

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

RESPOSTA DE ALGUMAS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS  
DO CERRADO A ADUBAÇÃO E CALAGEM

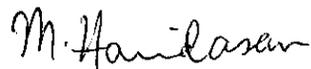
CHRISTIENY DIANESE ALVES DE MORAES

Dissertação apresentada ao Departamento de  
Ecologia da Universidade de Brasília, como  
requisito parcial à obtenção do grau de Mestre  
em Ecologia

Brasília  
1994

Trabalho realizado junto ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do Professor Mundayatan Haridasan, com suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Aprovado por:



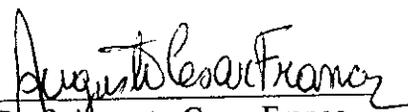
---

Prof. Mundayatan Haridasan  
Orientador



---

Prof.<sup>a</sup> Linda Styer Caldas  
Membro da Banca Examinadora



---

Prof. Augusto Cesar Franco  
Membro da Banca Examinadora

Dedico ao Professor José Carmine Dianese,  
meu pai.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

Ao Prof. Dr. Mundayatan Haridasan, pela orientação e colaboração durante o mestrado.

À banca examinadora, Dr. Augusto C. Franco e Dr<sup>a</sup>. Linda S. Caldas pelas críticas e sugestões.

A todos os professores do curso de Ecologia que sempre se demonstraram prontos e abertos a colaborar neste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Ecologia, Mara Rúbia S. Chaves, pelo auxílio nas análises químicas, e a Aurea Fonseca por toda ajuda prestada.

Aos amigos do curso de ecologia, sempre solidários e prontos a enriquecer este trabalho com novas sugestões, em especial Denize e Mara.

A toda minha família que de perto ou de longe estiveram sempre incentivando e acreditando, especialmente a Heloisa Dianese, minha mãe.

Ao Demóstenes pela compreensão, total apoio, incentivo e amizade durante as várias etapas do curso.

Às minhas filhas, Daniella e Mariana, que me foram sempre a grande motivação para concluir este trabalho.

**ÍNDICE**

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. METODOLOGIA	
3.1. Área de Estudo	10
3.2. Delineamento Experimental	10
3.3. Coleta e Análise de Solo	14
3.4. Coleta e Análise Foliar	15
3.5. Análise Estatística	16
4. RESULTADOS	
4.1. Análise de solo	17
4.2. Análise Foliar	22
5. DISCUSSÃO	
5.1. Análise de solo	38
5.2. Análise Foliar	39
5.2.1. Efeitos da calagem	39
5.2.2. Efeitos da aplicação de NPK	41
5.2.3. Sazonalidade	42
5.2.4. Diferenças entre as espécies	44
6. CONCLUSÕES	46
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
8. ANEXOS	54

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1 - Precipitação mensal na área experimental durante o período de estudo	11
2 - Delineamento experimental da área de estudo	13
3 - Efeito da calagem sobre o pH em água, pH em KCl e disponibilidade de Al no solo	19
4 - Correlação entre os teores de Ca e Al disponíveis no solo	20
5 - Efeito da calagem sobre a disponibilidade de Ca, Mg e Mn no solo	20
6 - Correlação entre os teores de Ca e Mg disponíveis no solo	21
7 - Correlação entre os teores de Ca e Mn disponíveis no solo	21
8 - Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de N nas seis espécies estudadas	23
9 - Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de P nas seis espécies estudadas.	24
10 - Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de K nas seis espécies estudadas	25
11 - Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de Ca nas seis espécies estudadas	26
12 - Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de Mg nas seis espécies estudadas	27
13 - Efeitos da adubação sobre a concentração foliar de N nas seis espécies estudadas	29
14 - Efeitos da adubação sobre a concentração foliar de P nas seis espécies estudadas	30

15 - Efeitos da adubação sobre a concentração foliar de K nas seis espécies estudadas	31
16 - Efeitos da adubação sobre a concentração foliar de Ca nas seis espécies estudadas	32
17 - Efeitos da adubação sobre a concentração foliar de Mg nas seis espécies estudadas	33
18 - Variações nas concentrações foliares de N entre as seis espécies estudadas no período de nov/91 a abr/92	34
19 - Variações nas concentrações foliares de P nas seis espécies estudadas no período de nov/91 a abr/92	35
20 - Variações nas concentrações foliares de K nas seis espécies estudadas no período de nov/91 a abr/92	35
21 - Variações nas concentrações foliares de Ca nas seis espécies estudadas no período de nov/91 a abr/92	36
22 - Variações nas concentrações foliares de Mg nas seis espécies estudadas no período de nov/91 a abr/92	36

**LISTA DE TABELAS**

Tabela	Página
1- Influência da calagem e de fertilizantes sobre o pH em água, pH em KCl e a disponibilidade de Al em um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado.	57
2- Influência da calagem e de fertilizantes sobre a disponibilidade de N, P e K de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação nativa do cerrado	58
3- Influência da calagem e de fertilizantes sobre a disponibilidade de Ca e Mg de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação nativa de cerrado	59
4- Influência da calagem e de fertilizantes sobre a disponibilidade de Fe, Mn e Cu de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação nativa do cerrado	60
5- Influência da calagem e de fertilizantes sobre a disponibilidade de Zn e o teor de matéria orgânica em Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação nativa do cerrado	61
6- Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em <i>Dimorphandra mollis</i>	62
7- Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em <i>Didymopanax macrocarpum</i>	63
8- Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em <i>Dalbergia violacea</i>	64
9- Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em <i>Ouratea hexasperma</i>	65
10- Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em <i>Roupala montana</i>	66
11- Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em <i>Stryphnodendron adstringens</i>	67
12- Valores médios das concentrações foliares dos macronutrientes nas espécies estudadas	68

**13 - Valores médios das concentrações foliares dos micronutrientes nas espécies estudadas**

## RESUMO

Este estudo foi desenvolvido na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília (DF), num cerrado "sensu stricto" sobre Latossolo Vermelho Escuro, com o objetivo de verificar os efeitos da adubação e calagem sobre a acumulação de nutrientes nas folhas de seis espécies arbóreas nativas do cerrado, *Dimorphandra mollis*, *Dalbergia violacea*, *Stryphnodendron adstringens*, *Didymopanax macrocarpum*, *Ouratea hexasperma* e *Roupala montana*.

Utilizou-se um delineamento experimental de parcelas subdivididas, com adubação (NPK) como tratamento de parcelas e calagem como tratamento de subparcelas. Foram estabelecidos dois níveis de adubação, com NPK (60 kg/ha de cada elemento; N, P e K) e sem NPK, e quatro níveis de calagem (0; 2.8; 5.6 e 8.4 t/ha). A calagem foi realizada uma única vez, em setembro de 1986, e a adubação, duas vezes, em setembro de 1991 e janeiro de 1992. No presente estudo, foram utilizadas somente as parcelas irrigadas. Fêz-se coletas mensais das folhas das espécies selecionadas em cada subparcela, de novembro de 1991 a abril de 1992. Analisou-se o teor de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al das amostras de folhas coletadas. Fêz-se três coletas de amostras de solo, em novembro/91, janeiro/92 e abril/92, de cada subparcela, das quais analisou-se a disponibilidade dos mesmos nutrientes analisados na folha, além do teor de Al e matéria orgânica e valores de pH em água e em KCl.

A calagem teve como efeitos no solo; o aumento do pH em água e em KCl; o aumento da disponibilidade de cálcio, magnésio e manganês e a diminuição do Al disponível. Com a aplicação de fertilizantes houve aumento nos

níveis de N, P e K e diminuição do pH em água com aumento do teor de Al disponível.

A calagem provocou o aumento no teor de Ca em cinco das seis espécies estudadas. Apenas *R. montana* não apresentou aumento na concentração foliar de Ca com a calagem. Não houve variações significativas nas concentrações foliares de N, P, K e Mg devido à calagem. Em três espécies estudadas, a calagem diminuiu as concentrações foliares de Mn.

Apenas *D. mollis* e *S. adstringens* apresentaram aumento de N nas folhas com a aplicação de fertilizantes. Não houve aumento da concentração foliar de P. Houve aumento da concentração de K em *D. mollis*, *R. montana* e *S. adstringens*. Houve aumento de Ca foliar nas espécies *D. macrocarpum*, *D. violacea* e *S. adstringens* nas parcelas adubadas. As espécies *D. macrocarpum* e *S. adstringens* apresentaram aumento da concentração foliar de Mg. Não houve variações significativas nas concentrações de micronutrientes devido aos fertilizantes.

Verificou-se que as espécies nativas, apesar de adaptadas à baixa fertilidade do solo, são capazes de absorver mais nutrientes se houver uma maior disponibilidade destes no solo. Isto significa que a baixa fertilidade do solo é um fator limitante para o desenvolvimento da vegetação do cerrado.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to determine the effects of fertilizer application and liming on the foliar concentrations of nutrients in six native tree species as part of a larger long term investigation to determine the response of a cerrado vegetation to irrigation, liming and fertilizers. The field experiment was conducted at the Experimental Station of the University of Brasília in Brasília on a well drained dark red latosol (Haplustox). The selected species were *Dimorphandra mollis*, *Dalbergia violacea*, *Stryphnodendron adstringens*, *Didymopanax macrocarpum*, *Ouratea hexasperma* e *Roupala montana*.

A split plot design with four replications was used with irrigation as main plot treatment, fertilizers as sub plot treatment and liming as sub sub plot treatment. Two levels of irrigation during the dry season (nonirrigated and irrigated), two levels of fertilizers (without fertilizers and with two applications of 60 kg.ha<sup>-1</sup> of N, P and K each) and four levels of liming (0, 2.8, 5.6 and 8.4 t.ha<sup>-1</sup>) were used. Liming was applied once in September 1986 and fertilizers were applied in September 1991 and January 1992. Only irrigated plots were utilized in the present study. Leaf samples were collected monthly from November 1991 to April 1992 from one individual of each of the species that occurred in each plot. Foliar concentration of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu and Al were determined. Soil samples were collected in November 1991, January 1992 and April 1992 and analyzed for pH, available nutrients, available Al and organic matter content.

Liming increased soil pH and availability of Ca and Mg and decreased the availability of Al. An increase in the availability of Mn also occurred due to the presence of this element in the lime applied. The application of fertilizers

increased the availability of N, P and K and caused a decrease in soil pH with a increase in available Al.

Liming increased the foliar concentration of Ca in all species except *Roupala montana*. Liming did not affect the foliar concentrations of N, P, K and Mg in any of the species studied. Three species, *Didymopanax macrocarpum*, *Dalbergia violacea* and *Ouratea hexasperma* showed a decrease in foliar concentration of Mn as a result of liming.

Only two of the species, *D. mollis* and *S. adstringens*, showed higher concentrations of N as a result of fertilizer application. Higher foliar concentrations of P were not observed in any of the species. Three species, *D. mollis*, *R. montana* and *S. adstringens* showed higher concentrations of K. Two species, *D. macrocarpum* and *S. adstringens* showed higher concentrations of Mg as a result of fertilizer application. Fertilizer application did not affect the concentrations of Fe, Mn, Zn, Cu or Al in any of the species. These results show that native species vary in their response to higher availability of nutrients in the soil but are capable of increased uptake of applied nutrients. Different nutrients may be limiting for different species.

## 1. INTRODUÇÃO

A região dos Cerrados do Brasil Central é uma área onde há a predominância de solos ácidos e onde a vegetação nativa estabeleceu-se sob condições extremas de carência de nutrientes.

Os problemas mais sérios para a agricultura na região dos cerrados, que tem sido a principal fronteira agrícola no país, são a reconhecida pobreza de nutrientes, a elevada acidez e a saturação de alumínio nos solos (Lopes & Cox, 1977). Devido a estas características, é necessário acrescentar ao solo uma grande quantidade de corretivos e fertilizantes para que com tais medidas o solo adquira condições para o estabelecimento de plantas cultivadas, visando a produção de alimentos. Dessa forma, a agricultura na região requer um custo de produção muito alto, exigindo pesquisas intensivas, no sentido de minimizar estes custos (Malavolta *et al.*, 1977).

A maioria das pesquisas nesta região envolvem tentativas de: (1) entender os mecanismos de tolerância ou resistência de espécies cultivadas a fatores como toxidez de alumínio, baixa fertilidade e seca, (2) estudar as respostas das espécies cultivadas ao melhoramento de condições do solo, tais como calagem, adubação e irrigação, e (3) desenvolvimento de variedades e cultivares melhor adaptadas às condições apresentadas pelo ecossistema e que respondem com maior lucro para o agricultor. Uma outra linha de pesquisa seria o estudo das espécies nativas e seus mecanismos de adaptação às condições do cerrado, sendo a própria vegetação uma fonte de informações a serem aplicadas no melhoramento das espécies cultivadas.

Os trabalhos realizados sobre a vegetação nativa do cerrado ainda são insuficientes para confirmar as hipóteses levantadas sobre seu funcionamento e estrutura, como o escleromorfismo oligotrófico, ou o escleromorfismo aluminotrófico, sendo que algumas pesquisas apresentam características da vegetação que demonstram sua adaptação ao meio. Estudos realizados por Haridasan (1982) e Haridasan & Araújo (1988), entre outros, sugerem que os baixos teores de nutrientes nas folhas das espécies nativas de cerrado "sensu stricto" estão relacionadas com a adaptabilidade destas espécies à baixa fertilidade dos solos. Além disso, as plantas nativas apresentam diferentes estratégias para superar a toxidez de alumínio, tais como, a acumulação do alumínio em seus tecidos em formas fisiologicamente inertes e o impedimento da absorção deste elemento nas raízes (Goodland, 1971a).

Com estudos envolvendo os mecanismos de adaptação das espécies nativas à baixa fertilidade será possível constatar suas limitações e potencialidades, já que o cerrado é uma vegetação submetida a um intenso "stress", devido principalmente à carência de nutrientes, de forma que não se sabe como as diferentes espécies responderiam ao suprimento e consequente aumento na disponibilidade de nutrientes.

Vários estudos vêm sendo desenvolvidos, no Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, em uma área de cerrado "sensu strito", a fim de verificar a resposta a irrigação, adubação e calagem, desta vegetação como um todo, ou seja, nos diferentes estratos (rasteiro e arbóreo) e grupos de espécies, como as acumuladoras de alumínio (Garcia, 1990; Bruford, 1993; Goffeau, 1993; Fonseca, 1993; Villela & Haridasan, 1994). Dando continuidade aos trabalhos realizados nesta área, desenvolveu-se este estudo com os seguintes objetivos: (1) avaliar de forma qualitativa a capacidade de algumas espécies arbóreas típicas do cerrado de

responder à adubação e à calagem e (2) verificar os efeitos da adubação e calagem sobre as características químicas do solo, referente a este estudo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

O cerrado é caracterizado por ocorrer em uma região edafologicamente antiga. Os solos do planalto, entre os mais velhos no mundo, estão sendo intemperizados desde o Cretáceo, há 100 milhões de anos (Goodland, 1971a). Os solos do cerrado variam muito em topografia, em qualidades físicas e em composição química, prevalecendo, porém, os terrenos planos. São tipicamente profundos, uniformes, porosos, ácidos, pobres em bases trocáveis e ricos em óxidos de alumínio e ferro (Ferri, 1980).

O cerrado é uma vegetação semidecídua, xeromorfa, dominante no Brasil Central e que compreende várias formas fisionômicas e aspectos fitossociológicos, são estas cerradão, cerrado (*sensu stricto*), campo cerrado, campo sujo, campo limpo (Eiten, 1972). Devido a essas características especiais, várias pesquisas foram desenvolvidas afim de detectar os fatores ecológicos determinantes das diferentes fitofisionomias da vegetação do cerrado. Entre outros Eiten (1972) e Goodland e Pollard (1973) destacaram a geologia, características físicas e químicas do solo, ressaltando a baixa disponibilidade de nutrientes e a toxidez de alumínio, além de fatores como o fogo e a ação antrópica.

O cerrado "sensu stricto" é considerado como a vegetação típica do Brasil Central, ocupando 43% da área, sendo predominante no Distrito Federal (EMBRAPA, 1978). É caracterizado por um estrato herbáceo rasteiro com predominância de gramíneas e um estrato arbustivo-arbóreo de até oito metros de altura (Haridasan, 1982). As espécies lenhosas e herbáceas têm como característica principal um alto grau de xeromorfismo foliar (Kuhlmann & Silva, 1980).

A princípio atribuiu-se o aspecto xeromórfico do cerrado às condições estabelecidas pelo clima, caracterizado por um período de seca bem definido, capaz de perdurar por 4 a 5 meses, podendo afetar a vegetação devido ao estresse hídrico. No entanto, Ferri (1944) descartou essa hipótese, demonstrando que a maioria das plantas permanentes do cerrado não reduzem a transpiração durante a estação seca, pois o solo contém bastante água armazenada durante o período de chuvas, tendo sido constatado que nunca falta água para a vegetação. Rawitscher et al (1943) demonstraram que há água disponível, ao longo de todo o ano, a uma profundidade onde as raízes das plantas de porte arbustivo e arbóreo são capazes de alcançar.

Segundo Arens (1958), a fitofisionomia do globo terrestre não depende só dos fatores clima e água, mas evidentemente também de fenômenos nutricionais condicionados pelo teor mineral do solo, de modo que o mesmo aspecto fisionômico e morfológico-anatômico pode ter várias causas. Dessa forma surgiu a hipótese levantando a questão da possibilidade de existir uma vegetação de higrófitas com folhas xeromorfas. Com isso, modificou-se a terminologia, chamando de escleromorfismo o que, até então, recebia o nome de xeromorfismo distinguindo-se o escleromorfismo oligotrófico, ocasionado pelos baixos teores de nutrientes no solo, do escleromorfismo xérico, devido ao estresse hídrico. Constatado o fato de não haver relação entre o xeromorfismo e o abastecimento de água, partiu-se então para o esclarecimento das causas do xeromorfismo apresentado pelas plantas do cerrado.

Os trabalhos de Arens (1958), Ferri (1980), Loveless (1961, 1962), Beadle (1953) e Goodland (1971a e 1971b) concluem que a carência mineral tem profunda influência seja morfológica ou fisionômica, sobre a vegetação. É possível correlacionar a deficiência mineral com vários fatores ambientais. O material de

origem pode ser deficiente do elemento em questão, ou, possivelmente, a deficiência pode surgir da lixiviação extrema do solo ou pela fixação química dos nutrientes.

Algumas plantas, como as culturas tradicionais, têm uma exigência nutricional maior para o efetivo crescimento e reprodução, enquanto outras espécies crescem relativamente bem e não mostram sintomas de deficiência em solos inférteis e, normalmente ocorrem somente em solos deste tipo. A lenta taxa de crescimento é a principal adaptação das plantas nativas, aos solos inférteis. Possíveis adaptações ao estresse nutricional inclui (1) uma baixa taxa de crescimento e, conseqüentemente, um baixo requerimento nutricional; (2) uma alta capacidade de absorção; (3) baixa perda de nutrientes; e (4) alterações no uso bioquímico dos nutrientes (Chapin, 1983).

As baixas concentrações de nutrientes essenciais nas folhas e em outros componentes aéreos das espécies arbóreas refletem a adaptabilidade das espécies nativas do cerrado à baixa fertilidade do solo (Haridasan 1982; Silva, 1990). Alvim e Araújo (1952), comparando a vegetação do cerrado com o solo, concluíram que as plantas do cerrado estão adaptadas aos baixos teores de Ca e pH do solo.

Os efeitos do alumínio no solo tendem a diminuir a disponibilidade de nutrientes imprescindíveis como P, Ca, Mg, N, K e, possivelmente, outros. O excesso de alumínio interfere na divisão celular das raízes, resultando em raízes danificadas, com a redução do crescimento da raiz principal e inibição do desenvolvimento de raízes laterais. Em geral, ocorrem dois principais efeitos fisiológicos da toxidez de alumínio nas plantas. São estes: (1) inibição da absorção de nutrientes e (2) inibição da divisão celular (Haynes, 1982).

Os tecidos das plantas quando sujeitas a toxidez do alumínio apresentam altos níveis de Fe e Mn e baixas concentrações de Ca e Mg,

principalmente em condições de solo ácido, sendo que as espécies e mesmo variedades de mesma espécie podem apresentar diferentes níveis de tolerância ao excesso de alumínio solúvel (Mengel & Kirby, 1987).

Goodland (1971a) sugeriu que as plantas do cerrado foram selecionadas por sua tolerância ao alumínio, nenhuma sendo sensível e muitas acumulando-o facultativa ou obrigatoriamente. Espécies de gênero *Qualea* podem acumular milhares de ppm de alumínio, o mesmo ocorrendo em representantes dos gêneros *Vochysia*, *Miconia* e *Vellozia*.

Considerando o fato da toxidez de alumínio para a maioria das plantas cultivadas, vários estudos vem sendo desenvolvidos para um melhor entendimento dos mecanismos de acumulação de alumínio nos tecidos das plantas nativas e seus efeitos sobre as mesmas.

Experimentos de laboratório indicam que o alumínio pode ter um importante papel no metabolismo de plantas acumuladoras. Machado (1985) constatou, em seu estudo, que a espécie acumuladora *V. thyrsoidea* tem seu desenvolvimento comprometido pela ausência de alumínio na solução nutritiva e em solos calcários. Haridasan (1988) observou a mesma reação em *Miconia albicans*, além de constatar a recuperação das plantas depois de transplantadas para solo ácido com alta saturação de alumínio.

Haridasan (1982) verificou que as altas concentrações de Al nas folhas das acumuladoras não estão necessariamente associadas à baixa concentração de outros nutrientes essenciais. Medeiros (1983) e Ribeiro (1983) demonstraram que as acumuladoras apresentam um alto Índice de Valor de Importância (IVI) e uma alta frequência em áreas de cerrado "sensu stricto". Araújo (1984), comparando a fitossociologia de um cerradão de solo distrófico com um

cerradão em solo mesotrófico, verificou que as acumuladoras de Al não se restringem a solos fortemente ácidos.

Desde 1986, alguns estudos sobre irrigação e fertilização do solo de uma comunidade nativa de cerrado vem sendo desenvolvidos, em uma área preservada da Estação Experimental da Universidade de Brasília, com o objetivo de identificar e quantificar as mudanças e efeitos a longo prazo sobre a vegetação, para entender melhor a estrutura, funcionamento e adaptação das plantas nativas do cerrado neste ecossistema. Villela e Haridasan (1994), estudando a resposta do estrato rasteiro a calagem e irrigação, nesta área, verificaram que gramíneas e não gramíneas do estrato rasteiro nativo responderam a calagem através de maior absorção de Ca, refletindo a maior disponibilidade do elemento no solo e reduzindo a absorção de Mn devido ao aumento do pH, no entanto, não houve aumento da biomassa com a calagem. Garcia (1990) estudou a resposta de duas espécies arbóreas acumuladoras de alumínio a fertilização com cálcio, fósforo e magnésio, e constatou que as duas espécies, *V. thyrsoidea* e *Q. parviflora*, apresentaram maiores concentrações de Ca e Mg foliar, no entanto, não houve alteração na concentração de P e do Al foliar, devido aos tratamentos. Bruford (1993), em trabalho mais recente, nesta mesma área, analisou a resposta de outras três acumuladoras, *Palicourea rigida*, *Miconia albicans* e *Qualea parviflora*, à fertilização e calagem e verificou que estas espécies aumentam a absorção de Ca, K e P a medida que aumenta a fertilidade do solo mas a concentração de Al permanece constante.

Os trabalhos envolvendo fertilização e irrigação do cerrado tiveram um enfoque maior sobre as espécies acumuladoras de alumínio, constatando-se que a absorção de Al não é afetada pela alteração das características químicas do solo, no entanto, para avaliar-se os efeitos da irrigação, adubação e calagem sobre a comunidade vegetal como um todo, são

necessárias pesquisas que envolvam as respostas das diversas espécies a estes tratamentos, de tal forma que se possa verificar as potencialidades do cerrado, com relação a alteração da fitofisionomia, ou se o cerrado está limitado por uma questão genética, a manter características escleromórficas.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Área de Estudo

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília, Brasília, DF (15 44'20" S, 48 06'25" W), em uma área de cerrado "sensu stricto", com Latossolo Vermelho Escuro, que não sofre a ação do fogo há mais de 20 anos.

Os dados de precipitação mensal, do período de coleta, foram obtidos pela Estação Meteorológica na Estação Biológica da UnB (Estação UnB - I), localizada a nordeste da área de estudo e estão contidos na Figura 1, a qual mostra a distribuição da chuva nos meses de coleta, ou seja, de novembro de 1991 a abril de 1992.

#### 3.2 Delineamento Experimental

Este experimento foi implantado em 1986, a fim de avaliar a resposta da vegetação nativa de um cerrado "sensu strictu", a irrigação, calagem e adubação. Utilizou-se o delineamento experimental de parcelas "sub-sub-divididas" (split-split-plot), tendo a irrigação como tratamento de parcelas (48m x 24m), a adubação como tratamento de

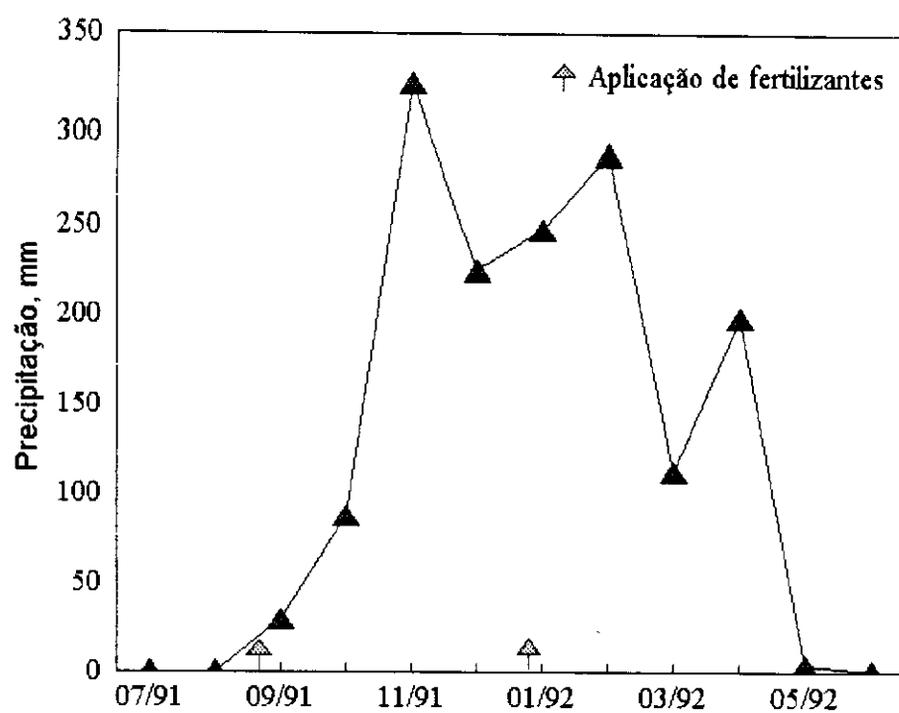


Figura 1. Precipitação mensal na área experimental durante o período de estudo.

sub-parcelas (24 m x 24m) e os níveis de calagem como tratamento de "sub-sub-parcelas" (12 m x 12 m), conforme a Figura 2.

Fêz-se a calagem em setembro de 1986, utilizando-se calcário calcítico, distribuído uniformemente na superfície do solo. O calcário não foi incorporado ao solo para evitar danos a vegetação rasteira. O calcário utilizado apresentou 70% de  $\text{CaCO}_3$  e 3,36% de  $\text{MgCO}_3$ , com PRNT (Poder Real de Neutralização) de 97%. Constatou-se  $12,5 \text{ mg.kg}^{-1}$  de Mn quando o calcário foi extraído com a mistura diácida,  $\text{HCl } 0,05 \text{ M} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ M}$ .

Os tratamentos foram dois níveis de irrigação, dois níveis de adubação (NPK) e quatro níveis de calagem. O sistema de irrigação, que consiste de aspersores de 1 m de altura, foi acionado nos períodos de seca, durante 6 horas diárias, três vezes por semana, desde a implantação do projeto. Em 1988, fêz-se a primeira aplicação de fertilizante fosfatado, na forma de superfosfato simples.

Durante o período de estudo, fêz-se duas aplicações de NPK, em setembro de 1991 e janeiro de 1992. Os fertilizantes utilizados nas parcelas adubadas foram; sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio (5 kg, 5 kg e 2 kg por parcela de 12 x 12 m) os quais foram aplicados a lanço, na superfície do solo, escolheu-se aleatoriamente a dosagem correspondente a 60 kg/ha de N, P e K.

No presente estudo, avaliou-se a resposta de três leguminosas, *Dimorphandra mollis* Benth., *Dalbergia violacea* (Vog.) Malme. e *Stryphnodendron adstringens* Mart. e três não-leguminosas, *Roupala montana* Aubl., *Ouratea hexasperma* (St. Hil) Baill. e *Didymopanax macrocarpum* (D. & S.) Seem., à adubação e calagem. Estas espécies foram escolhidas por apresentarem um alto

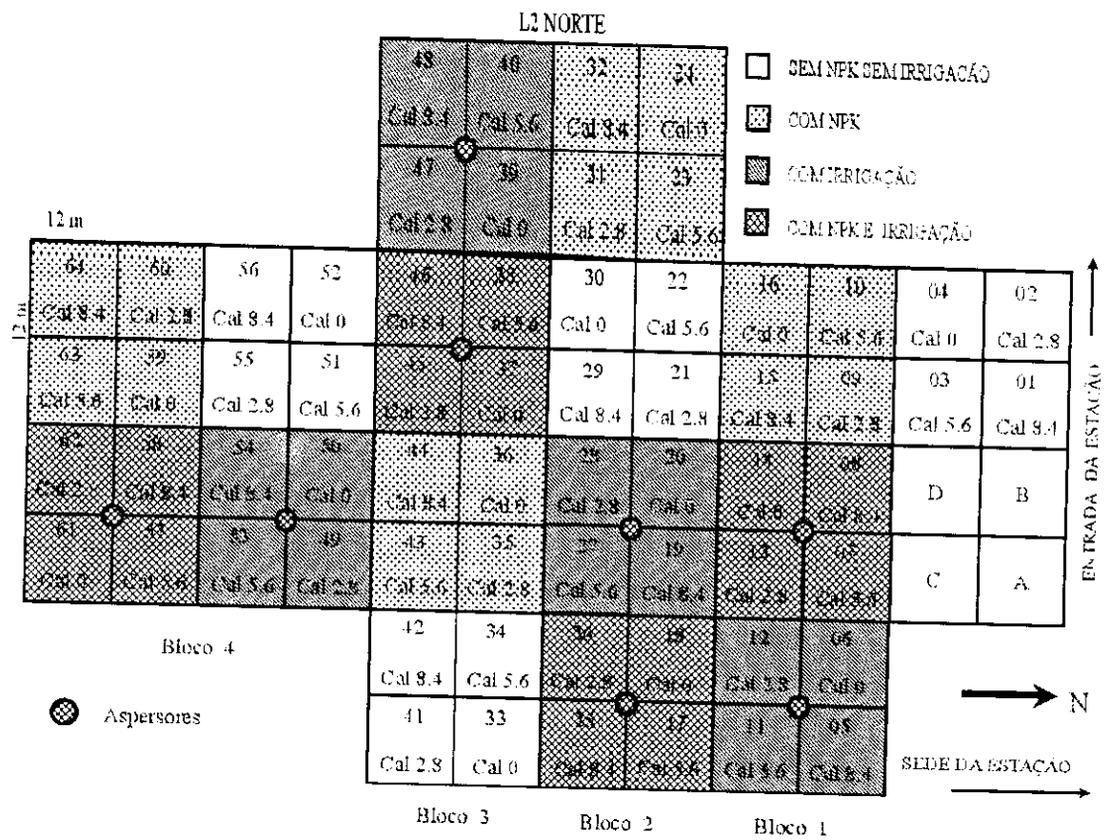


Figura 2. Delineamento experimental da área de estudo.

Índice de Valor de Importância (IVI), na área de estudo. Neste estudo, foram utilizadas apenas as parcelas irrigadas do experimento.

Escolheu-se, por parcela ("sub-sub-parcela" de 12 x 12 m), um indivíduo de cada uma das seis espécies em estudo, sendo que, não se considerou idade ou tamanho das plantas. Deve-se considerar o fato das seis espécies não se encontrarem em todas as parcelas, não havendo muitas vezes número de repetições suficiente para a análise estatística. O experimento foi constituído de 4 blocos com 8 tratamentos cada bloco. Distribuídos nas 32 "sub-sub-parcelas", haviam 31 indivíduos de *Roupala montana*, 25 de *Dalbergia violacea*, 24 de *Didymopanax macrocarpum*, 20 de *Dimorphandra mollis*, 20 de *Stryphnodendron adstringens* e 16 de *Ouratea hexasperma*.

### 3.3. Coleta e Análise de Solo

Fêz-se três coletas de amostras da camada superficial (0 - 15 cm) do solo, em novembro de 1991, em fevereiro de 1992 e em abril de 1992. As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm, antes da análise.

Para a extração do solo, utilizou-se KCl, 1M na determinação de Ca, Mg e Al e o extrator diácido (HCl 0.05 M + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.0125 M) para a determinação de K, P, Fe, Cu, Zn e Mn, na proporção solo:solução de 1:10 (Allen, 1974).

A partir das leituras obtidas no espectrofotômetro de absorção atômica, determinou-se Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn. Determinou-se o fósforo por

colorimetria, utilizando-se molibdato de amônia, o nitrogênio através do método de MicroKjeldahl, o Al por titulação com NaOH e o K, utilizando-se o fotômetro de chama. Para a obtenção do teor C orgânico da amostra utilizou-se o método de Walkley & Black (1934). Determinou-se o pH do solo em água e em KCl 1 M, usando-se a proporção solo:solução de 1:2.5 (Allen, 1974).

### **3.4. Coleta e Análise Foliar**

Fêz-se seis coletas de folhas, no período de novembro de 1991 a abril de 1992, com um intervalo aproximado de um mês. As três primeiras coletas foram realizadas a 2, 3 e 4 meses após a primeira aplicação de NPK e as três últimas a 1, 2 e 3 meses após a segunda aplicação de NPK.

Coletou-se, dependendo do tamanho, de 1 a 10 folhas novas, totalmente expandidas, de um indivíduo de cada espécie por "sub-sub-parcela". Logo após a coleta, as folhas foram lavadas com água destilada e secadas em estufa a 80 C, por 2 a 3 dias. As folhas secas foram trituradas em um moinho do tipo Wiley, excluindo-se os pecíolos da folha.

Adotou-se o processo de digestão por via úmida, utilizando-se ácido sulfúrico concentrado e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, para digestão das sub-amostras de 200 mg de folhas (Lindner e Harley, 1942; Lindner, 1944). Foram determinados os teores de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn e Al, através do espectrofotômetro de absorção atômica. Para determinação de N, utilizou-se o método de Microkjeldahl. Determinou-se o P por colorimetria, utilizando-se vanado molibdato de amônia, e o teor de K por emissão, através do fotômetro de chama (Allen, 1974).

### 3.5. Análise Estatística

A análise de variância utilizada nesse estudo para testar a significância de diferenças entre tratamentos no solo, por coleta, foi a seguinte:

FONTE DE VARIAÇÃO	GL
Repetição	3
Adubação	1
Erro A	3
Calagem	3
Cal x Adub	3
Erro B	18
Coleta	5
Coleta x Adubação	5
Coleta x Calagem	15
Coleta x Adubação x Calagem	15
Erro C	120
Total	191

Não foi possível avaliar o grau de significância da diferença entre as médias de concentrações foliares, por não haver um número de repetições suficiente para a análise estatística.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Análise de solo

Nas tabelas I a V, em anexo, encontram-se as médias dos dados, obtidos na análise de solo, para cada tratamento.

O pH em água e o pH em KCl variaram, significativamente, com a época de coleta, com os níveis de calagem e com a adubação (Tabela I). As coletas foram distribuídas ao longo do período de chuvas de novembro de 1991 a abril de 1992, marcando o início do período, o meio e o fim. Verificou-se que o pH, tanto em água, como em KCl, diminuiu da primeira coleta para a última, passando, em média, de 5,9 e 5,0 para 5,1 e 4,3, respectivamente. Os valores de pH em água e em KCl foram proporcionais aos níveis de calagem usados, ou seja, para 0, 2,8, 5,6 e 8,4 t/ha de calcário, a média do pH em água foi de 5,0, 5,3, 5,5 e 5,7 e para o pH em KCl 4,1, 4,4, 4,8 e 5,0, respectivamente (Figura 3). Nas parcelas adubadas, verificou-se a diminuição significativa do pH em água com relação às parcelas não adubadas, passando em média de 5,5 para 5,2 (Tabela I).

O teor de Al variou com a época de coleta e com os níveis de calagem, apresentando concentrações menores quanto maiores os níveis de calagem utilizados. Entre 0, 2,8, 5,6 e 8,4 t/ha de calcário, o Al apresentou, em média, concentrações de 0,72, 0,46, 0,30 e 0,20 me/100g de solo (Figura 3). Na Figura 4, observa-se a interação existente entre Ca e Al, sendo que a curva demonstra uma diminuição brusca da concentração do Al quando há um aumento na concentração do Ca no solo. A concentração de Al aumentou significativamente de 0,39 em parcelas não adubadas para 0,47 me/100g de solo, em parcelas adubadas

(Tabela I).

O teor de nitrogênio no solo diminuiu, significativamente, da primeira coleta, dois meses após a primeira aplicação de NPK, em relação à terceira coleta realizada, três meses após a segunda aplicação de NPK, passando de 0.16% para 0.13%, em média. Não houve alteração significativa do N no solo com calagem. Houve um aumento significativo com a aplicação de NPK no solo (Tabela II). Os teores de K não variaram significativamente quando se comparou dados da primeira coleta com os da última. Os níveis de calagem não afetaram as concentrações de P e de K no solo. No entanto, houve resposta significativa para aplicação de NPK, passando o P de 0,98 mg.kg<sup>-1</sup>, em parcelas não adubadas, para 3,4 mg.kg<sup>-1</sup>, em parcelas adubadas, e o K de 54 mg.kg<sup>-1</sup> para 78 mg.kg<sup>-1</sup>, em média (Tabela II).

Os níveis de Ca e Mg diminuíram da primeira coleta para a terceira coleta, de 1812 mg.kg<sup>-1</sup> e 29,8 mg.kg<sup>-1</sup> para 489 mg.kg<sup>-1</sup> e 16,2 mg.kg<sup>-1</sup>, em média, respectivamente. Quanto maiores os níveis de calagem, maiores foram os níveis de Ca no solo. O nível de Mg foi maior nas parcelas com calagem que nas parcelas testemunhas, mas não variou quando a calagem passou de 5,6 para 8,4 t/ha. Para 0, 2,8, 5,6 e 8,4 t/ha de calcário, os valores médios de Ca foram 108, 671, 1463 e 1872 mg.kg<sup>-1</sup> e de Mg 14,2, 21,9, 25,6 e 25,3 mg.kg<sup>-1</sup>, em média (Figura 5). Relacionando-se as concentrações de Ca com as concentrações de Mg no solo, verifica-se uma nítida correlação entre a disponibilidade dos elementos (Figura 6). Também, pode-se concluir que a adubação não alterou significativamente as concentrações de Ca e Mg no solo (Tabela III).

O Fe e o Cu disponíveis foram os únicos elementos analisados no solo que aumentaram as concentrações, significativamente, da primeira coleta para a última, passando de 56,9 mg/kg e 1,2 mg/kg para 65,7 mg/kg e 1,7 mg/kg, em média,

respectivamente. Não houve alteração significativa nos níveis de Fe e Cu que possa ser atribuída aos níveis de calagem ou à aplicação de NPK (Tabelas IV).

O Mn disponível diminuiu da primeira coleta para a última, de 12,3 para 6,6 mg/kg, em média. Houve aumento significativo do Mn, com o aumento no nível de calagem, para 0, 2,8, 5,6 e 8,4 t/ha de calcário, os valores médios foram; 6,8, 8,4, 9,2 e 11,1 mg/kg, respectivamente. Relacionando-se o Mn com Ca, verificou-se uma correlação positiva entre os elementos (Figura 7). A aplicação de NPK não afetou a concentração de Mn de forma significativa (Tabela IV).

O nível de Zn e o de matéria orgânica não apresentaram variações significativas com os tratamentos, nesse experimento (Tabelas V).

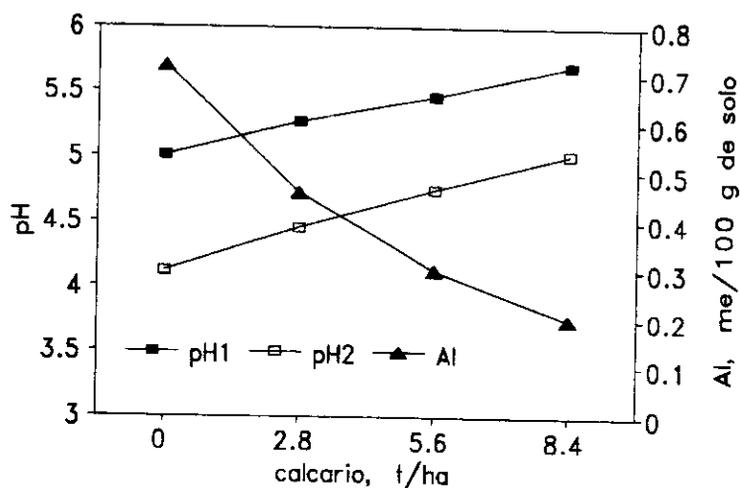


Figura 3. Efeito da calagem sobre o pH em água (pH1), o pH em KCl (pH2) e a disponibilidade de Al no solo.

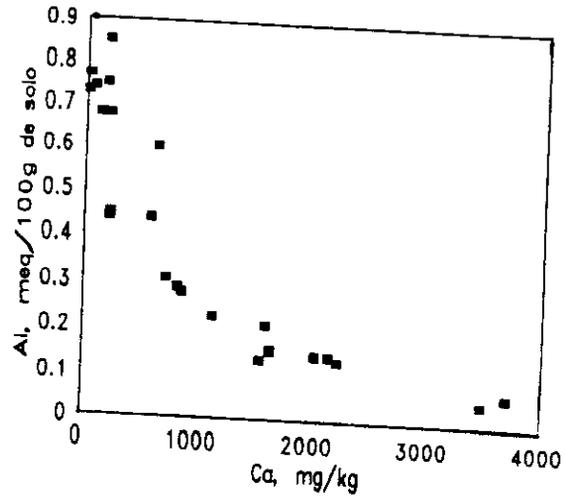


Figura 4. Correlação entre os teores de Ca e Al disponíveis no solo.

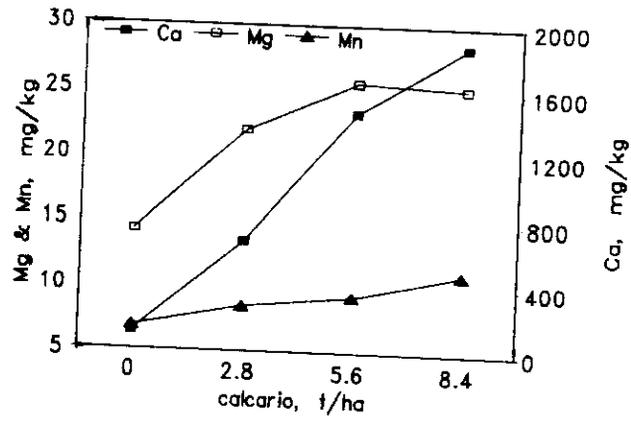


Figura 5. Efeito da calagem sobre a disponibilidade de Ca, Mg e Mn no solo.

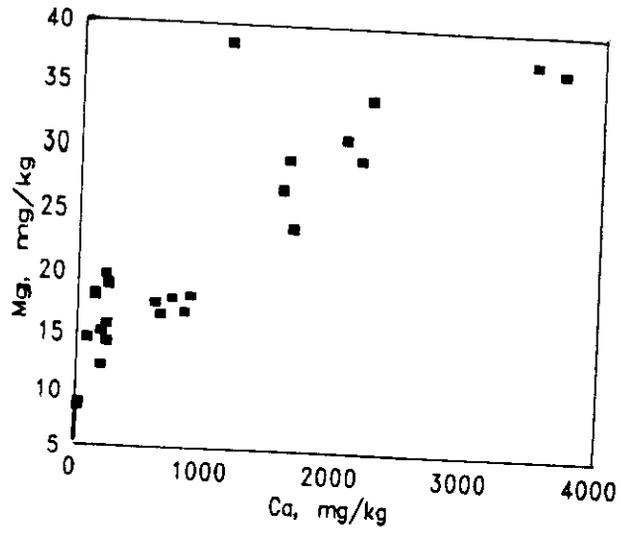


Figura 6. Correlação entre os teores de Ca e Mg disponíveis no solo.

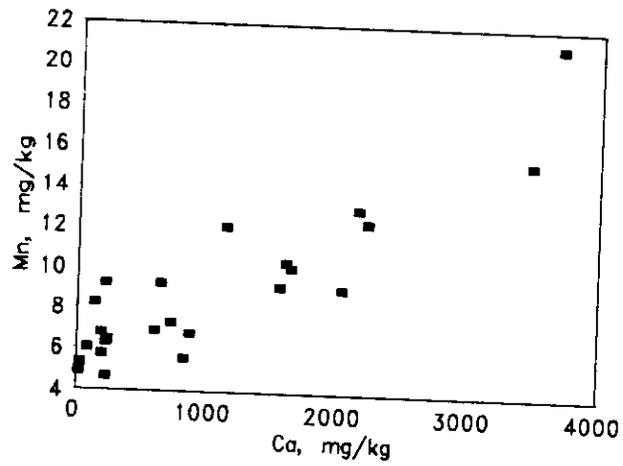


Figura 7. Correlação entre os teores de Ca e Mn disponíveis no solo.

## 4.2. Análise Foliar

As médias das concentrações dos nutrientes nos tratamentos com adubação e calagem encontram-se nas Tabelas VI a XI, em anexo.

Os efeitos da calagem sob a disponibilidade de nutrientes nas espécies estudadas foram os seguintes:

Não houve variação na concentração de nitrogênio, fósforo e potássio foliar nos tratamentos com calcário (Figuras 8, 9 e 10). A concentração de Ca foliar aumentou com os níveis de calagem, nas espécies *Dimorphandra mollis*, *Dalbergia violacea*, *Stryphnodendron adstringens* e *Didymopanax macrocarpum*, destacando-se o nível mais alto de calcário no solo (Figura 11). A resposta à calagem com aumento de Ca foliar em *Ouratea hexasperma* não aparece com nitidez na Figura 11, no entanto segundo as médias por nível de calagem (Tabela IX) verificamos um aumento de quase 70% de Ca foliar do nível 1 (0 de calcário) para o nível 4 (8,4 t/ha de calcário). O teor de Mg não variou de maneira consistente em relação aos níveis de calcário dos tratamentos (Figura 12). Entre os micronutrientes analisados, Fe, Mn, Cu, Zn e Al, apenas a concentração de Mn respondeu à calagem. Nas espécies *Didymopanax macrocarpum*, *Dalbergia violacea* e *Ouratea hexasperma* houve diminuição do teor de manganês do nível 1 de calagem para o nível 4, na faixa de 24 a 40% (Tabelas VII a IX). Dentre as espécies estudadas apenas *Roupala montana* não respondeu a calagem, não havendo alterações significativas nas concentrações dos nutrientes analisados.

A aplicação de fertilizantes NPK no cerrado surtiu os seguintes efeitos sobre as espécies estudadas:

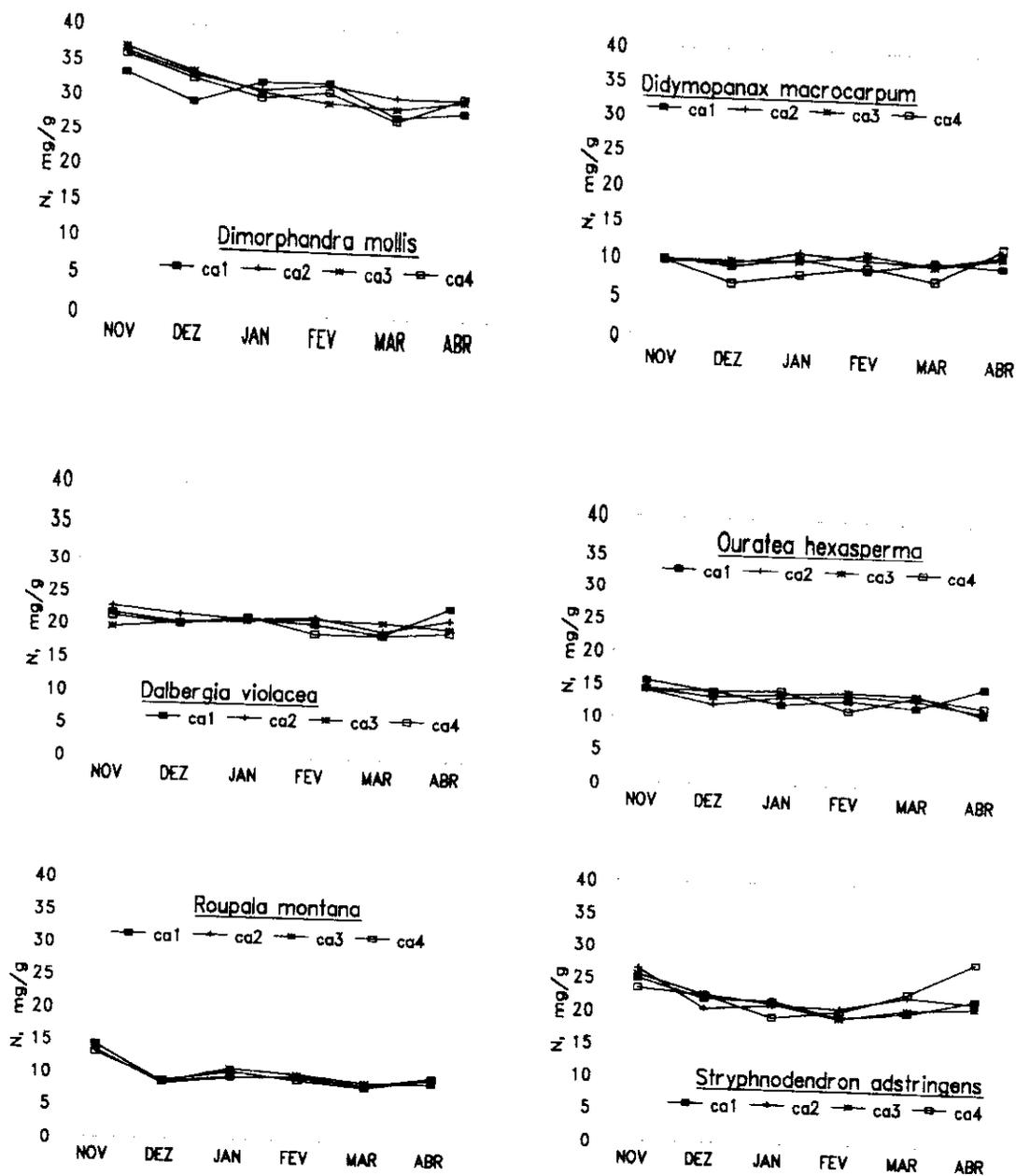


Figura 8. Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de N nas seis espécies estudadas ( ca1= 0; ca2= 2,8; ca3= 5,6; ca4= 8,4 t calcário/ha).

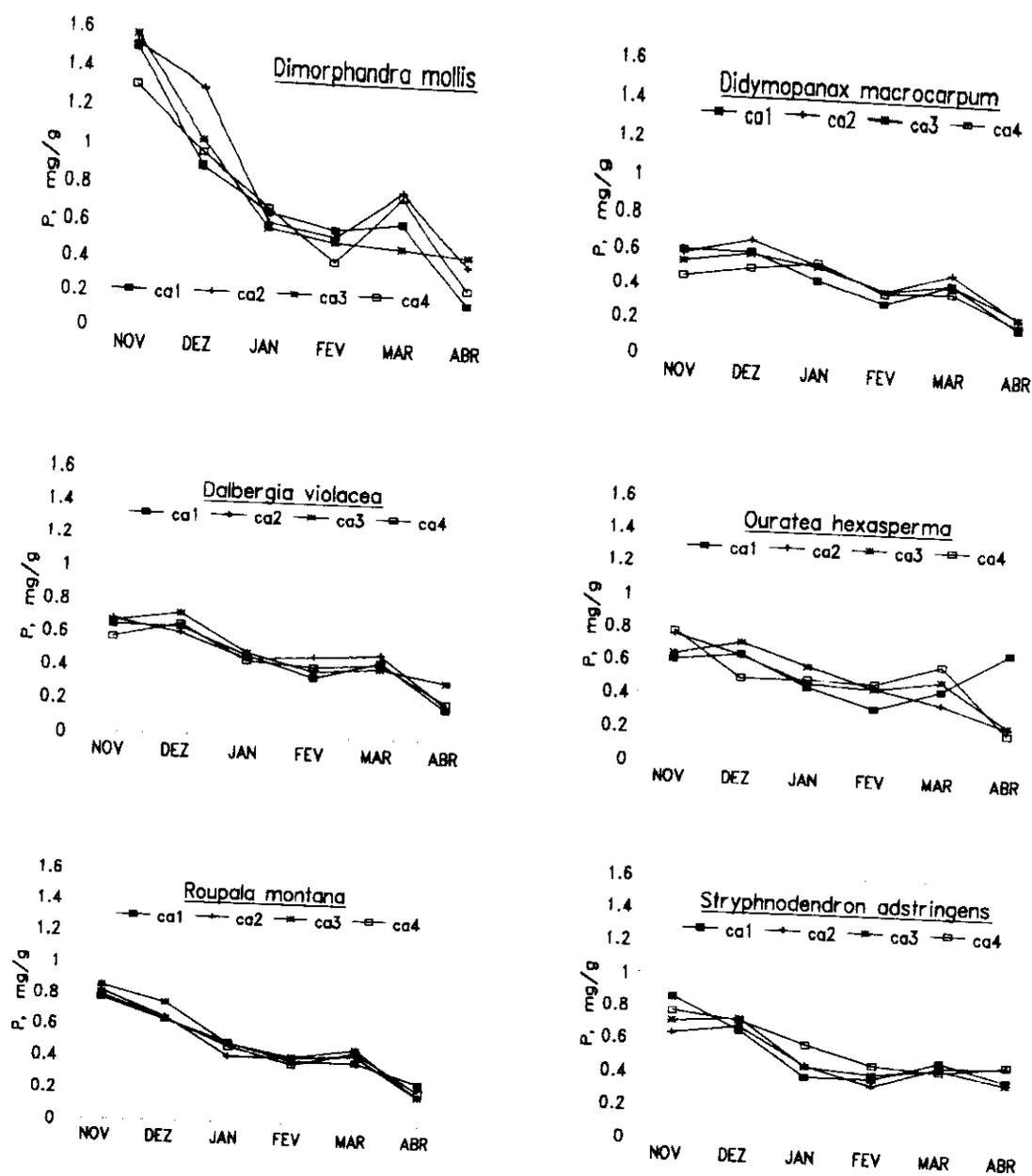


Figura 9. Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de P nas seis espécies estudadas (ca1= 0; ca2= 2,8; ca3= 5,6; ca4= 8,4 t calcário/ha).

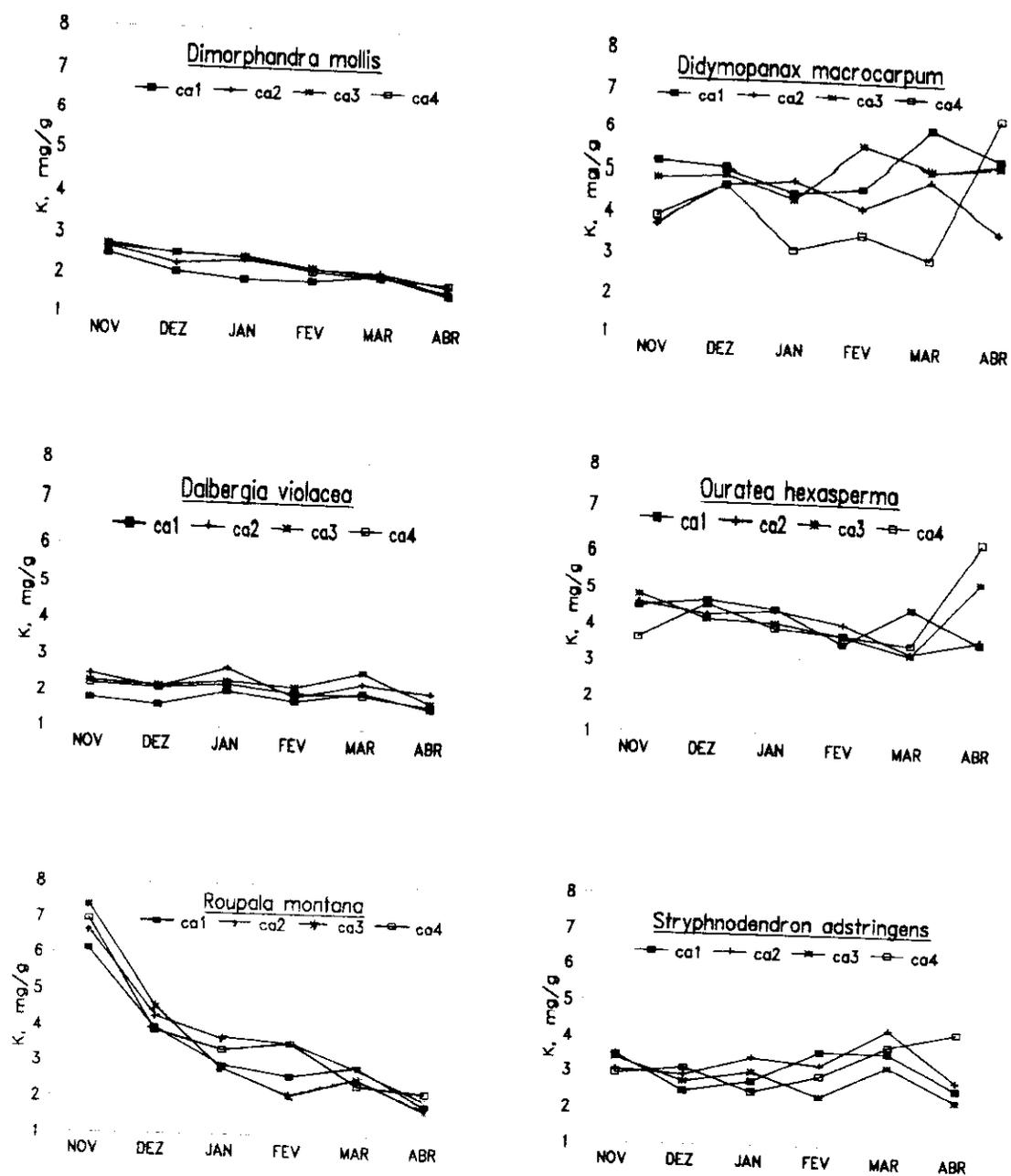


Figura 10. Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de K nas seis espécies estudadas (ca1= 0; ca2= 2,8; ca3= 5,6; ca4= 8,4 t calcário/ha).

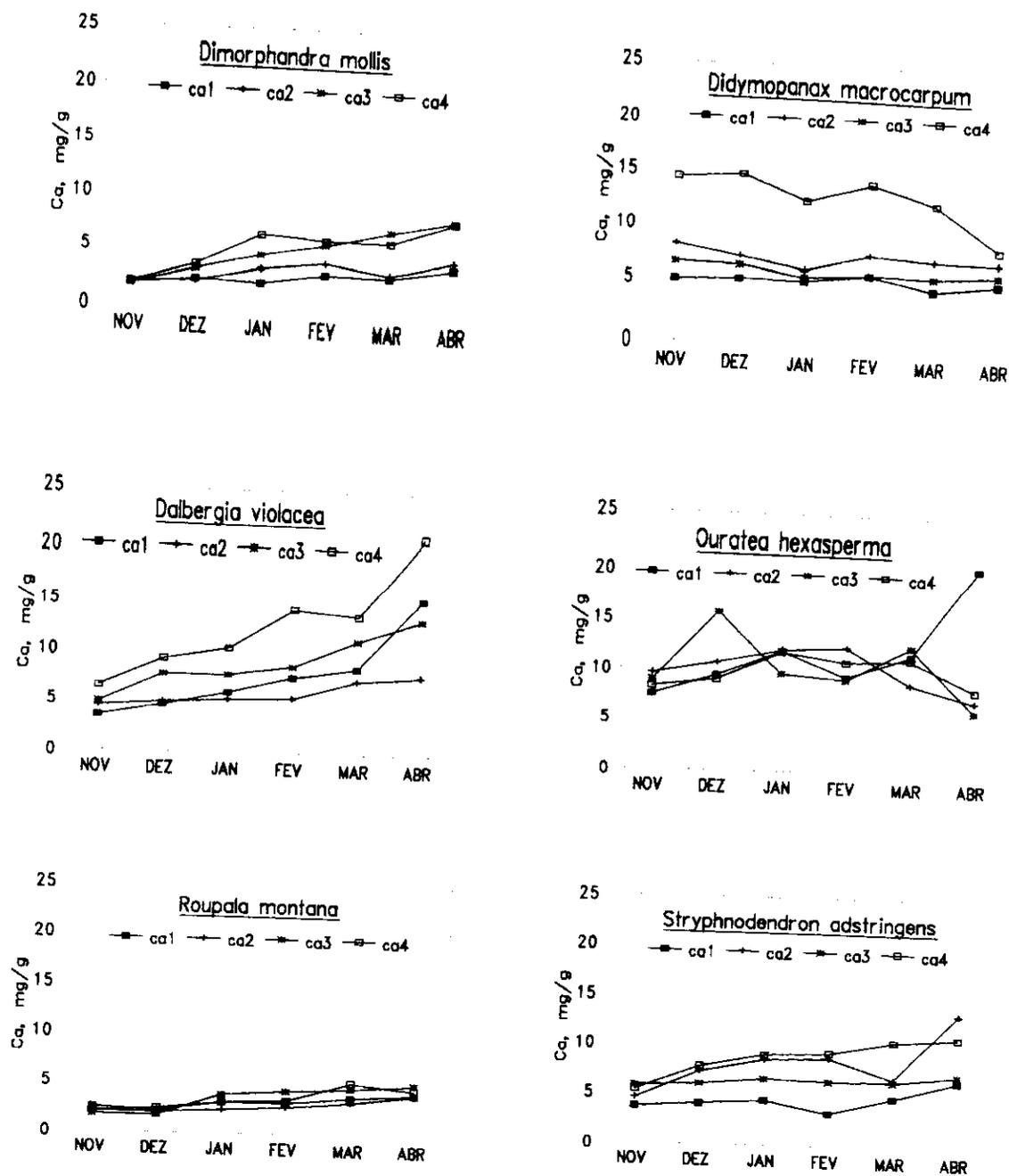


Figura 11. Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de Ca nas seis espécies estudadas (ca1= 0; ca2= 2,8; ca3= 5,6; ca4= 8,4 t calcário/ha).

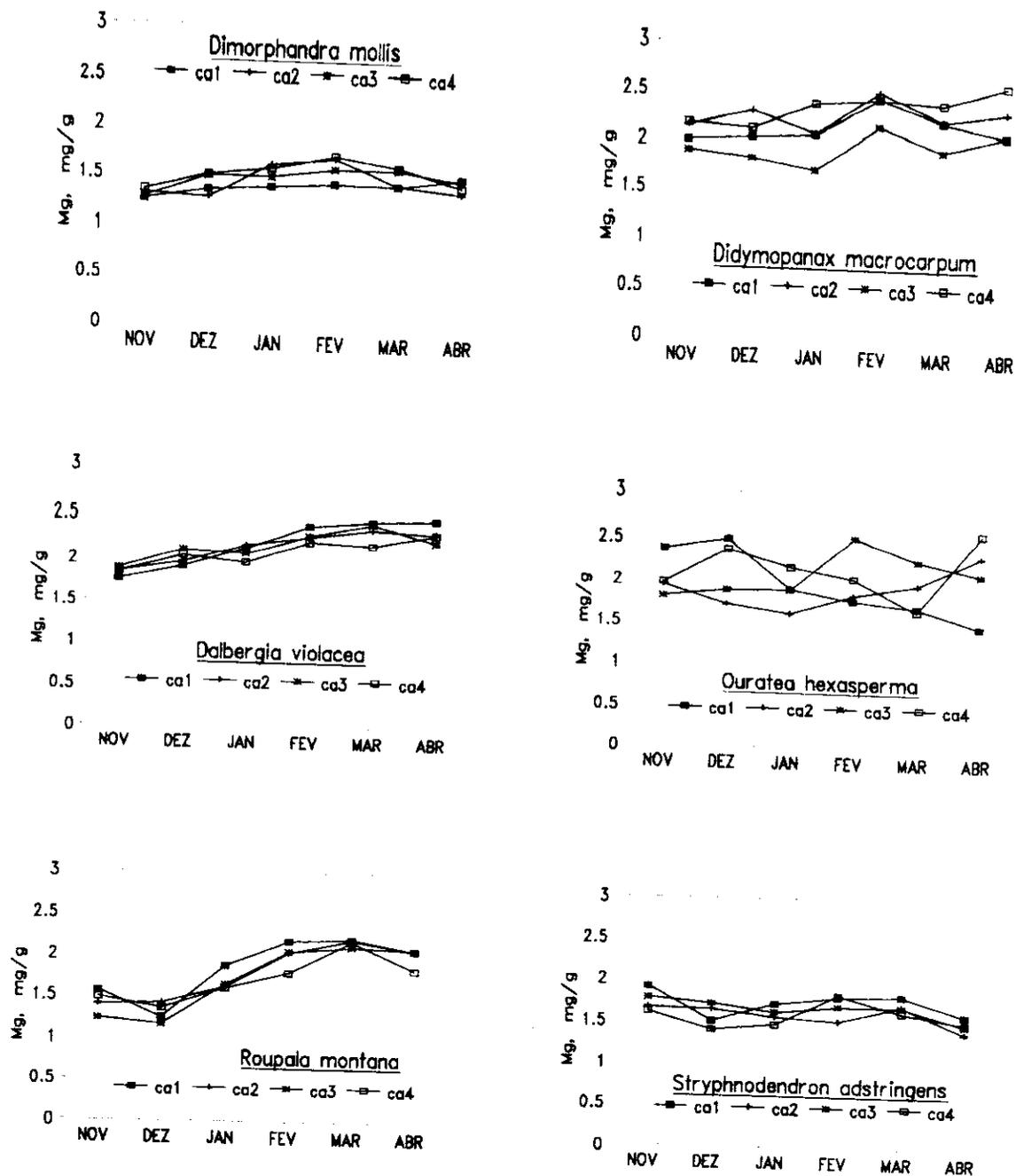


Figura 12. Efeitos da calagem sobre a concentração foliar de Mg nas seis espécies estudadas (ca1= 0; ca2= 2,8; ca3= 5,6; ca4= 8,4 t calcário/ha).

O teor de N foliar das plantas adubadas foi maior em *Dimorphandra mollis* e *Stryphnodendron adstringens* (Figura 13). Verificamos que o aumento de N foliar, devido aos fertilizantes, foi de 15 e 9%, nessas espécies. Não houve variação na concentração de P com a adição de NPK (Figura 14). As espécies *Dimorphandra mollis*, *Roupala montana* e *Stryphnodendron adstringens* apresentaram aumento no teor de K foliar nas parcelas adubadas (Figura 15). Houve aumento de Ca foliar em *Didymopanax macrocarpum*, *Dalbergia violacea* e *Stryphnodendron adstringens* (Figura 16). *Dimorphandra mollis* apresentou um aumento menor. Houve aumento do Mg foliar em *Didymopanax macrocarpum* e *Stryphnodendron adstringens*, nas parcelas adubadas (Figura 17). As concentrações dos micronutrientes não variaram significativamente, em relação aos fertilizantes aplicados.

Quanto a sazonalidade apresentada por alguns macronutrientes no período de novembro de 91 a abril de 92, verificou-se que:

O nitrogênio manteve-se estável ao longo do período (Figura 18). O teor de fósforo foliar diminuiu em todas as espécies (Figura 19). O potássio foliar manteve-se estável em todas as espécies, com exceção de *Roupala montana* que diminuiu o teor de potássio ao longo do período (Figura 20). A concentração de cálcio foliar aumentou com a idade foliar nas espécies *Dimorphandra mollis*, *Dalbergia violacea*, *Roupala montana*, *Stryphnodendron adstringens* e *Ouratea hexasperma* (Figura 21). O teor de Mg aumentou ao longo do período nas espécies *Roupala montana* e *Dalbergia violacea* (Figura 22).

Comparando-se os teores dos nutrientes entre as espécies, observou-se que as três leguminosas estudadas apresentaram as maiores concentrações de N foliar, destacando-se *D. mollis* com a média mais alta, 31,7

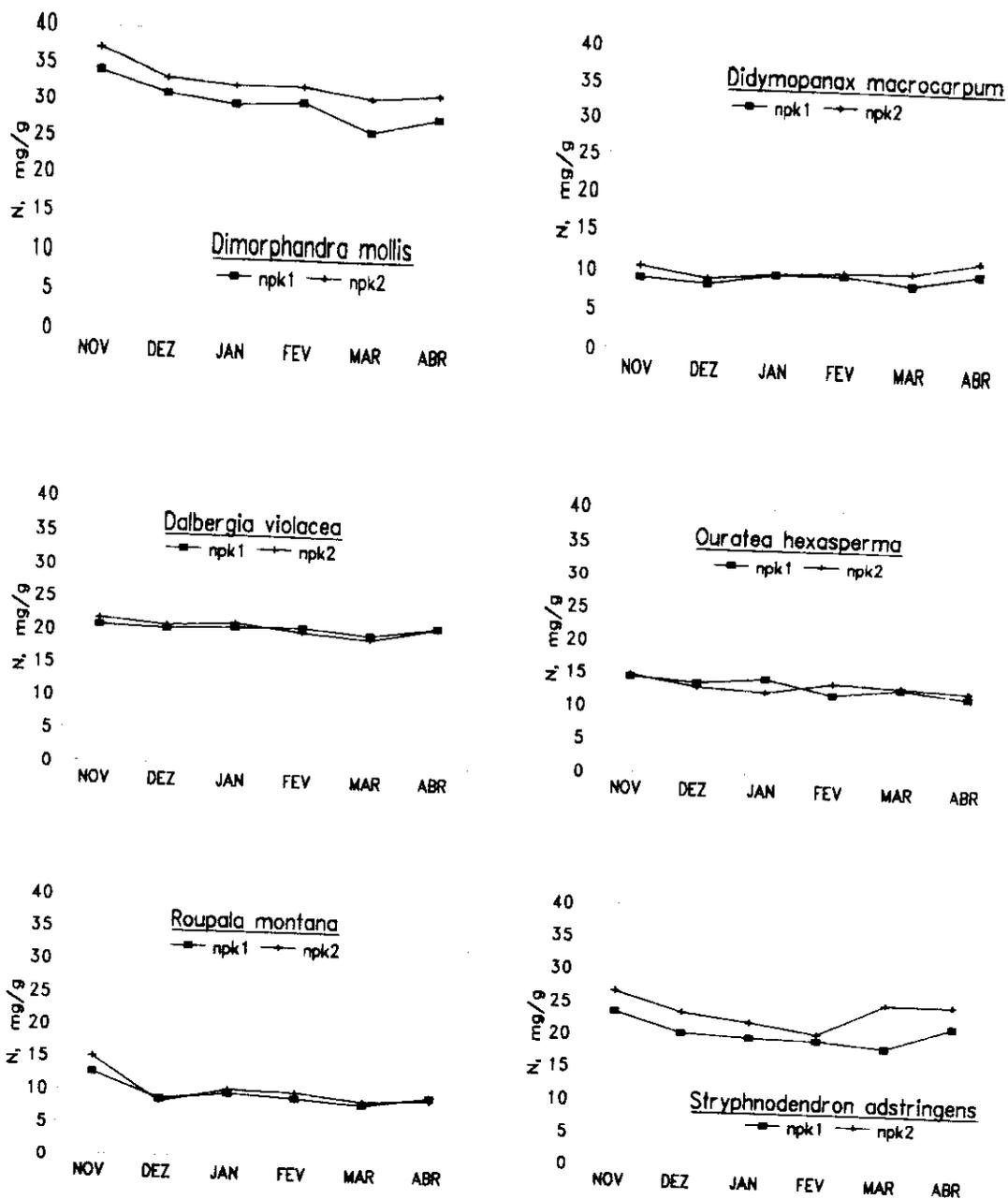


Figura 13. Efeitos da adubação sobre a concentração foliar de N nas seis espécies estudadas (NPK 1= não adubada; NPK 2= adubada).

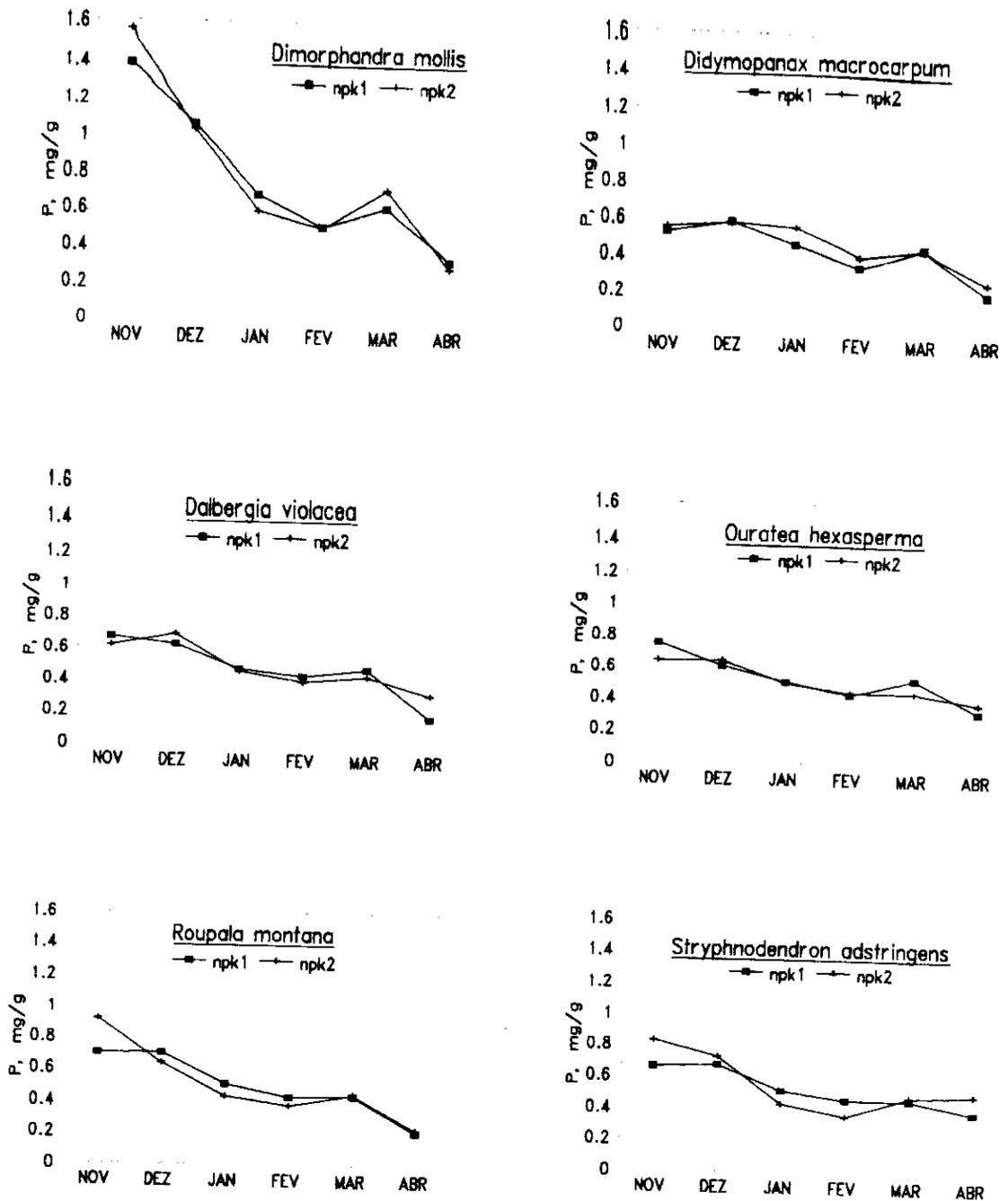


Figura 14. Efeitos da adubação sobre a concentração foliar de P nas seis espécies estudadas (NPK 1= não adubada; NPK 2= adubada).

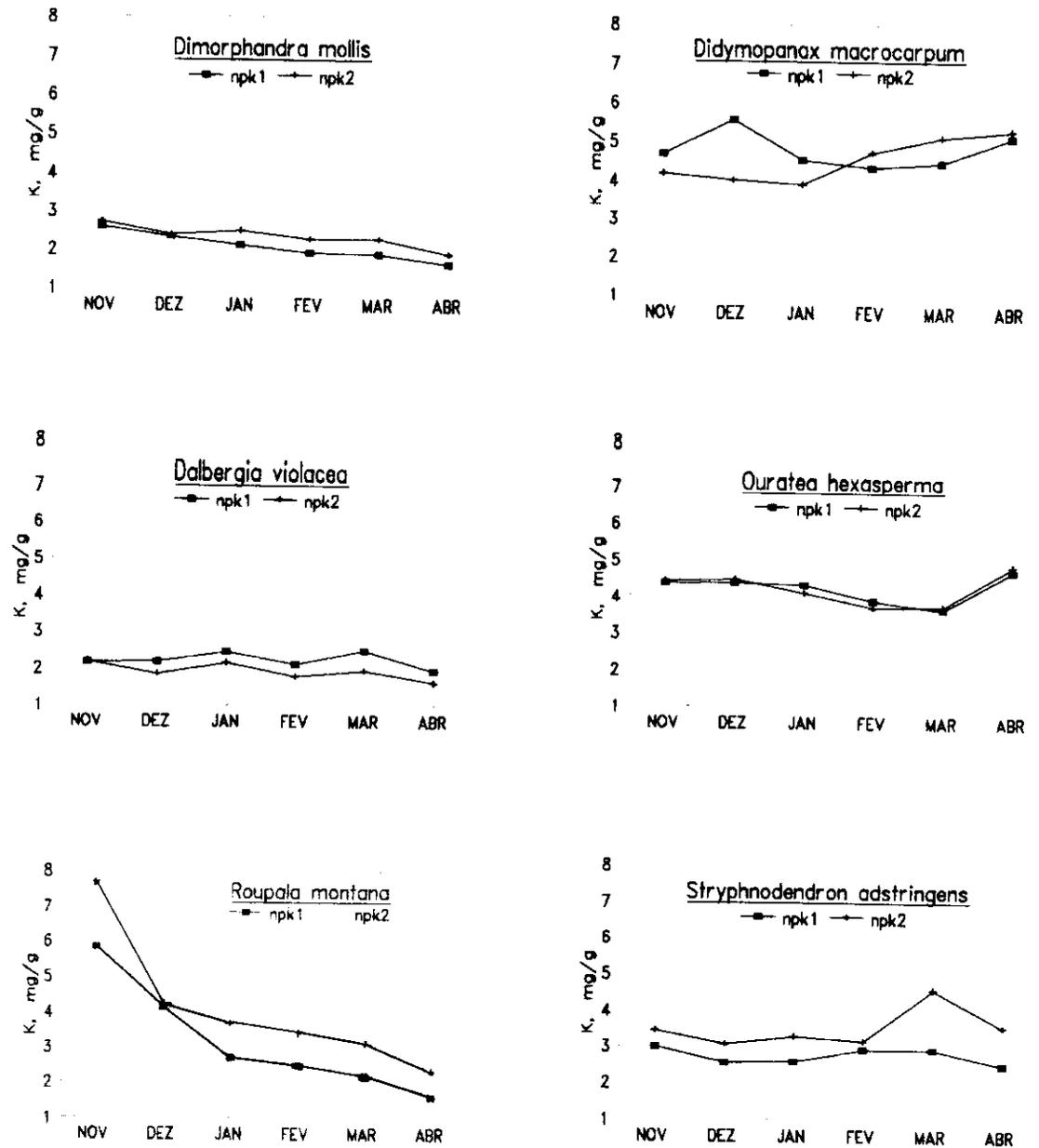


Figura 15. Efeitos da adubação sobre a concentração foliar de K nas seis espécies estudadas (NPK 1= não adubada; NPK 2= adubada).

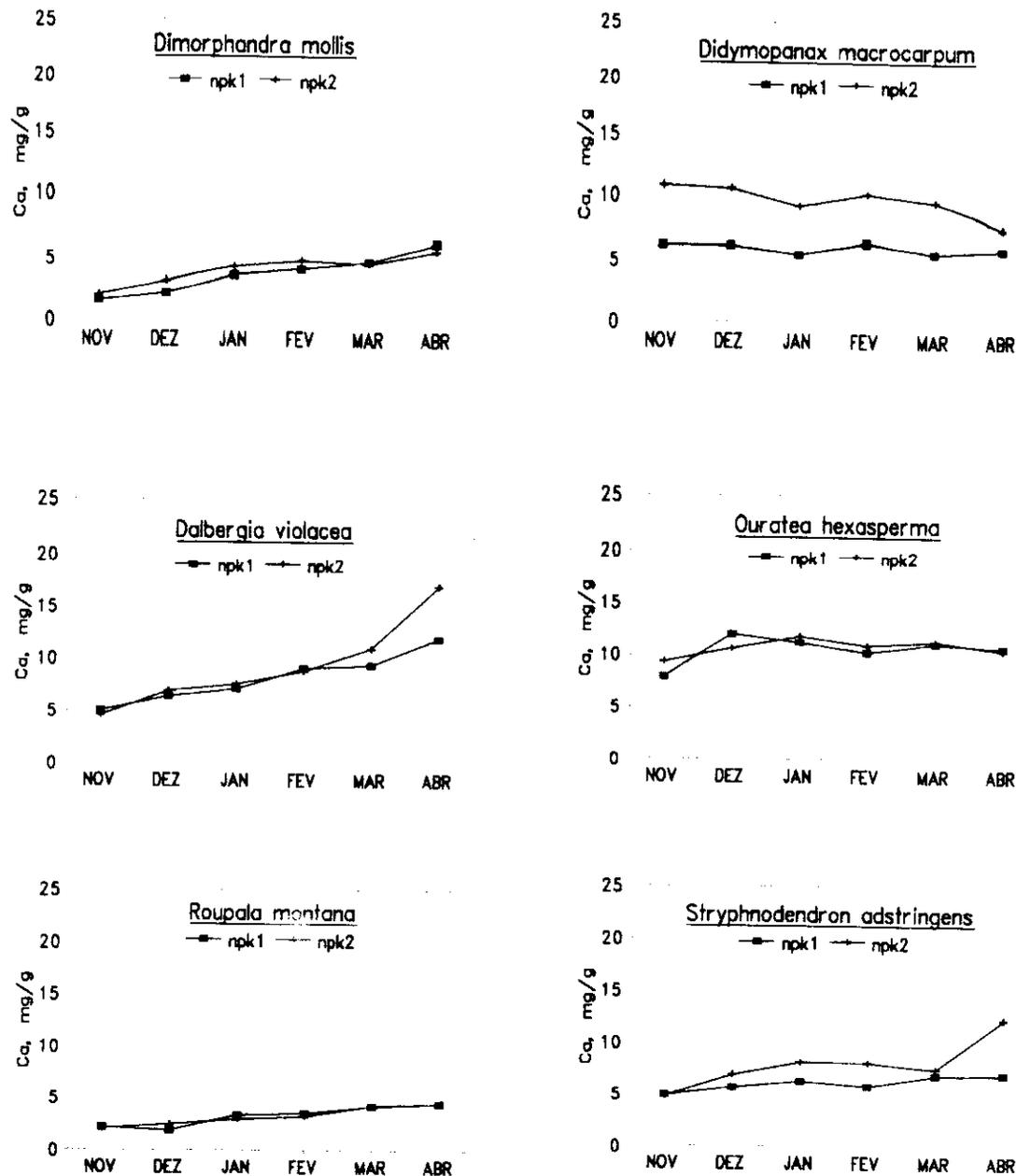


Figura 16. Efeitos da adubação sobre a concentração de Ca nas seis espécies estudadas (NPK 1= não adubada; NPK 2= adubada).

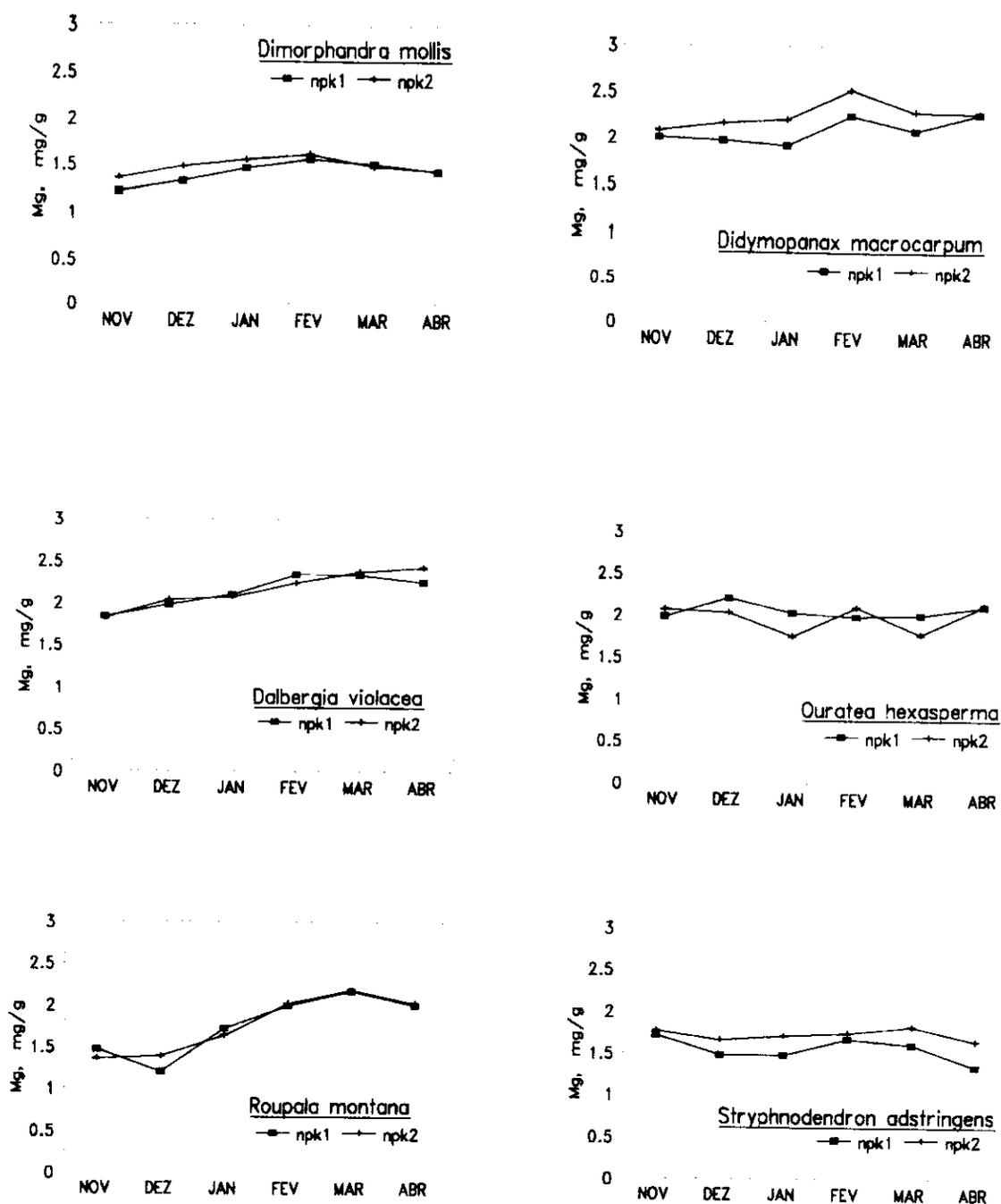


Figura 17. Efeitos da adubação sobre a concentração de Mg nas seis espécies estudadas (NPK 1= não adubada; NPK 2= adubada).

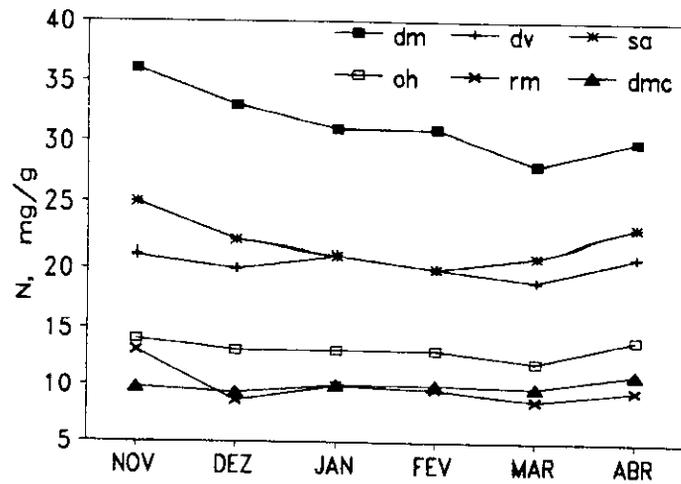


Figura 18. Variações nas concentrações foliares de N entre as seis espécies estudadas no período de nov/91 a abr/92 (dm = *Dimorphandra mollis*; dv = *Dalbergia violacea*; sa = *Stryphnodendron adstringens*; oh = *Ouratea hexasperma*; rm = *Roupala montana*; dmc = *Didymopanax macrocarpum* ).

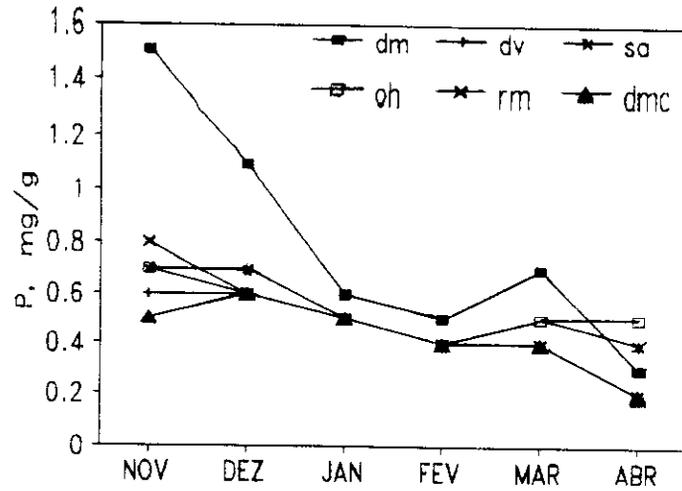


Figura 19. Variações nas concentrações foliares de P entre as seis espécies estudadas ao longo do período de nov/91 a abr/92 (Ver legenda: Figura 18).

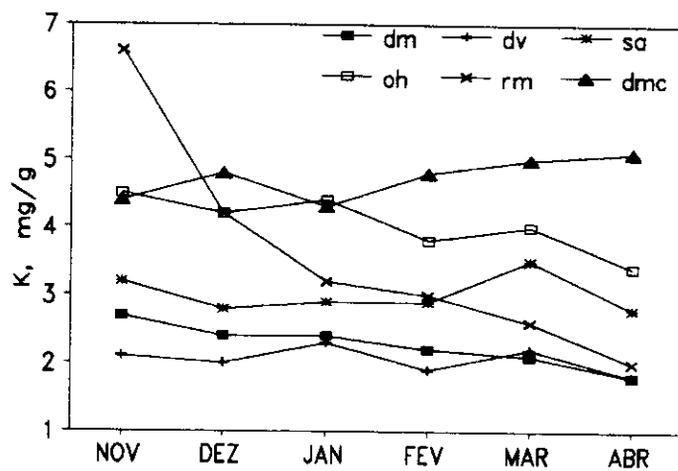


Figura 20. Variações nas concentrações foliares de K entre as seis espécies estudadas no período de nov/91 a abr/92 (Ver legenda: Figura 18).

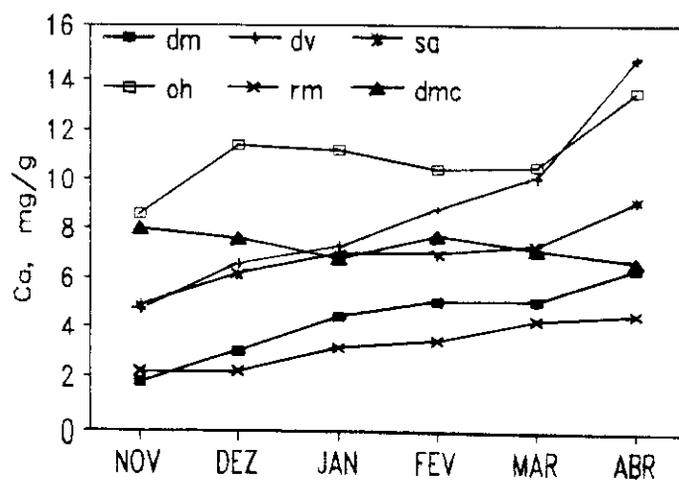


Figura 21. Variações nas concentrações foliares de Ca entre as seis espécies estudadas no período de nov/91 a abr/92 (Ver legenda: Figura 18).

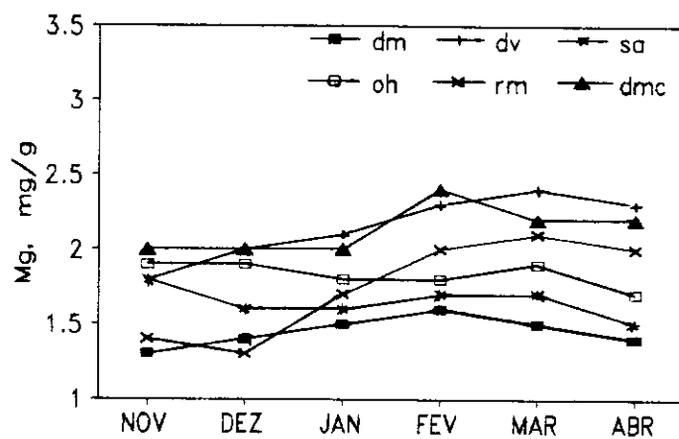


Figura 22. Variações nas concentrações foliares de Mg entre as seis espécies estudadas no período de nov/91 a abr/92 (Ver legenda: Figura 18).

mg.g<sup>-1</sup>. *R. montana* apresentou a menor média de concentração foliar de N, 9,8 mg.g<sup>-1</sup>. *D. mollis* também destacou-se pelas maiores concentrações de fósforo, 0,78 mg.g<sup>-1</sup>, em média, e *D. macrocarpum* a menor, 0,45 mg.g<sup>-1</sup> (Tabela XII).

A concentração de potássio foliar em *R. montana* diminuiu em cerca de 70% ao longo do período, entre novembro de 1991 a abril de 1992, sendo que na primeira coleta apresentou a maior concentração foliar de potássio e na última a menor, comparando às outras espécies estudadas (Figura 19). As leguminosas apresentaram as menores médias de concentração de potássio foliar, comparadas às não-leguminosas. *D. macrocarpum* foi a espécie a apresentar a maior média de concentração, 4,74 mg.g<sup>-1</sup> (Tabela XII).

*Ouratea hexasperma* apresentou as maiores concentrações de cálcio na folha com média de 10,93 mg.g<sup>-1</sup> e *Roupala montana* a menor, média de 3,35 mg.g<sup>-1</sup> (Tabela XII). Na Figura 21, a concentração de Mg variou de 1,47 a 2,15 mg.g<sup>-1</sup>, sendo as maiores médias, 2,15 e 2,14 mg.g<sup>-1</sup>, em *D. violacea* e *D. macrocarpum*, e a menor em *D. mollis* (Tabela XII).

Dentre os micronutrientes observou-se que *D. mollis* apresentou a maior média de concentração de Fe foliar, 202 mg.g<sup>-1</sup>. *S. adstringens* apresentou as menores concentrações de Fe, Cu e Mn, sendo que as leguminosas se agruparam com as menores concentrações de Mn, 54 mg.g<sup>-1</sup> em média, e as não-leguminosas com 180 mg.g<sup>-1</sup> em média (Tabela XIII). Os valores médios de concentração de Cu variaram de 7 a 10 mg.g<sup>-1</sup>. A concentração de Zn foliar variou, em média, de 44 a 52 mg.g<sup>-1</sup>, sendo a menor para *R. montana* e a maior para *D. macrocarpum* (Tabela XIII). *R. montana* apresentou a maior concentração foliar de Al, em média 543 mg.kg<sup>-1</sup> e *S. adstringens* a menor, 372 mg.kg<sup>-1</sup>.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Análise de solo

Neste experimento constatou-se a significativa diminuição do pH (em água) nas parcelas adubadas com sulfato de amônio, em relação às não adubadas. São conhecidos tais efeitos de intensificação da acidez pelo uso de fertilizantes amoniacais, devido ao fato dos compostos de amônio aumentarem a acidez no processo de nitrificação liberando íons  $H^+$  para a solução do solo (Foy, 1978). A prática mais empregada para elevar o pH do solo é a calagem, pois resulta em aumento no cálcio permutável e na neutralização ou remoção de íons  $H^+$  do sistema (Malavolta *et al.*, 1977). Mesmo após seis anos da aplicação de calcário, sem incorporação, na área do experimento, ainda permanecem as alterações no pH e disponibilidade de Al e Ca, sendo estes efeitos proporcionais à calagem, conforme os resultados apresentados.

Apesar do aumento de P no solo, com aplicação de superfosfato, os níveis de P permanecem muito abaixo dos níveis críticos, usados para interpretação de análise de P na região, ou seja, 12 ppm de P para solos argilosos (EMBRAPA-CPAC, 1982, citado por Lopes, 1983). Diversos trabalhos (Lopes & Cox, 1977; Souza & Simão, 1979) têm demonstrado que a capacidade de adsorção de fósforo adicionado a esses solos é muito grande. Quando adubos fosfatados solúveis são aplicados ao solo o P-solução aumenta, mas a maior parte do P é adsorvido pela fase sólida do solo ou se precipita formando compostos menos solúveis.

Os teores de K nas parcelas adubadas estão acima do nível crítico, de 0,15 me/100g (58,5 mg.kg<sup>-1</sup>), segundo Lopes & Cox (1977). A calagem aumenta a capacidade de troca de cátions, devido ao aumento do pH, e, conseqüentemente, fornece mais sítios de troca para a retenção do potássio, que, segundo Souza & Simão (1979), é altamente lixiviado em Latossolo Vermelho-Escuro Argiloso de cerrado.

Normalmente, a disponibilidade de micronutrientes como zinco, manganês, cobre e ferro aumenta quando há diminuição do pH no solo. O comportamento contrário do manganês deveu-se a presença deste elemento no calcário aplicado ao solo (Malavolta *et al.*, 1977).

## **5.2. Análise Foliar**

Pelo fato do experimento ter-se desenvolvido em uma área de vegetação natural, nem sempre havia um indivíduo de cada uma das espécies em todas as parcelas do experimento, impossibilitando assim uma análise estatística. Portanto, os resultados da análise foliar são discutidos do ponto de vista de consistência das diferenças entre os tratamentos nas diferentes coletas

### **5.2.1. Efeitos da calagem**

Dentre as seis espécies estudadas, cinco responderam ao

aumento de cálcio disponível no solo, *D. mollis*, *D. violacea*, *S. adstringens*, *O. hexasperma* e *D. macrocarpum*. Apenas a espécie *Roupala montana* demonstrou limitações para absorver uma maior quantidade de cálcio apesar dos maiores teores de cálcio no solo.

De maneira geral, apenas a adição de calcário não alterou a disponibilidade de nitrogênio e fósforo no solo e as plantas também não responderam quanto ao teor foliar deste elemento. As espécies estudadas não demonstraram nenhuma resposta consistente em relação às concentrações de K.

Nenhuma das espécies respondeu à calagem com aumento de Mg foliar, apesar da maior disponibilidade no solo. Bruford (1993), trabalhando nessa mesma área com espécies acumuladoras de alumínio, sugeriu que a competição entre Ca e Mg, por sítios de absorção, podem levar a uma menor absorção de Mg em relação ao cálcio, com o aumento do nível de calagem. Não só a absorção, mas também a translocação de  $Mg^{+2}$  das raízes para as partes superiores da planta pode ser restringida por  $K^{+}$  e  $Ca^{+2}$  (Mengel & Kirkby, 1987).

Dentre os micronutrientes analisados, Fe, Mn, Cu e Zn, apenas o teor de Mn variou com os níveis de calagem. Segundo os resultados apresentados, a concentração foliar de Mn em *D. macrocarpum*, *D. violacea* e *O. hexasperma* diminuiu com o aumento de calcário, apesar do aumento no solo do teor de Mn, presente no calcário aplicado. Tais resultados condizem com as afirmações de Malavolta *et al.*(1977), alta concentração de  $Ca^{+2}$  no meio causam diminuição na absorção de Mn.

Os teores de Cu e Zn mantiveram-se estáveis. O teor de Fe e de Al nas folhas não variou com o aumento nos níveis de calcário.

### 5.2.2. Efeitos de aplicação de NPK

A concentração de N foliar aumentou em *D. mollis* e *S. adstringens*, correspondendo ao aumento significativo de N no solo.

As plantas não apresentaram aumento da concentração de P foliar apesar da adição de adubo fosfatado. Segundo Chapin (1983) e Chapin *et al.* (1986), uma baixa taxa de crescimento e, conseqüentemente, a baixa exigência de fósforo, é característica comum entre plantas nativas de solos inférteis. As plantas adaptadas ao baixo teor de P não são mais eficientes na extração do fósforo e nem na produção de biomassa. Comparadas às espécies de solos mais férteis, plantas de crescimento lento de solos inférteis, em geral, exibem uma baixa taxa de absorção em resposta ao aumento da concentração externa de nutrientes (Chapin, 1980).

Houve resposta a aplicação de potássio, por parte de *D. mollis*, *R. montana* e *S. adstringens*.

Cinco espécies das seis estudadas absorveram mais cálcio nas parcelas com NPK. No entanto, dentre os tipos de interações de nutrientes conhecidas, Mengel & Kirkby (1987), descrevem que a absorção de  $\text{Ca}^{+2}$  pode ser competitivamente diminuída pela presença de outros cátions, tais como  $\text{K}^{+}$  e  $\text{NH}_4^{+}$  que são rapidamente absorvidos pelas raízes. Segundo Foy (1978), a fertilização excessiva com  $\text{NH}_4^{+}$  ou K pode induzir a deficiência de Mg e Ca nas plantas. Goffeau (1993), estudando nesta mesma área a respostas de gramíneas do cerrado a adubação, calagem e irrigação, constatou que a aplicação de NPK não alterou a concentração de cálcio na biomassa de gramíneas.

*Stryphnodendron adstringens* e *D. macrocarpum* além de absorver mais cálcio também absorveram mais Mg nas parcelas adubadas. Segundo Shimanski (1981), citado por Mengel & Kirkby (1987), a absorção de  $Mg^{+2}$  pode ser seriamente afetada pelo excesso de outras espécies de cátions, principalmente  $K^+$  e  $NH_4^+$ , além de que, não só a absorção, mas também a translocação de  $Mg^{+2}$  das raízes para as partes superiores da planta pode ser restringida por  $K^+$  e  $Ca^{+2}$ .

### 5.2.3. Sazonalidade

Entre os macronutrientes, verificou-se que a concentração de N foliar não variou durante o período de novembro de 1991 a abril de 1992, em nenhuma das espécies.

A variação sazonal do P foliar, diminuindo ao longo do período, pode ser justificada por duas possibilidades, (1) a retranslocação do elemento, partindo das folhas mais velhas para as mais jovens, já que o P é bastante móvel no floema, sendo que a metade, ou mais, do conteúdo de N e P de folhas decíduas é translocado para outras partes da planta antes da abscisão foliar (Chapin, 1980; Montes & Medina, 1977) e (2) o efeito de diluição que ocorre quando a concentração foliar é diluída com o aumento da biomassa da folha e crescimento da planta.

Em *Roupala montana*, o K apresentou variação sazonal, diminuindo ao longo do período. O K pode ter sido lixiviado nas folhas, considerando as altas precipitações do período. Tukey (1970) relatou que há diferenças entre os nutrientes quanto a facilidade de serem lixiviados e que entre os minerais

moderadamente lixiviados (1-10%) estão incluídos o Ca, Mg, K e Si. Segundo Moraes e Arens (1969), as folhas de plantas do cerrado eliminam menos potássio em relação às plantas cultivadas, devido às folhas escleromorfas com cutículas impregnadas com cêras que reduzem a permeabilidade e, conseqüentemente, a lavagem de íons. O K também é um nutriente com alta mobilidade no floema podendo ocorrer a redução da concentração do potássio com a idade foliar, devido a translocação para tecidos mais jovens (Montes & Medina, 1977; Villela & Lacerda, 1992). Um outro fator que resultaria na diminuição da concentração do nutriente é o efeito de diluição com o crescimento.

Com exceção de *D. macrocarpum*, todas as espécies estudadas apresentaram variação sazonal do Ca foliar, através do aumento da concentração deste elemento ao longo do período de novembro de 1991 a abril de 1992. Segundo Mengel & Kirkby (1987), a taxa de translocação do  $\text{Ca}^{+2}$  é muito baixa devido ao fato de cálcio ser transportado somente em pequenas concentrações no floema, de forma que, uma vez depositado em folhas mais velhas, o cálcio não é mobilizado para os pontos de crescimento. Montes & Medina (1977), Sobrado & Medina (1980), estudando a sazonalidade do teor de Ca, também verificaram o aumento da concentração com a maturidade foliar.

O Mg também apresentou aumento de concentração ao longo do período de estudo apenas nas espécies *Roupala montana* e *Dalbergia violacea*. Segundo Mengel & Kirkby (1987), em contraste com o cálcio, o  $\text{Mg}^{+2}$  é bastante móvel no floema e pode ser translocado de folhas mais velhas para as mais jovens.

Quanto aos micronutrientes não houve uma variação nítida relacionada à sazonalidade que possa ser avaliada.

#### 5.2.4. Diferenças entre as espécies

Observou-se uma nítida diferenciação entre as leguminosas, *D. mollis*, *D. violacea* e *S. adstringens*, e as não-leguminosas, *D. macrocarpum*, *O. hexasperma* e *R. montana*, em relação a alguns nutrientes. As leguminosas apresentaram as maiores concentrações de nitrogênio foliar, sendo os valores médios entre 20,6 a 31,7 mg.g<sup>-1</sup>, enquanto as não-leguminosas variaram entre concentrações de 9,8 a 13,4 mg.g<sup>-1</sup>, sendo estes valores abaixo do considerado adequado às plantas superiores de 150 mg.g<sup>-1</sup> (Epstein, 1975).

Todas as espécies estudadas mantiveram-se abaixo dos padrões adequados de P, estabelecidos por Epstein (1975), entre 1 e 2 mg.g<sup>-1</sup>. Cinco das seis espécies deste estudo não alcançaram nem a faixa estabelecida como nível baixo de fósforo para árvores tropicais por Drechsel & Zech (1991), entre 0,6-1,8 mg.g<sup>-1</sup>.

*D. macrocarpum* destacou-se com a maior concentração de K foliar, 4,74 mg.g<sup>-1</sup>, em média, e *D. violacea* a menor de 2,06 mg.g<sup>-1</sup>.

A espécie *O. hexasperma* apresentou a maior média de concentração de Ca foliar, 10,93 mg.g<sup>-1</sup>, e *R. montana* a menor, 3,35 mg.g<sup>-1</sup>, sendo que o teor de cálcio foliar considerado normal para as plantas superiores está em torno de 5-30 mg.g<sup>-1</sup> (Mengel & Kirkby, 1987). Medeiros (1983), comparando o estado nutricional de algumas espécies nativas do cerrado, obteve altos conteúdos de cálcio na espécie *O. hexasperma*, em todo o período de estudo.

Quanto ao Mg, verificou-se que apenas *D. violacea* e *D. macrocarpum* apresentaram concentrações acima de 2,0 mg.g<sup>-1</sup>, considerada adequada às plantas superiores, segundo Epstein (1975).

*D. mollis* apresentou a maior média de concentração de Fe e *S. adstringens* a menor. Todas as espécies mostraram teores acima do considerado adequado às plantas superiores,  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ , segundo Epstein (1975).

As não-leguminosas apresentaram as mais altas concentrações de Mn, destacando-se a espécie *O. hexasperma* com a média de  $273 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Borgatto (1994) estudando o estado nutricional da regeneração de espécies arbóreas do cerrado, também constatou as altas concentrações de Mn em *Ouratea hexasperma*, podendo inclusive classificá-la com acumuladora de Mn.

Todas as seis espécies arbóreas deste estudo apresentaram concentrações de Cu e Zn acima do nível considerado adequado para plantas arbóreas tropicais que é de  $6 \text{ mg.kg}^{-1}$  de Cu e  $9 \text{ mg.kg}^{-1}$  de Zn (Drechsel & Zech 1991).

As seis espécies mativeram as concentrações foliares de Al dentro da faixa de 100 a  $600 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Medeiros & Haridasan (1985), constataram que os níveis médios de alumínio no grupo das não-acumuladoras estão nesta faixa e nunca maiores que  $800 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

## 6. CONCLUSÕES

Segundo os resultados apresentados verificou-se que as espécies arbóreas nativas são capazes de absorver mais nutrientes à medida que lhes é fornecida uma quantidade maior de nutrientes disponíveis. Essa resposta a adubação e calagem varia entre as espécies, isto é, nem todas possuem o mesmo potencial para aproveitar os nutrientes, conforme o aumento da disponibilidade.

A calagem teve como efeitos no solo; o aumento do pH em água e em KCl; o aumento da disponibilidade de cálcio, magnésio e manganês e a diminuição do Al disponível. Com a aplicação de fertilizantes, houve aumentos nos níveis de N, P e K e diminuição do pH em água com aumento do teor de Al disponível.

Entre as espécies estudadas apenas *Roupala montana* não respondeu à maior disponibilidade de Ca no solo. As demais espécies apresentaram maiores concentrações foliares de Ca em resposta à calagem. Não houve variações significativas nas concentrações de N, P, K e Mg como consequência da calagem. Três espécies diminuíram a concentração foliar de Mn em resposta à calagem e ao aumento de pH do solo.

*Dimorphandra mollis* e *Stryphnodendron adstringens* foram as únicas espécies deste estudo a responderem à aplicação de fertilizantes nitrogenados, com aumento do teor foliar deste elemento. A concentração foliar de P não foi alterada em nenhuma das espécies com a aplicação de fertilizantes. A resposta a adubação variou entre as espécies com relação à concentração de K e Mg. *D. mollis* e *R. montana* aumentaram a concentração de K nas parcelas

adubadas mas não variaram a concentração de Mg. *S. adstringens* foi a única a responder à adubação com aumento de K e Mg. *D. macrocarpum* aumentou o teor de Mg mas não alterou o de K, em resposta à calagem. Não houve variação das concentrações destes elementos em *D. violacea*. Em três espécies houve aumento de Ca em resposta à aplicação de NPK, *D. macrocarpum*, *D. violacea* e *S. adstringens*.

O elemento a apresentar as melhores respostas em relação ao aumento da concentração foliar foi o cálcio, caracterizando a carência acentuada deste elemento nos tecidos da maioria das plantas do cerrado.

Diante desses resultados, torna-se importante investigar outros aspectos da resposta destas plantas à adubação e à calagem, tais como alterações na taxa de crescimento, alterações na fenologia e alocação de biomassa entre diferentes componentes, com ênfase nas diferenças intraespecíficas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S.E. (ed.). 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 565p.
- ALVIM, P.T. & ARAÚJO, W.A. 1952. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el Centro Oeste del Brasil. Turrialba 2: 153-160.
- ARAÚJO, G.M. 1984. Comparação do estado nutricional de dois cerradões em solos distrófico e mesotrófico no Planalto Central do Brasil. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 130p.
- ARENS, K. 1958. O cerrado como vegetação oligotrófica. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. 15: 59-77. USP.
- BEADLE, N.C. W. 1953. The edaphic factor in plant ecology with a special note on soil phosphates. Ecology 34: 426-428.
- BORGATTO, D. de F. 1994. Estado nutricional da regeneração de espécies arbóreas de um cerrado submetido a corte e queima. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 103p.
- BRUFORD, G.R. 1993. The effect of fertiliser on the soil and three native species of the cerrado in Central Brazil. Brasília, Dissertação de Mestrado, Universidade de Oxford, Oxford. 136p.
- CHAPIN, F.S. III. 1980. The mineral nutrition of wild plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 11: 233-260.

- CHAPIN, F.S. III. 1983. Adaptation of selected trees and grasses to low availability of phosphorus. *Plant and Soil* 72: 282-287.
- CHAPIN, F.S.; VITOUSEK, P.M. & CLEVE, K.V. 1986. The nature of nutrient limitation in plant communities. *The American Naturalist* 127: 48-58.
- DRECHSEL, P. & ZECH, W. 1991. Foliar nutrient levels of broad-leaved tropical trees: a tabular review. *Plant and Soil* 121:29-46.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Central Brazil. *Bot. Rev.* 38: 201-341.
- EMBRAPA. 1978. Relatório Técnico Anual 1976-1977. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. 183p.
- EPSTEIN, E. 1975. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Tradução de E. Malavolta. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: EDUSP. 341p.
- FERRI, M.G. 1944. Transpiração de plantas permanentes dos cerrados. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letr. USP* 41. Botânica 4: 159-224.
- FERRI, M.G. 1980. *Vegetação Brasileira*. Editora Itatiaia Limitada, Editora da Universidade de São Paulo. 160p.
- FONSECA, J.M. 1993. Resposta do estrato rasteiro de um cerrado à irrigação, calagem e aplicação de NPK - Influência da calagem, da aplicação de NPK e da irrigação sobre a disponibilidade de nutrientes no solo. Dissertação de Estágio Supervisionado, Departamento de Engenharia Agrônômica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 53p.
- FOY, C.D. 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29: 511-566.

- GARCIA, M.A. 1990. Resposta de duas espécies acumuladoras de alumínio a fertilização com fósforo, cálcio e magnésio. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 72p
- GOFFEAU, M.A.G. 1993. Resposta de gramíneas de um cerrado à calagem, à adubação e à irrigação. Dissertação de Estágio Supervisionado, Departamento de Engenharia Agrônômica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 42p.
- GOODLAND, R. 1971a. A physiognomic analysis of cerrado vegetation of Central Brazil. *Journal of Ecology* 59: 411-419.
- GOODLAND, R. 1971b. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. pp. 44-60. In: Ferri, M.G. (ed.), III Simpósio sobre o cerrado. Ed. USP, São Paulo, SP.
- GOODLAND, R. & POLLARD, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *J. Ecol.* 61: 219-224.
- HARIDASAN, M. 1982. Aluminium accumulation by some cerrado native species of Central Brazil. *Plant and Soil* 65: 265-273.
- HARIDASAN, M. 1988. Performance of *Miconia albicans* (SW.) Triana, an aluminum-accumulating species, in acidic and calcareous soils. *Soil Sci. Plant Anal.*, 19 :7-12.
- HARIDASAN, M. & ARAÚJO, G.M. 1988. Aluminium-accumulating species in two forest communities in the cerrado region of Central Brazil. *Forest Ecology and Management* 24:15-26.
- HAYNES, R.J. 1982. Effects of liming on phosphate availability in acid soils. *Plant and Soil* 68: 289-308.
- KUHLMANN, E. & SILVA, Z. L. da. 1980. Subsídios aos Estudos da Problemática do Cerrado. *R. Bras. Geog.*, 42(2): 361-381.

- LINDNER, R.C. 1944. Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiol.* 19: 76-89.
- LINDNER, R.C. & HARLEY, C.P. 1942. A rapid method for the determination of nitrogen in plant tissue. *Science* 96: 565-566.
- LOPES, A.S. 1983. Solos sob "cerrado": Características, propriedades e manejo. Piracicaba, SP. Instituto da Potassa & Fosfato (EUA): Instituto Internacional da Potassa. 162 p.
- LOPES, A. S. & COX, F. R. 1977. A survey of the fertility status of surface soils under cerrado vegetation of Brazil. *Soil. Sci. Soc. Am. Jour.* 41:752-747.
- LOVELESS, A.R. 1961. A nutritional interpretation of sclerophylly based on differences on the chemical composition of sclerophyllous and mesophytic leaves. *Ann. of Botany* 25: 168-184.
- LOVELESS, A.R. 1962. Further evidence to support a nutritional interpretation of sclerophylly. *Ann. of Botany* 26: 551-561.
- MACHADO, W. 1985. Acumulação de alumínio em *Vochysia thyrsoidea* Pohl. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília, Brasília. 102p.
- MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H. 1985. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba, POTAFOS. 136p.
- MALAVOLTA, E.; SARRUGE, J.R. & BITTENCOURT, V.C. 1977. Toxidez de alumínio e manganês. In: IV Simpósio sobre o cerrado. Ferri, M.G. (ed.) EDUSP, SP.

- MEDEIROS, R. A. de. 1983. Comparação do estado nutricional de algumas espécies acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 91p.
- MEDEIROS, R.A. de & HARIDASAN, M. 1985. Seasonal variations in the foliar concentrations of nutrients in some aluminium-accumulating and non-accumulating species of the cerrado region of central Brazil. *Plant and Soil*, 88: 433-436.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. 1987. Principles of plant nutrition. Worblaufen-Bern, International Potash Institut. 687p.
- MONTES, R. & MEDINA, E. 1977. Seasonal changes in nutrient content of leaves of savanna trees with different ecological behavior. *Geo-Eco-Trop.* 4: 295-307.
- MORAES, J.A.P.V. de & ARENS, K. 1969. Eliminação de potássio pelas folhas em dependência da luz e da obscuridade. *Ciência e Cultura.* 21: 728-730.
- RAWITSCHER, F.; FERRI, M. & RACHID, M. 1943. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. *An. Acad. Bras. Cienc.* 15: 267-294.
- RIBEIRO, J. F. 1983. Comparação de nutrientes na vegetação arbórea de um cerrado e um cerradão no Distrito Federal, Brasil. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília, Brasília. 108 p.
- SILVA, F.C. da. 1990. Compartilhamento de nutrientes em diferentes componentes da biomassa aérea em espécies arbóreas de um cerrado. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. 80 p.

- SOBRADO, M.A. & MEDINA, E. 1980. General morphology, anatomical structure, and nutrient content of sclerophyllous leaves of the "bana" vegetation of Amazonas. *Oecologia* 45: 341-345.
- SOUZA, M. de & SIMÃO, S. 1979. Adubação da laranjeira "Pera Rio" (*Citrus sinensis* Osbeck) com P, K, Ca em Latossolo Vermelho Escuro fase cerrado: Efeito no crescimento da parte aérea até aos três anos pós-plantio. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 5, Pelotas, 1979, Anais. Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2: 522-534.
- TUKEY, H.B. Jr. 1970. The leaching of substances from plants. *Ann. Rev. Plant Phys.* 21: 305-324.
- VILLELA, D. & HARIDASAN, M. 1994. Response of the ground layer community of a cerrado vegetation in central Brazil to liming and irrigation. *Plant and Soil.* 163: 25-31.
- VILLELA, D. & LACERDA, L.D. de. 1992. Dinâmica de elementos minerais em folhas de duas espécies arbóreas do cerrado. *Revta. Bras. Biol.* 52(1): 151-160.
- WALKLEY, J. & BLACK, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.

## 8. ANEXOS

Tabela I. Influência da calagem e de fertilizantes sobre o pH em água, o pH em KCl e a disponibilidade de Al (me/100g de solo) de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado. Os valores entre parênteses são os desvios padrão.

Mês	NPK1 (sem adubação)					NPK2 (com adubação)					Média				
	Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha				
	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média
pH em H <sub>2</sub> O															
N/91	5,20 (,08)	5,99 (,82)	6,13 (,95)	6,70 (,48)	6,00 (,82)	5,15 (,30)	5,83 (,85)	5,70 (,65)	6,30 (,88)	5,74 (,76)	5,18 (,21)	5,90 (,78)	5,91 (,79)	6,50 (,69)	5,87a (,79)
J/92	5,03 (,05)	5,20 (,14)	5,65 (,30)	5,45 (,51)	5,33 (,37)	4,88 (,17)	4,77 (,35)	5,28 (,94)	4,95 (,19)	4,97 (,50)	4,95 (,14)	4,99 (,34)	5,46 (,68)	5,20 (,44)	5,15b (,47)
A/92	5,00 (,08)	5,13 (,15)	5,15 (,13)	5,88 (,50)	5,29 (,43)	4,83 (,21)	4,65 (,21)	4,88 (,24)	4,95 (,30)	4,83 (,24)	4,91 (,17)	4,89 (,30)	5,01 (,23)	5,41 (,62)	5,06c (,42)
Méd	5,08 (,11)	5,43 (,60)	5,64 (,67)	6,01 (,70)	5,54 A (,65)	4,95 (,26)	5,08 (,74)	5,28 (,70)	5,40 (,83)	5,18B (,58)	5,01a (,20)	5,26b (,68)	5,46c (,70)	5,70d (,81)	5,36 (,68)
pH em KCl															
N/91	4,07 (,10)	4,80 (,89)	5,20 (,126)	5,98 (,74)	5,01 (,104)	4,10 (,14)	5,08 (,108)	5,08 (,86)	5,82 (,86)	5,02 (,97)	4,09 (,11)	4,94 (,93)	5,14 (,10)	5,90 (,75)	5,02a (,99)
J/92	4,07 (,05)	4,28 (,13)	4,88 (,48)	4,55 (,57)	4,44 (,46)	4,10 (,08)	4,18 (,24)	4,83 (,98)	4,38 (,32)	4,37 (,56)	4,09 (,06)	4,23 (,18)	4,85 (,72)	4,46 (,44)	4,41b (,50)
A/92	4,20 (,08)	4,30 (,12)	4,28 (,10)	4,98 (,56)	4,44 (,42)	4,15 (,10)	4,10 (,08)	4,28 (,17)	4,40 (,34)	4,23 (,22)	4,17 (,09)	4,20 (,14)	4,28 (,13)	4,69 (,53)	4,33b (,34)
Méd	4,12 (,09)	4,46 (,54)	4,78 (,81)	5,17 (,84)	4,63 A (,74)	4,12 (,10)	4,45 (,74)	4,73 (,77)	4,87 (,87)	4,54A (,73)	4,12a (,10)	4,45b (,63)	4,75c (,77)	5,02d (,85)	4,59 (,73)
Al															
N/91	,74 (,10)	,23 (,17)	,15 (,14)	,05 (,00)	,31 (,30)	,68 (,24)	,21 (,19)	,14 (,12)	,07 (,03)	,29 (,29)	,71 (,17)	,22 (,16)	,14 (,12)	,06 (,02)	,30a (,29)
J/92	,77 (,12)	,44 (,10)	,14 (,08)	,29 (,21)	,41 (,27)	,68 (,13)	,60 (,31)	,58 (,47)	,28 (,18)	,53 (,30)	,73 (,13)	,52 (,23)	,33 (,37)	,28 (,18)	,47a (,29)
A/92	,73 (,10)	,45 (,18)	,45 (,09)	,16 (,11)	,45 (,23)	,75 (,17)	,85 (,36)	,44 (,21)	,31 (,20)	,59 (,32)	,74 (,13)	,65 (,34)	,44 (,15)	,24 (,17)	,52a (,28)
Méd	,75 (,10)	,37 (,18)	,25 (,18)	,18 (,16)	,39A (,27)	,70 (,17)	,55 (,38)	,37 (,32)	,23 (,18)	,47A (,32)	,72a (,14)	,46b (,31)	,30c (,25)	,20d (,17)	,43 (,30)

As médias seguidas pelas mesmas letras na mesma coluna ou na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Tabela II. Influência da calagem e de fertilizantes sobre a disponibilidade de N (%), P ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) e K ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação nativa do Cerrado. Desvio padrão entre parênteses.

Mês	NPK1 (sem adubação)					NPK2 (com adubação)					Média				
	Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha				
	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média
N															
N/91	,16 (,01)	,15 (,02)	,16 (,02)	,16 (,01)	,16 (,02)	,17 (,03)	,15 (,02)	,16 (,01)	,17 (,03)	,16 (,02)	,16 (,02)	,15 (,02)	,16 (,02)	,16 (,02)	,16a (,02)
J/92	,14 (,01)	,14 (,02)	,14 (,01)	,14 (,01)	,14 (,02)	,16 (,03)	,17 (,03)	,14 (,01)	,14 (,01)	,15 (,02)	,15 (,02)	,16 (,03)	,14 (,01)	,14 (,01)	,15b (,02)
A/92	,13 (,01)	,13 (,01)	,13 (,01)	,13 (,03)	,13 (,02)	,14 (,01)	,13 (,01)	,14 (,01)	,13 (,01)	,14 (,02)	,14 (,03)	,13 (,01)	,14 (,01)	,13 (,02)	,13c (,02)
Méd	,14 (,02)	,14 (,02)	,14 (,02)	,14 (,02)	,14A (,02)	,16 (,03)	,15 (,03)	,15 (,01)	,15 (,02)	,15B (,02)	,15a (,03)	,15a (,02)	,15a (,02)	,15a (,02)	,15 (,02)
P															
N/91	,88 (,34)	1,03 (,29)	1,76 (1,07)	1,62 (,29)	1,32 (,66)	1,47 (,76)	3,68 (2,22)	2,35 (,83)	4,26 (1,62)	2,94 (1,74)	1,18 (,63)	2,35 (2,04)	2,06 (,94)	2,94 (1,78)	2,13a (1,54)
J/92	,59 (,00)	,74 (,29)	,88 (,34)	1,03 (,29)	,81 (,29)	2,79 (1,82)	9,17 (12,88)	4,12 (2,09)	2,65 (1,83)	4,68 (6,55)	1,69 (1,68)	4,95 (9,56)	2,50 (2,22)	1,84 (1,49)	2,75a (4,97)
A/92	,59 (,00)	,59 (,00)	,88 (,34)	1,18 (,48)	,81 (,36)	1,62 (1,00)	3,79 (4,85)	2,06 (,76)	2,35 (1,98)	2,46 (2,55)	1,10 (,86)	2,19 (3,61)	1,47 (,83)	1,76 (1,47)	1,63b (1,98)
Méd	,69 (,23)	,78 (,29)	1,18 (,75)	1,27 (,42)	,98A (,52)	1,96 (1,31)	5,55 (7,76)	2,84 (1,56)	3,09 (1,86)	3,36B (4,20)	1,32a (1,13)	3,17a (5,89)	2,01a (1,47)	2,18a (1,61)	2,17 (3,21)
K															
N/91	52 (7)	70 (17)	63 (11)	50 (4)	59 (13)	65 (27)	78 (13)	81 (14)	87 (21)	78 (19)	58 (20)	74 (14)	72 (15)	68 (24)	68a (19)
J/92	46 (9)	48 (8)	51 (10)	44 (11)	47 (9)	88 (35)	75 (9)	86 (10)	65 (7)	78 (19)	67 (32)	61 (16)	68 (20)	55 (14)	63a (21)
A/92	50 (13)	58 (5)	56 (12)	60 (23)	56 (14)	64 (4)	83 (22)	78 (13)	84 (14)	78 (16)	57 (12)	70 (20)	67 (17)	73 (22)	67a (18)
Méd	49 (9)	59 (14)	57 (11)	51 (15)	54A (13)	72 (26)	78 (15)	82 (12)	79 (17)	78B (18)	61a (22)	69a (17)	69a (17)	65a (21)	66 (19)

As médias seguidas pelas mesmas letras na mesma coluna ou na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Tabela III. Influência da calagem e de fertilizantes sobre a disponibilidade de cálcio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) e magnésio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação nativa do cerrado. Desvio padrão entre parênteses.

Mês	NPK 1 (sem adubação)					NPK2 (com adubação)					Média				
	Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha				
	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média
	Ca														
N/91	79 (38)	1137 (1101)	2149 (2375)	3481 (1086)	1712 (1814)	134 (61)	1595 (1469)	2224 (1575)	3696 (1323)	1912 (1739)	106 (55)	1366 (1226)	2187 (1866)	3589 (1127)	1812a (1751)
J/92	28 (7)	225 (168)	1554 (812)	826 (1156)	658 (884)	212 (214)	638 (647)	2030 (2293)	866 (639)	936 (1307)	120 (171)	432 (490)	1792 (1612)	846 (865)	797b (1107)
A/92	26 (17)	236 (159)	228 (86)	1640 (1447)	533 (932)	186 (119)	196 (100)	595 (356)	725 (640)	441 (424)	95 (110)	216 (125)	411 (309)	1183 (1145)	489c (721)
Méd	44 (34)	533 (738)	1310 (1557)	1982 (1613)	968A (1364)	177 (137)	810 (1038)	1616 (1649)	1762 (1656)	1111A (1406)	108a (117)	671b (892)	1463c (1576)	1872d (1603)	1038 (1380)
	Mg														
N/91	14,6 (3,8)	38,3 (8,6)	29,6 (2,7)	37,6 (10,6)	30,0 (11,8)	18,2 (8,2)	29,4 (6,7)	34,2 (16,9)	36,9 (11,1)	29,7 (12,6)	16,4 (6,2)	33,9 (8,6)	31,9 (11,5)	37,2 (10,0)	29,8a (12,0)
J/92	9,0 (2,4)	15,8 (8,5)	27,0 (10,2)	17,0 (10,4)	17,2 (10,1)	19,8 (11,5)	16,7 (11,0)	30,9 (28,9)	18,4 (6,5)	21,5 (16,1)	14,4 (9,6)	16,2 (9,1)	29,0 (20,1)	17,7 (8,1)	19,3b (13,4)
A/92	8,6 (2,4)	19,0 (10,3)	14,3 (4,2)	23,9 (5,6)	16,4 (8,1)	15,1 (5,2)	12,2 (3,5)	17,7 (5,0)	18,2 (3,8)	15,9 (4,6)	11,4 (4,9)	15,6 (8,0)	16,0 (4,7)	21,0 (5,4)	16,2c (6,6)
Méd	10,7 (3,9)	24,4 (13,3)	23,6 (9,1)	26,1 (12,2)	21,2A (11,7)	18,0 (8,3)	19,4 (10,3)	27,6 (19,2)	24,5 (11,5)	22,5A (13,2)	14,2a (7,3)	21,9b (11,9)	25,6c (14,8)	25,3c (11,6)	21,9 (12,5)

As médias seguidas pelas mesmas letras na mesma coluna ou na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Tabela IV. Influência da calagem e de fertilizantes sobre a disponibilidade de ferro ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ), manganês ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) e cobre ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação nativa do Cerrado. Desvio padrão entre parênteses.

Mês	NPK1 (sem adubação)					NPK2 (com adubação)					Média				
	Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha				
	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média
	Fe														
N/91	60,0 (12,8)	52,5 (13,8)	57,0 (12,8)	61,1 (14,5)	57,6 (12,5)	55,0 (10,9)	58,8 (7,3)	48,6 (10,6)	62,4 (16,7)	56,2 (11,8)	57,5 (11,3)	55,7 (10,8)	52,8 (11,7)	61,7 (14,5)	56,9a (12,0)
J/92	61,1 (6,5)	67,1 (13,7)	77,0 (4,3)	69,1 (9,9)	68,6 (10,2)	70,5 (8,0)	65,6 (11,3)	68,3 (6,0)	63,8 (11,3)	67,1 (8,8)	65,8 (8,4)	66,4 (11,6)	72,6 (6,7)	66,5 (10,3)	67,8b (9,4)
A/92	63,1 (17,1)	64,2 (12,4)	66,7 (8,7)	63,4 (11,2)	64,4 (11,5)	56,2 (7,1)	70,7 (4,0)	71,3 (12,1)	69,9 (10,3)	67,0 (10,3)	59,7 (12,7)	67,5 (9,2)	69,0 (10,0)	66,6 (10,5)	65,7b (10,8)
Méd	61,4 (11,8)	61,3 (13,7)	66,9 (11,9)	64,5 (11,4)	63,5A (12,1)	60,6 (10,8)	65,1 (8,9)	62,7 (13,8)	65,4 (12,3)	63,4A (11,4)	61,0a (11,0)	63,2a (11,5)	64,8a (12,8)	64,9a (11,6)	63,5 (11,7)
	Mn														
N/91	6,02 (1,63)	12,05 (4,3)	13,0 (9,72)	15,4 (1,0)	11,62 (6,01)	8,28 (2,37)	10,37 (1,54)	12,33 (3,3)	21,11 (7,97)	13,02 (6,47)	7,15 (2,24)	11,21 (3,12)	12,66 (6,73)	18,26 (6,08)	12,32 (6,19)
J/92	5,31 (1,63)	6,31 (2,84)	9,16 (3,37)	5,58 (1,56)	6,59 (2,72)	9,24 (3,31)	9,28 (3,8)	9,09 (6,01)	6,79 (2,66)	8,60 (3,87)	7,27 (3,20)	7,80 (3,51)	9,13 (4,51)	6,19 (2,12)	7,59 (3,44)
A/92	4,87 (1,39)	6,44 (1,64)	4,63 (1,39)	10,11 (3,76)	6,51 (3,04)	6,78 (2,62)	5,75 (1,60)	6,92 (1,08)	7,33 (6,68)	6,69 (1,60)	5,82 (2,19)	6,09 (1,54)	5,77 (1,68)	8,72 (2,91)	6,60 (2,39)
Méd	5,40 (1,49)	8,27 (3,97)	8,93 (6,49)	10,37 (4,74)	8,24A (4,76)	8,10 (2,74)	8,47 (3,10)	9,44 (4,31)	11,74 (8,20)	9,44A (5,11)	6,75a (2,56)	8,37b (3,49)	9,19c (5,39)	11,06d (6,59)	8,84 (4,95)
	Cu														
N/91	1,57 (,35)	1,36 (,17)	1,15 (,43)	1,19 (,15)	1,32 (,32)	1,34 (,35)	1,27 (,21)	1,18 (,32)	,90 (,22)	1,17 (,30)	1,46 (,34)	1,32 (,18)	1,16 (,35)	1,05 (,23)	1,25a (,31)
J/92	1,57 (,10)	1,61 (,15)	1,58 (,11)	1,64 (,22)	1,60 (,14)	1,57 (,17)	1,46 (,25)	1,55 (,39)	1,47 (,23)	1,51 (,25)	1,57 (,13)	1,54 (,20)	1,56 (,27)	1,56 (,23)	1,56b (,20)
A/92	1,76 (,10)	1,68 (,26)	2,04 (,23)	1,61 (,34)	1,77 (,28)	1,53 (,50)	1,87 (,13)	1,76 (,27)	1,61 (,13)	1,69 (,30)	1,64 (,36)	1,77 (,22)	1,90 (,28)	1,61 (,24)	1,73c (,29)
Méd	1,63 (,22)	1,55 (,23)	1,59 (,46)	1,48 (,35)	1,56A (,31)	1,48 (,35)	1,53 (,32)	1,50 (,39)	1,33 (,37)	1,46B (,35)	1,56a (,29)	1,54a (,27)	1,54a (,42)	1,40a (,34)	1,51 (,34)

As médias seguidas pelas mesmas letras na mesma coluna ou na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Tabela V. Influência da calagem e de fertilizantes sobre a disponibilidade de zinco (mg.kg<sup>-1</sup>) e o teor de matéria orgânica em Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação nativa do cerrado. Desvio padrão entre parênteses.

Mês	NPK1 (sem adubação)					NPK2 (com adubação)					Média				
	Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha					Nível de Calagem, t/ha				
	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média	0	2,8	5,6	8,4	Média
	Zn														
N/91	1,68 (,99)	1,64 (,21)	1,47 (,13)	2,73 (2,73)	1,88 (1,40)	1,63 (,51)	1,50 (,22)	2,41 (1,23)	1,73 (,08)	1,82 (,71)	1,65 (,73)	1,57 (,21)	1,94 (,95)	2,23 (1,87)	1,85 (1,09)
J/92	1,57 (,37)	1,33 (,14)	1,41 (,31)	1,31 (,45)	1,41 (,32)	1,91 (,74)	1,73 (,23)	2,03 (,80)	1,37 (,36)	1,76 (,58)	1,74 (,57)	1,53 (,27)	1,72 (,65)	1,34 (,38)	1,58 (,50)
A/92	1,42 (,09)	1,83 (,63)	3,08 (2,89)	1,59 (,32)	1,98 (1,49)	1,79 (,31)	2,95 (1,46)	2,24 (,53)	1,77 (,36)	2,19 (,88)	1,60 (,29)	2,39 (1,20)	2,66 (1,97)	1,68 (,33)	2,08 (1,21)
Méd	1,56 (,56)	1,60 (,41)	1,98 (1,72)	1,88 (1,59)	1,75A (1,20)	1,78 (,51)	2,06 (1,03)	2,23 (,83)	1,62 (,33)	1,92A (,74)	1,67a (,54)	1,83a (,80)	2,10a (1,33)	1,75a (1,13)	1,84 (,99)

matéria orgânica															
N/91	3,81 (,15)	3,54 (1,02)	3,73 (,18)	3,66 (,07)	3,68 (,48)	3,87 (,98)	3,85 (,69)	3,67 (,30)	3,94 (,28)	3,83 (,58)	3,84 (,65)	3,69 (,82)	3,70 (,23)	3,80 (,24)	3,76a (,53)
J/92	3,43 (,33)	3,58 (,56)	3,88 (,17)	3,46 (,35)	3,58 (,39)	4,07 (,29)	3,25 (,91)	3,81 (,54)	3,54 (,21)	3,67 (,59)	3,75 (,45)	3,41 (,72)	3,84 (,37)	3,50 (,27)	3,63a (,49)
A/92	3,34 (,19)	3,63 (,42)	4,46 (1,55)	3,63 (,27)	3,77 (,85)	3,76 (,51)	3,91 (,43)	3,73 (,28)	3,63 (,42)	3,76 (,39)	3,55 (,42)	3,77 (,42)	4,09 (1,11)	3,63 (,33)	3,76a (,65)
Méd	3,53 (,30)	3,58 (,65)	4,02 (,88)	3,58 (,25)	3,68A (,60)	3,90 (,61)	3,67 (,71)	3,74 (,36)	3,70 (,34)	3,75A (,52)	3,71a (,51)	3,63a (,67)	3,88a (,68)	3,64a (,30)	3,72 (,56)

As médias seguidas pelas mesmas letras na mesma coluna ou na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Tabela VI. Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em *Dimorphandra mollis*, espécie arbórea nativa do cerrado.

Nutriente	Nível de Calagem, t/ha				Nível de NPK	
	0	2,8	5,6	8,4	1	2
	24	30	30	n 36	48	72
	----- mg.g <sup>-1</sup> -----					
N	31,4	32,3	31,9	31,4	30,1	32,8
P	0,76	0,90	0,77	0,72	0,77	0,78
K	2,14	2,28	2,31	2,28	2,14	2,35
Ca	2,81	2,97	4,84	5,44	4,08	4,33
Mg	1,43	1,43	1,47	1,52	1,44	1,49
	----- mg.kg <sup>-1</sup> -----					
Fe	204	237	185	192	194	209
Mn	46	38	38	45	37	45
Cu	10	10	10	9	9	10
Zn	50	45	46	45	45	47
Al	485	470	401	462	455	451

n = número de amostras.

Tabela VII. Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em *Didymopanax macrocarpum*, espécie arbórea nativa do cerrado.

Nutriente	Nível de Calagem, t/ha				Nível de NPK	
	0	2,8	5,6	8,4	1	2
	36	36	54	n 18	66	78
----- mg.g-1 -----						
N	10,1	10,4	10,4	9,3	9,6	10,6
P	0,46	0,48	0,45	0,40	0,43	0,47
K	5,22	4,30	5,12	3,95	4,72	4,76
Ca	5,39	7,22	6,01	12,81	5,94	8,44
Mg	2,16	2,27	1,93	2,35	2,05	2,22
----- mg.kg-1 -----						
Fe	138	114	123	127	122	128
Mn	199	127	139	130	141	155
Cu	8	9	9	9	8	9
Zn	51	53	50	56	52	52
Al	412	389	416	391	404	405

n = número de amostras.

Tabela VIII. Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em *Dalbergia violacea*, espécie arbórea nativa de cerrado.

Nutriente	Nível de Calagem, t/ha				Nível de NPK	
	0	2,8	5,6	8,4	1	2
	48	36	42	n 36	78	78
	----- mg.g <sup>-1</sup> -----					
N	21,0	21,1	20,5	20,1	20,5	20,9
P	0,46	0,48	0,50	0,46	0,47	0,47
K	1,81	2,21	2,26	2,03	2,21	1,92
Ca	7,59	5,87	9,08	12,55	8,14	9,21
Mg	2,19	2,11	2,18	2,09	2,13	2,17
	----- mg.kg <sup>-1</sup> -----					
Fe	132	130	137	124	131	131
Mn	101	88	86	77	85	93
Cu	10	11	10	10	10	10
Zn	45	47	45	50	46	48
Al	362	385	390	414	377	394

n = número de amostras.

Tabela IX. Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em *Ouatea hexasperma*, espécie arbórea nativa do cerrado.

Nutriente	Nível de Calagem, t/ha				Nível de NPK	
	0	2,8	5,6	8,4	1	2
	18	30	24	n 24	60	36
	----- mg.g <sup>-1</sup> -----					
N	14,3	12,7	13,1	14,1	13,1	14,0
P	0,52	0,56	0,50	0,62	0,51	0,60
K	3,71	4,01	4,20	4,19	4,12	3,92
Ca	8,25	11,41	9,26	14,02	10,67	11,37
Mg	2,31	1,84	1,74	1,72	1,82	1,96
	----- mg.kg <sup>-1</sup> -----					
Fe	108	113	117	112	110	117
Mn	400	310	170	236	235	337
Cu	11	11	10	10	10	11
Zn	53	53	50	50	52	51
Al	392	400	372	373	369	412

n = número de amostras.

Tabela X. Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em *Roupala montana*, espécie arbórea nativa do cerrado.

Nutriente	Nível de Calagem, t/ha				Nível de NPK	
	0	2,8	5,6	8,4	1	2
	48	48	42	n 48	96	90
	----- mg.g-1 -----					
N	9,9	9,8	10,0	9,8	9,7	10,0
P	0,46	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47
K	3,14	3,78	3,07	3,59	2,96	3,90
Ca	3,27	2,76	3,93	3,57	3,43	3,27
Mg	1,92	1,79	1,81	1,73	1,82	1,80
	----- mg.kg-1 -----					
Fe	186	152	186	147	173	160
Mn	124	95	148	120	123	117
Cu	8	8	9	8	8	8
Zn	44	45	45	45	45	45
Al	575	475	637	510	578	507

n = número de amostras.

Tabela XI. Efeitos da adubação e calagem nas concentrações foliares de nutrientes, em *Stryphnodendron adstringens*, espécie arbórea nativa do cerrado.

Nutriente	Nível de Calagem, t/ha				Nível de NPK	
	0	2,8	5,6	8,4	1	2
	30	30	42	n 18	66	54
	----- mg.g-1 -----					
N	21,8	22,1	22,2	22,3	20,7	23,9
P	0,52	0,51	0,52	0,56	0,51	0,55
K	2,88	3,18	2,85	3,09	2,76	3,27
Ca	4,83	7,57	6,61	8,85	6,04	8,02
Mg	1,72	1,54	1,68	1,57	1,55	1,74
	----- mg.kg-1 -----					
Fe	101	109	107	101	102	109
Mn	35	33	31	36	33	34
Cu	7	7	7	7	7	7
Zn	45	45	46	45	45	46
Al	329	391	419	323	372	374

n = número de amostras.

Tabela XII. Valores médios das concentrações foliares dos macronutrientes nas espécies estudadas.

Espécie	N	P	K	Ca	Mg
<i>D. mollis</i>	31,7	0,78	2,26	4,23	1,47
<i>D. violacea</i>	20,6	0,47	2,06	8,69	2,15
<i>S. adstringens</i>	22,1	0,53	2,99	6,91	1,63
<i>D. macrocarpum</i>	10,1	0,45	4,74	7,28	2,14
<i>O. hexasperma</i>	13,4	0,55	4,04	10,93	1,87
<i>R. montana</i>	9,8	0,47	3,42	3,35	1,81

Tabela XIII. Valores médios das concentrações foliares de micronutrientes nas espécies estudadas.

Espécie	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
<i>D. mollis</i>	202	41	10	46	452
<i>D. violacea</i>	130	89	10	46	386
<i>S. adstringens</i>	105	33	7	45	372
<i>D. macrocarpum</i>	125	148	8	52	404
<i>O. hexasperma</i>	112	273	10	51	385
<i>R. montana</i>	166	120	8	44	543