000
<i>Roupala montana</i>	10	0,20	0,337	10	0,13	1,000	10	0,26	0,052

Anexo 5A. Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos à assimetria flutuante de folhas de algumas espécies de plantas lenhosas coletadas em três áreas distintas com vegetação de cerrado sentido restrito (Área 1) e de cerradão (Áreas 2 e 3) nos municípios de Uberlândia e Araguari, MG. Distribuições não-normais marcadas em negrito.

Espécie	N	MD	P
<i>Acosmium dasycarpum</i>	180	0,09	0,001
<i>Byrsonima crassa</i>	180	0,15	<0,001
<i>Caryocar brasiliense</i>	180	0,14	<0,001
<i>Davilla elliptica</i>	180	0,14	<0,001
<i>Matayba guianensis</i>	120	0,09	0,010
<i>Miconia fallax</i>	120	0,15	<0,001
<i>Qualea parviflora</i>	180	0,11	<0,001
<i>Roupala montana</i>	180	0,11	<0,001

Anexo 6A. Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos às variáveis analisadas em *Miconia fallax* na área de cerrado (sentido restrito) e de cerradão. Distribuições não-normais marcadas em negrito.

Variáveis	Cerrado			Cerradão		
	N	MD	P	N	MD	P
Peso dos frutos	100	0,06	0,408	100	0,06	0,342
Nº de sementes	100	0,09	0,055	100	0,08	0,135
Peso médio das sementes	100	0,07	0,225	100	0,07	0,225

Anexo 7A. Teste de Lilliefors para verificação da normalidade dos dados relativos às variáveis analisadas em *Matayba guianensis* na área de cerrado (sentido restrito) e de cerradão.

Distribuições não-normais marcadas em negrito.

Variáveis	Cerrado			Cerradão		
	N	MD	P	N	MD	P
Peso dos frutos	100	0,05	0,831	100	0,07	0,176
Nº de sementes	100	0,22	<0,001	100	0,25	<0,001
Peso das sementes	193	0,13	<0,001	185	0,09	<0,001
Peso do arilo	193	0,04	0,573	185	0,08	0,006