



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL

COMPARAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE ALGUMAS ESPÉCIES,
ACUMULADORAS E NÃO ACUMULADORAS DE ALUMÍNIO,
NATIVAS DO CERRADO

ROGÉRIO AMAURY DE MEDEIROS

Dissertação apresentada ao Departamento
de Biologia Vegetal, da Universidade de
Brasília, como requisito parcial à obten-
ção do Grau de Mestre em Ecologia.

BRASÍLIA

1983

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL

COMPARAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE ALGUMAS ESPÉCIES,
ACUMULADORAS E NÃO ACUMULADORAS DE ALUMÍNIO,
NATIVAS DO CERRADO

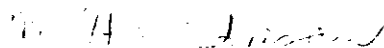
ROGÉRIO AMAURY DE MEDEIROS

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

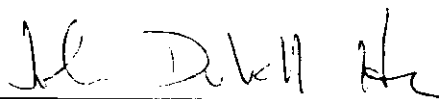
Brasília
1983

Trabalho realizado junto ao Laboratório de Ecologia do Departamento de Biologia Vegetal, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob a orientação do Professor Mundayatan Haridasan, com suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES), e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) (Convênio FUE/FINEP - 81.951).

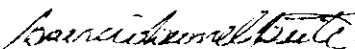
Aprovado por



Prof. Mundayatan Haridasan
Professor Orientador



Prof. John DuVall Hay
Membro da Banca Examinadora



Prof. Laércio Leonel Leite
Membro da Banca Examinadora

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Cerrado	3
2.2 Queimadas	5
2.3 Alumínio no solo e nas plantas	7
2.4 Nutrição mineral	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Localização da área de estudo	17
3.2 Planejamento Experimental	17
3.3 Escolha das espécies	19
3.4 Distribuição das chuvas	20
3.5 Descrição do solo	23
3.6 Vegetação	25
3.7 Coleta e análise de solos	25
3.8 Coleta e análise foliar	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Levantamento fitossociológico	30
4.2 Solos	33
4.3 Conteúdo de nutrientes e alumínio	37
4.4 Sazonalidade	57
4.5 Efeito da queimada	66
4.6 Desenvolvimento foliar	70
4.7 Correlações entre elementos	73
5. CONCLUSÕES	76
6. BIBLIOGRAFIA	79

RELAÇÃO DAS TABELAS

	Página
1. Espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, escolhidas para o estudo	21
2. Descrição do perfil do solo da área de estudo	24
3. Espécies arbóreas, em ordem de importância da área de estudo	31
4. Espécies arbustivas, em ordem de importância da área de estudo	32
5. Características químicas do solo da área queimada, 2 meses antes, 3 e 7 meses após o fogo	35
6. Características químicas do solo da área não queimada, em duas épocas do ano	36
7. Concentração foliar de alumínio em algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado	39
8. Concentração foliar de potássio em algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado	43
9. Concentração foliar de cálcio em algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado	47
10. Concentração foliar de magnésio em algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado	50
11. Concentração foliar de fósforo em algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado	54
12. Concentração foliar de nitrogênio em algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado	58

13. Análise de variância das concentrações foliares de nutrientes e alumínio de espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado	67
14. Comparação entre a concentração de nutrientes e alumínio em folhas jovens e maduras	71
15. Coeficientes de correlação entre as concentrações foliares de nutrientes e alumínio das espécies	74

RELAÇÃO DAS FIGURAS

	Página
1. Precipitação mensal, registrada na área de estudo e média de 12 anos para a área de Brasília, DF	22
2. Variação sazonal da concentração foliar de alumínio em 4 espécies acumuladoras e 4 não acumuladoras de alumínio nativas do cerrado, em duas áreas: A e C, queimada e B e D, não queimada	40 - 41
3. Variação sazonal da concentração foliar de potássio em 4 espécies acumuladoras e 4 não acumuladoras de alumínio nativas do cerrado, em duas áreas: A e C, queimada e B e D, não queimada	44 - 45
4. Variação sazonal da concentração foliar de cálcio em 4 espécies acumuladoras e 4 não acumuladoras de alumínio nativas do cerrado, em duas áreas: A e C, queimada e B e D, não queimada	48 - 49
5. Variação sazonal da concentração foliar de magnésio em 4 espécies acumuladoras e 4 não acumuladoras de alumínio nativas do cerrado, em duas áreas: A e C, queimada e B e D, não queimada	51 - 52
6. Variação sazonal da concentração foliar de fósforo em 4 espécies acumuladoras e 4 não acumuladoras de alumínio nativas do cerrado, em duas áreas: A e C, queimada e B e D, não queimada	55 - 56
7. Variação sazonal da concentração foliar de nitrogênio, em 4 espécies acumuladoras e 4 não acumuladoras de alumínio nativas do cerrado, em duas áreas: A e C, queimada e B e D, não queimada	59 - 60

RESUMO

Foi comparado o estado nutricional de 4 espécies acumuladoras de alumínio (Palicourea rigida, Vochysia elliptica, Qualea parviflora e Miconia albicans) com o de 4 espécies não acumuladoras de alumínio (Ouratea hexasperma, Roupala montana, Caryocar brasiliense e Sclerolobium aureum), dos estratos arbustivo e arbóreo, nativas do cerrado. O estudo foi realizado, durante um ano, em uma área de cerrado, sentido restrito, de latossolo vermelho escuro, no Distrito Federal, Brasil. Foram comparadas ainda, as concentrações foliares de nutrientes das plantas em uma área queimada e outra não queimada e das folhas em diferentes etapas de desenvolvimento.

Um levantamento fitossociológico da área mostrou que apenas 5 em 38 espécies arbóreas e 6 em 42 espécies arbustivas eram acumuladoras de alumínio. Estas, entretanto, representaram aproximadamente 30% dos indivíduos amostrados.

Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos de espécies nas concentrações foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. As diferenças entre as espécies foram mais marcantes do que entre os grupos. As concentrações de potássio e nitrogênio foram significativamente maiores nas folhas das plantas da área queimada em relação às da área não queimada, apenas em algumas espécies. As folhas jovens de todas as espécies apresentaram concentrações significativamente maiores de nitrogênio, fósforo e potássio em relação às folhas maduras, independente do teor de alumínio. As folhas maduras das espécies não acumuladoras apresentaram concentrações significativamente maiores de alumínio em relação às folhas jovens, porém entre as acumuladoras esta diferença só foi observada em uma das espécies. O conteúdo de alumínio nas folhas das espécies estudadas não apresentou correlações significativas com os nutrientes analisados, exceto por fracas correlações negativas com potássio nas não acumuladoras e com fósforo nas acumuladoras.

SUMMARY

The nutritional status of four aluminium-accumulating (Palicourea rigida, Vochysia elliptica, Qualea parviflora and Miconia albicans) and four nonaccumulating species (Ouatea hexasperma, Roupala montana, Caryocar brasiliense and Sclerolobium aureum) of the tree and shrub communities of the cerrado region was compared over a period of one year in an area of the cerrado, sensu strictu with a dark red latossol in the Federal District of Brazil. Also, comparisons were made of the foliar nutrient contents of plants in an unburnt and a burnt area and of young and mature leaves.

A phytossociological survey of the area showed that only 5 out of 38 tree species and 6 out of 42 shrub species were aluminium accumulators. These species, however, account for nearly 30% of the individual trees and shrubs in the community.

No significant differences were observed between the two groups of species in their leaf concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium, often the differences among the species being more marked than that between the groups. The concentrations of nitrogen and potassium were significantly higher in the leaves of plants in the burnt area than in the unburnt area only in some species. The younger leaves of all species were found to have significantly higher concentrations of nitrogen, phosphorus, and potassium than more mature leaves, irrespective of their aluminium levels. The older leaves of nonaccumulators had significantly higher concentrations of aluminium than younger leaves, but among the accumulators this difference was observed just in one species. The leaf levels of aluminium in these species were not found to be significantly correlated with that of the nutrients, except for a weak negative correlation with potassium in the nonaccumulating species and with phosphorus in the accumulating species.

1. INTRODUÇÃO

A área dos cerrados do Planalto Central brasileiro vem sendo considerada como a melhor opção atual para a interiorização da agricultura no Brasil. Dentre as metas do III Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) está incluída a ocupação desta área através de um aproveitamento adequado dos recursos disponíveis.

Os grandes problemas que afetam a produção de alimentos e matéria-prima para energia nesta região, são a reconhecida pobreza de nutrientes, a elevada acidez e a saturação de alumínio nos solos (LOPES & COX, 1977). As plantas destinadas tanto à produção de alimentos quanto à produção de energia, quando introduzidas neste ambiente, têm sua produtividade diminuída devido a estes problemas, que são comuns a maioria dos solos da região Centro-Oeste.

Para se obter uma produção economicamente viável, principalmente de alimentos básicos, se faz necessário a correção e adubação dos solos. Na conjuntura energética mundial, estão sendo feitos grandes esforços para reduzir a quantidade de insumos utilizados na agricultura. No cerrado em particular são verificadas altas taxas de insumo por unidade de produção.

Uma das alternativas mais promissoras para aumentar a produtividade dos sistemas agrônômicos e silviculturais no cerrado é a introdução e seleção de germoplasmas adaptados às condições do solo e do clima. Quanto à toxidez de alumínio alguns esforços têm sido feitos neste sentido (FAGERIA & ZIMMERMAN, 1979; SILVA, 1976).

O alumínio é um elemento que quando disponível em grande quantidade no solo afeta sensivelmente a produtividade da maioria das plantas conhecidas (FOY, 1974). Para suportar os altos teores deste elemento nos solos do cerrado, as plantas nativas podem apresentar duas estratégias adaptativas diferentes: a acumulação do alumínio em seus tecidos em formas fisiologicamente inertes ou o impedimento da absorção deste elemento nas raízes (GOODLAND, 1979). Estes mecanismos, desenvolvidos através da evolução permitem que estas plantas superem satisfatoriamente

as deficiências do solo, embora a produtividade seja relativamente baixa.

Este trabalho analisa as variações do estado nutricional de quatro espécies acumuladoras e quatro não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado. Os objetivos principais foram: verificar se existem diferenças entre os grupos de espécies quanto ao conteúdo foliar de potássio, cálcio, magnésio, fósforo e nitrogênio, devido à presença do alumínio em maior ou menor quantidade; e observar como variam as concentrações destes elementos em relação às diferentes épocas do ano.

Outros objetivos do estudo foram: verificar, através de um levantamento fitossociológico, a importância relativa das espécies acumuladoras de alumínio na área de estudo; analisar as variações nos teores de elementos das folhas e do solo, devido à ocorrência de uma queimada natural; observar as diferenças em concentração de elementos durante a maturação foliar; e finalmente, detectar possíveis correlações entre a concentração foliar dos elementos analisados.

Este trabalho é de grande importância para a compreensão do fenômeno nutricional das plantas do cerrado e poderá fornecer subsídios para a detecção de características relevantes que possam ser utilizadas no selecionamento de cultivares adaptados ao ecossistema do cerrado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cerrado

Talvez de todos os tipos de vegetação, a savana seja o mais difícil de se definir, o menos compreendido, e aquele cuja origem esteja mais sujeita a controvérsias (COLE, 1960). As considerações a seguir, sobre os fatores determinantes da origem deste ecossistema, se revestem de grande importância uma vez que é possivelmente neles que residem as respostas para o aproveitamento futuro da região.

A partir da metade do século XX, quando começaram a ser in-crementadas as pesquisas sobre as savanas tropicais, foi dada bastante atenção aos fatores determinísticos desta região. As savanas da América do Sul foram consideradas como determinadas exclusivamente pelas condições edáficas (BEARD, 1953), enquanto outros achavam que o fogo também exercia papel fundamental (BUDOWSKI, 1956). Muitas contradições nestas considerações foram observadas na literatura (COLE, 1960), porém quase sempre os fatores edáficos foram mencionados como de grande importância (ALVIM & ARAÚJO, 1952; ALVIM, 1954; GOODLAND, 1970). O cerrado já foi considerado como sub-climax derivado da ação conjugada de derrubadas e queimadas, porém sem desprezar o fator edáfico (BEIGUELMAN, 1963). As savanas do Alto Orinoco foram consideradas como uma forma de vegetação natural, estável e condicionadas edaficamente pela presença de crostas subterrâneas (WALTER, 1969).

Vários autores não acreditavam na existência de apenas um fator responsável pelo aparecimento deste tipo de vegetação mas sim na concorrência e interação de diversos fatores (COLE, 1960; FOLDATS & RUTKIS, 1965; GOODLAND, 1970; EITEN, 1972). Esta idéia de multiplicidade de fatores, que parece ser a que melhor interpreta o problema, foi então sintetizada na teoria holocenótica, que menciona fatores como o clima, solo, fogo e o homem (SARMIENTO & MONASTERIO, 1975).

Embora boas revisões bibliográficas sobre os trabalhos desenvolvidos no cerrado possam ser encontradas na literatura (FERRI, 1963, 1979; GOODLAND, 1979), as pesquisas mais importantes em relação ao nosso estudo, são comentadas a seguir.

O cerrado, que ocupa cerca de 200 milhões de hectares, aproximadamente 25% do território nacional, começou a merecer a atenção do mundo científico a partir das observações florísticas pioneiras de naturalistas europeus que por aqui passaram no século XIX. Dentre estes, destacamos o trabalho de WARMING (1908), que estudou detalhadamente a vegetação e ecologia do cerrado de Lagoa Santa, MG.

A primeira curiosidade observada sobre este tipo de vegetação, foi a presença de vegetação retorcida e de aspecto xeromorfo, ao invés de uma vegetação tropical típica. Segundo a crença geral, isto estaria relacionado com o padrão climático regional com uma estação seca bem definida e rigorosa (GOODLAND, 1979). Apenas a partir de meados do século XX esta idéia começou a ser contestada. Alguns autores observaram que plantas típicas do cerrado não apresentavam sinais de murchamento mesmo no auge da estação seca (RAWITSCHER, 1942; FERRI, 1943).

Estes trabalhos despertaram a curiosidade dos pesquisadores em atividade no Brasil para este tipo de vegetação. RAWITSCHER, FERRI & RACHID (1943) mostraram que a maioria das plantas no cerrado possuem sistema radicular profundo permitindo que estas não sofram falta de água em qualquer época do ano. Além disso, as plantas apresentam frequentemente verdadeiros troncos subterrâneos, xilopódios, que primeiramente se pensou funcionarem como reservatórios de água (RAWITSCHER & RACHID, 1946). Comparações entre o balanço hídrico de plantas do cerrado e da caatinga mostraram que apenas na segunda área, onde a água é realmente limitante, as plantas mostravam restrição ao consumo hídrico, embora apresentassem xeromorfismo pouco desenvolvido (FERRI, 1955; FERRI & COUTINHO, 1958). Estudos de transpiração de espécies arbóreas dos "llanos" venezuelanos mostraram que estas também apresentavam altas taxas durante todo o ano (VARESCHI, 1960).

ALVIM & ARAÚJO (1952) e WAIBEL (1948) foram os primeiros autores a relacionar o aspecto geral da vegetação do cerrado com as características químicas do solo. No final da década de 50, foi desenvolvida a hipótese do escleromorfismo oligotrófico da vegetação do cerrado, segundo a qual ocorreria nas folhas um excesso de hidratos de carbono produzidos pela fotossíntese em relação aos que são consumidos no crescimento e respiração (ARENS, 1958a,b, 1963). Devido à relativa falta de elementos

minerais, este excesso seria alocado na formação de membranas espessas, esclerênquima, cutícula e cêra, que resultariam no aspecto escleromorfo. Uma comparação entre características foliares de espécies em ambientes com diferentes teores de matéria orgânica, mostrou que caracteres menos xeromorfos apareciam nos ambientes mais ricos (BEIGUELMAN, 1962). Na tentativa de correlacionar o fator nutricional com a economia de água, foi observado que plantas do cerrado quando submetidas a tratamentos com alguns nutrientes, apresentavam maior mobilidade estomática e certa restrição à transpiração (ARENS, FERRI & COUTINHO, 1958). Uma comparação entre as floras do cerrado e sobre solos de serpentina mostrou que a deficiência de minerais parece ser, em ambos os casos, o fator responsável pela seleção de plantas escleromórficas comuns aos dois ambientes (ARENS, 1963). A alta acidez e pobreza de nutrientes dos solos do cerrado foi confirmada por RANZANI (1963).

2.2 Queimadas

O fogo é sem dúvida um importante fator de distúrbio do equilíbrio no processo de desenvolvimento de um ecossistema (BORMANN & LIKENS, 1979). As alterações causadas por incêndios em regiões de vegetação natural têm sido bastante discutidas na literatura e serão discutidos a seguir os aspectos mais importantes.

Os efeitos mais importantes de uma queimada são o aumento do pH e da disponibilidade de cátions na superfície do solo. Embora grande parte do C, N e S da biomassa queimada seja perdida para atmosfera, as quantidades destes elementos presentes no humus tornam-se disponíveis. De todos esses efeitos o aumento do pH é o mais importante, particularmente em solos ácidos (NYE & GREENLAND, 1960). Este aumento do pH é devido à liberação de Ca, K e Mg e diminuição do teor de Al (SEUBERT, SANCHEZ & VALVERDE, 1977; VOGL, 1974).

A interpretação dos efeitos de uma queimada é complicado pelo fato de que ocorrem simultaneamente várias mudanças como a adição de nutrientes, aumento do pH, remoção do litter e parte da cobertura vegetal e aquecimento do solo (NYE & GREENLAND, 1960; SHARROW & WRIGHT, 1977).

Comparando vários trabalhos sobre efeitos de queimadas nas propriedades físico-químicas do solo, AHLGREN & AHLGREN (1960) concluíram que é muito difícil se fazer conclusões gerais, ou seja, cada combinação de clima, vegetação, solo e espécies deve ser considerada individualmente.

A produtividade de um solo depende das entradas de nutrientes atmosféricas, de mineralização gradual do material de origem e, principalmente da utilização da matéria orgânica em decomposição (CHAPIN, BARSDATE & BAREL, 1978). Portanto a recorrência de queimadas não pode ser considerado um fator de melhoria da fertilidade do solo, a não ser que o grande e repentino fornecimento de nutrientes seja imediatamente incorporado no ciclo biológico antes que possa ser lixiviado (AHLGREN & AHLGREN, 1960).

Estudos sobre a distribuição de minerais no solo após queima da mostraram que o K é o elemento que melhor representa o movimento dos nutrientes no perfil do solo (ALLEN, EVANS & GRIMSHAW, 1969).

Em campos da Inglaterra, foi observado que os aumentos de Ca e P são relativamente baixos enquanto o K, embora seja o elemento mais abundante nas cinzas, é altamente lixiviado pelos 200-300mm de precipitação inicial após o fogo (LLOYD, 1971).

Um estudo dos efeitos de um grande incêndio em áreas da zona temperada dos EUA dominadas por Pinus, Populus e Betula, mostrou que os efeitos ainda estavam presentes na concentração de nutrientes das plantas mesmo três anos após a queimada (OHMANN & GRIGAL, 1979). Neste trabalho foi demonstrado que a quantidade total de nutrientes na biomassa aérea apresentava correlações com a quantidade no solo nos diferentes locais e ao longo do tempo após o fogo.

NILSEN & SCHLESINGER (1981), estudaram a fenologia, produtividade e acumulação de nutrientes em Lotus scoparius, um arbusto capaz de colonização rápida de locais atingidos por queimadas nos chaparral do sul da Califórnia. Eles mostraram que existiu: consistente sazonalidade nas concentrações foliares de N, P, Zn e Mn; incremento de Ca, Mg e Fe durante a maturação foliar; e reabsorção notável de N, P, K e Zn antes

da abscisão das folhas. Uma das conclusões deste estudo é a de que esta planta tem um importante papel na conservação de nutrientes que poderiam ser perdidos por escoamento superficial e lixiviação.

No cerrado a falta de estudos sobre a ação do fogo já havia sido salientada por GOODLAND & POLLARD (1973), que observaram que este era um dos tópicos de pesquisa mais urgentes. Nos últimos anos foram realizados vários estudos sobre este assunto nos cerrados brasileiros (CAVALCANTI, 1978; CESAR, 1980; COUTINHO, 1976, 1980, 1982). Foi observado que o fogo, assim como o corte ou dessecação, altera a composição florística e fenologia das espécies e as condições do solo (CESAR, 1980; COUTINHO, 1976). Estudando o teor de água e nutrientes minerais em xilopódios de espécies do cerrado durante o ano, COUTINHO, PAGANO & SARTORI (1978) mostraram que enquanto o conteúdo de água foi sempre baixo e relativamente constante, durante todo o ano, o de cinzas foi alto e apresentou um aumento claro e pronunciado após a ocorrência de queimada. Baseados nestes resultados eles concluíram que os xilopódios não devem ser considerados reservatórios de água, mas sim órgãos de estocagem de nutrientes.

CAVALCANTI (1978) observou incrementos de alguns elementos minerais no horizonte superficial do solo logo após uma queimada em um campo cerrado. Porém este incremento desapareceu após três meses, sugerindo que a maior parte dos nutrientes tenham sido absorvidos pelos sistemas radiculares superficiais do estrato herbáceo e subarbustivo, uma vez que não houveram aumentos significativos nos horizontes mais profundos. Estes dados levaram à conclusão de que o fogo seria prejudicial ao estrato arbóreo e arbustivo em favor do estrato herbáceo e subarbustivo (COUTINHO, 1982).

2.3 Alumínio no solo e nas plantas

A maior parte do Planalto Central brasileiro é caracterizada pela ocorrência de solos antigos, profundos, ácidos e altamente lixiviados (ALVIM & ARAÚJO, 1952; GOODLAND, 1979; LOPES & COX, 1977; OLMOS & CAMARGO, 1976; RANZANI, 1963; WAIBEL, 1948). Neste tipo de solo a presença de hidróxidos e fosfatos de alumínio em grandes quantidades é bastante conhecida (HUTCHINSON, 1943).

A toxidez causada pelo íon alumínio em plantas cultivadas é um tópico que tem merecido a atenção de muitos pesquisadores (CALBO & CAMBRAIA, 1980; CLARKSON, 1966, 1969; FOY, 1974, 1976; McCART & KAMPRATH, 1965; SILVA, 1976). Existe consenso de que o alumínio em altas concentrações no ambiente é tóxico à maioria das plantas. Os efeitos mais conhecidos desse íon são interferências em vários processos vitais nas raízes como: divisão celular, fixação de fósforo, respiração, reações enzimáticas e absorção, transporte e uso de elementos essenciais (FOY, 1976).

A solubilidade do alumínio e logo a severidade de sua toxidez às plantas são afetadas por vários fatores do solo como pH, tipo predominante de minerais de argila, concentração de outros cátions, concentração total de sais e conteúdo de matéria orgânica (FOY, 1974).

Um dos trabalhos pioneiros quanto ao estudo dos efeitos do alumínio nos solos, foi o desenvolvido por HARTWELL & PEMBER (1918), onde eles afirmaram que o principal efeito da calagem em solos ácidos era a precipitação do alumínio tóxico. Esta toxidez se torna particularmente severa quando o pH se encontra abaixo de 5,0, pois a solubilidade aumenta marcadamente (MAGISTAD, 1925).

O principal efeito da adição de superfosfato a solos onde o pH é muito baixo é na redução do alumínio disponível nas raízes (WRIGHT, 1937). Esta redução, segundo WRIGHT & DONAHUE (1953), se dá através da combinação dos dois elementos, principalmente na parte interna das raízes.

WALLIHAN (1948) estudou a influência do alumínio na nutrição de fósforo e contestou a hipótese de precipitação interna na forma de fosfato de alumínio, sugerindo a existência de outros mecanismos como trocas iônicas na retenção dos dois elementos na superfície das raízes.

A intolerância aos íons alumínio foi considerado o principal fator responsável pela inabilidade demonstrada pelas plantas calcícolas de germinar em solos ácidos (RORISON, 1960a, b). Confirmando as observações pioneiras sobre a toxidez do alumínio, McCART & KAMPRATH (1965) observaram que esta não ocorre em solos onde o pH se encontra acima de 5,5 enquanto que abaixo de 5,0 o alumínio torna-se o cátion predominante.

Estudando o comportamento de uma espécie característica de ambientes nutricionalmente pobres, com diferentes suprimentos de fósforo, CLARKSON (1967) sugeriu que a baixa taxa de crescimento apresentada por estas espécies pode ser um aspecto adaptativo de grande importância.

DAVIES & SNAYDON (1973) trabalhando com populações de Anthoxantum odoratum que ocorrem em solos ácidos e calcáreos, mostraram que as primeiras são mais tolerantes a altas concentrações de alumínio em soluções de cultura do que as provenientes de solos calcáreos.

Em seu longo trabalho sobre a biogeoquímica do alumínio, HUTCHINSON (1943) fez uma revisão de todos os trabalhos até aquela época que mencionavam teores desse elemento em tecidos de plantas. Neste trabalho ele já citava a existência de plantas acumuladoras de alumínio e sugeria que nestas talvez o elemento tivesse alguma importância metabólica.

Alguns efeitos estimulativos causados pelo alumínio no crescimento das raízes de plantas calcífugas já foram observados em experimentos com soluções nutritivas (HACKETT, 1962).

As plantas acumuladoras de alumínio foram definidas como sendo aquelas que apresentavam teores acima de 1000ppm em suas folhas (CHENERY, 1948a, b). A ocorrência de espécies com esta característica já foi descrita em várias regiões como Austrália, Brasil, Nova Guiné, Porto Rico e Venezuela. Porém, como observou WEBB (1954), estas espécies estão sempre restritas a solos tropicais e subtropicais sujeitos a intensa lixiviação.

CHENERY & SPORNE (1976) publicaram um interessante trabalho a respeito do estágio evolutivo das famílias de dicotiledôneas que apresentavam espécies acumuladoras de alumínio. Eles observaram que nestas famílias a ocorrência de caracteres primitivos é significativa e concluíram que a acumulação de alumínio provavelmente é também um carácter primitivo.

Com base nos altos valores de alumínio encontrados nos solos do cerrado e nos efeitos deste elemento na disponibilidade dos nutrien-

tes, GOODLAND (1971a,b) sugeriu que o escleromorfismo oligotrófico proposto por ARENS (1958a, b) seria uma consequência da toxidez de alumínio. Mais tarde ele mostrou que ao longo de um gradiente de forma fisionômicas, cerrado a campo sujo, ocorria paralelamente um gradiente de fertilidade, onde os principais nutrientes estavam correlacionados entre si positivamente e negativamente com o teor de alumínio (GOODLAND & POLLARD, 1973). Ainda existem contradições quanto a estas correlações (RIBEIRO, SILVA & AZEVEDO, 1981), e mais estudos se fazem necessários.

MALAVOLTA, SARRUGE & BITTENCOURT (1977) relataram a presença de toxidez de alumínio e manganês em solos do cerrado e sugeriram algumas linhas de pesquisa dentre as quais o estudo de absorção, transporte, redistribuição e acumulação destes elementos em espécies nativas.

2.4 Nutrição Mineral

A análise comparativa das concentrações foliares de elementos minerais foi considerada há bastante tempo um importante meio para estudar a relação de nutrientes entre o solo e a vegetação, com respeito às necessidades fisiológicas das espécies e taxa de disponibilidade de nutrientes no ambiente (THOMAS, 1937). Boas revisões sobre metodologia, expressão de resultados e possibilidades de interpretação de análises de minerais em tecidos vegetais podem ser encontradas na literatura (DRIESSCHE, 1974; SMITH, 1962).

O estudo das adaptações de plantas nativas em relação a ambientes edáficos pobres foi considerado um dos maiores desafios da ecologia vegetal (EPSTEIN, 1972).

A importância da fisiologia vegetal na interpretação da geografia das plantas foi demonstrada por MASON & STOUT (1954) através da revisão de vários trabalhos. Eles ressaltaram a forte ação seletiva dos fatores edáficos além dos climáticos, na evolução de espécies e ecotipos endêmicos.

Estudando o teor de fosfato no solo foi demonstrada a importante função deste na delimitação das comunidades vegetais do leste

Australiano (BEADLE, 1954). A esclerofilia foliar recebeu, pela primeira vez, uma interpretação nutricional, através das observações de LOVELESS (1961, 1962). Nestes estudos ele concluiu que concentrações foliares de fósforo menores que 0,3% acarretavam crescentes características escleromórficas que seriam a expressão do metabolismo de plantas tolerantes a baixos níveis de fosfato no solo. BEADLE (1966) sugeriu que a deficiência de fósforo no solo regularia também a utilização do nitrogênio pelas plantas e notou que as folhas esclerófilas se caracterizam por conteúdos muito baixos destes dois elementos.

Um extenso levantamento do conteúdo mineral da flora nativa de Wisconsin foi realizado na tentativa de compreender a distribuição da vegetação em função do ambiente edáfico (GERLOFF, MOORE & CURTIS, 1964). Após uma análise dos resultados obtidos os autores concluíram que as espécies podem apresentar comportamento nutricional completamente diverso através de absorção seletiva de minerais (GERLOFF, MOORE & CURTIS, 1966).

Estudando comunidades típicas da Flórida, MONK (1966) estabeleceu uma relação entre a ocorrência de espécies perenes em ambientes secos e nutricionalmente pobres, e espécies decíduas em ambientes de média fertilidade.

Comparando o crescimento de plantas nativas de ambientes pobres da Austrália com plantas cultivadas, foi observado que as primeiras tiveram seu melhor desenvolvimento em soluções nutritivas com baixos teores de fósforo e cálcio que induziram severos sintomas de deficiências nos cultivares (GRUNDON, 1972). O autor concluiu que esta adaptação parecia estar relacionada com altos teores de fósforo nas sementes e eficiente utilização metabólica deste elemento na produção de matéria seca.

Estudos em plantas características de turfeiras alagadas mostraram que estas são muito bem adaptadas ao ambiente excepcionalmente pobre em nutrientes, apresentando alta eficiência de utilização e reabsorção de elementos essenciais antes da abscisão foliar (SMALL, 1972).

A influência do teor de fósforo do solo no aparecimento de características escleromórficas foi confirmada mais tarde por STEUBLING & ALBERDI (1973). As espécies cultivadas quando introduzidas em solos

ácidos apresentam diferentes graus de tolerância ao baixo teor de fósforo disponível. Essas diferenças, segundo SALINAS & SANCHEZ (1976), são devidas a alguns mecanismos de adaptação como extensão do sistema radicular, presença de micorrizas e capacidade de absorção e translocação do fósforo. Outro fato importante salientado por estes autores é que em solos ácidos torna-se difícil a separação do efeito deletério da alta concentração de alumínio daquele provocado pelo baixo suprimento de fósforo.

Estudando o teor de nutrientes de comunidades florestais da Nova Scotia, Canadá, LANGILLE & MACLEAN (1976) observaram que a variação entre as espécies foi sempre maior do que a verificada sazonalmente e entre diferentes tecidos e locais. Segundo eles isto se deve primordialmente à capacidade das espécies de acumular elementos, assim como às limitações geológicas e ambientais. Fato semelhante foi observado por EL-GHONEMY, WALLACE & ROMNEY (1978) em espécies perenes do deserto de Mojave, Califórnia. Estes concluíram que para se entender o fenômeno nutricional se fazem necessários estudos detalhados de cada espécie.

A análise de elementos em plantas foi considerada parte fundamental da caracterização do nicho das espécies no hiperespaço mineral (GARTEN, 1978; WOODWELL, WHITTAKER & HOUGHTON, 1975). As concentrações no solo, entretanto, não são adequadas à caracterização do nicho ecológico uma vez que na maioria dos casos não apresentam correlação com o estado nutricional das espécies, devido aos mecanismos fisiológicos de absorção e exclusão diferenciais (GARTEN, 1978)

Em termos de distribuição geográfica é possível correlacionar as condições químicas do ambiente edáfico com características nutricionais das espécies, como por exemplo, espécies oceânicas são mais ricas em sódio. Porém, estas correlações são de difícil interpretação devido a influências desconhecidas de competição por íons, absorção seletiva pelas raízes e atividade microbiana (MARRS, 1978).

De modo geral, a taxa de crescimento das espécies apresenta correlações com a reatividade do solo e com as concentrações foliares de nitrogênio e fósforo (EVANS, 1980; LAMB, 1977; TILTON, 1978).

Espécies adaptadas a ambientes pobres em nutrientes retêm

mais as folhas verdes em relação a espécies de ambientes férteis (CHAPIN, 1980). O aumento da longevidade foliar é uma característica que proporciona várias vantagens como: maior retorno de carbono fotossintético por unidade de nitrogênio alocado (SMALL, 1972), maior sobrevivência a períodos de disponibilidade insuficiente de nutrientes capaz de sustentar a produção de folhas (CHAPIN, 1980), e menor suscetibilidade à lixiviação de nutrientes (TUKEY, 1970).

As concentrações de nutrientes de plantas nativas são considerados indicadores menos sensíveis da disponibilidade de nutrientes no solo em relação a plantas cultivadas (DRIESSCHE, 1974). Isto se deve a fatores como maior heterogeneidade ambiental, maior variação na taxa de crescimento e acúmulo em outros tecidos (CHAPIN, 1980).

Baseado em observações pessoais na tundra costeira do Alaska e citando outros autores, CHAPIN (1980) chegou à conclusão de que em solos pobres de uma maneira geral, a maior parte da absorção anual de nutrientes se dá em períodos curtos de liberação maciça de nutrientes, ao invés de absorção constante durante o ano. Estes aumentos na disponibilidade de nutrientes seriam devidos a mudanças climáticas que acelerariam muito os processos de decomposição e lixiviação de nutrientes da serrapilheira.

As correlações entre os teores foliares de elementos das espécies têm recebido pouca atenção por parte dos pesquisadores. GARTEN (1976) estudou as correlações de elementos em plantas vasculares, não vasculares e aquáticas, e observou que estas parecem estar baseadas em similaridades bioquímicas entre eles no metabolismo celular.

A maioria dos trabalhos sobre concentrações foliares de nutrientes apresenta os resultados por unidade de peso seco (SMITH, 1962 ; THOMAS, 1937), porém esta forma de expressão foi contestada por WOODWELL (1974). Este autor, apresentando os resultados por unidade de área foliar, mostrou dois padrões distintos de comportamento em plantas decíduas da zona temperada. O nitrogênio, fósforo e potássio, aumentaram até um pico no meio ou final da estação de crescimento, seguido de queda abrupta antes da abscisão, enquanto que o cálcio, magnésio, ferro, enxofre e sódio aumentaram lentamente durante todo o desenvolvimento foliar.

De modo geral, quando os resultados são expressos por unidade de peso seco, a comparação do teor de nutrientes entre folhas de diferentes estágios de desenvolvimento também apresenta dois padrões. Os conteúdos de nitrogênio, fósforo e potássio, são mais elevados em folhas jovens e são, pelo menos parcialmente, reabsorvidos antes da abscisão; enquanto cálcio, alumínio e a maioria dos micronutrientes aumentam com a maturidade das folhas (ERNST, 1975; EVANS, 1979, 1980; LAMB, 1976, 1977). O conteúdo de magnésio ora se comporta como no primeiro, ora como no segundo padrão, dependendo das espécies analisadas. MONIES & MEDINA (1977) estudaram as variações sazonais no conteúdo de nutrientes de espécies decíduas e esclerófilas perenes características das savanas de Trachypogon da Venezuela. Neste trabalho eles mostraram que os conteúdos de nitrogênio e fósforo estiveram correlacionados positivamente nos dois grupos de espécies, embora nas espécies perenes a correlação fosse mais fraca. Em relação à maturidade foliar, nitrogênio, fósforo e potássio diminuíram, enquanto cálcio e magnésio aumentaram. Nas espécies perenes o conteúdo de fósforo e principalmente nitrogênio foram significativamente menores do que nas espécies decíduas.

Os únicos trabalhos que discutiram o teor de nutrientes em folhas de espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio no cerrado, foram os de GOODLAND & POLLARD (1978) e HARIDASAN (1982). No primeiro os autores mostraram que 16% das árvores analisadas em 200 amostras eram acumuladoras de alumínio, sendo que estas foram dominantes em 20% dos locais. Os conteúdos de fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram significativamente menores nas acumuladoras em relação às plantas não acumuladoras. No trabalho de HARIDASAN (1982) os resultados mostraram que os altos teores de alumínio nas folhas das espécies acumuladoras não estavam correlacionados com os teores de nutrientes verificados em comparação com espécies não acumuladoras.

Em uma revisão sobre trabalhos em ecofisiologia nas savanas tropicais americanas, MEDINA (1980) argumentou que a alta disponibilidade de alumínio no solo não pode ser considerada um fator limitante da densidade arbórea do cerrado, uma vez que tanto neste local como na Amazônia espécies acumuladoras e não acumuladoras coexistem com altas densidades.

SILVA (1981) estudou a variação sazonal na composição mineral de folhas e do lavado foliar em espécies nativas do cerrado, de uma reserva no município de Corumbataí, SP. A porcentagem total de nutrientes nas cinco espécies estudadas apresentou uma sazonalidade bastante nítida. Os teores de cálcio, magnésio, fósforo, ferro e zinco foram encontrados em menor proporção no mês de junho. Duas das espécies estudadas eram notáveis acumuladoras de alumínio, Qualea multiflora e Vochysia tucanorum, e proporcionalmente ao conteúdo deste elemento nas folhas, perderam menos alumínio por lavagem do que as espécies não acumuladoras.

Em trabalho realizado no Distrito Federal, OLIVEIRA & MACHADO (1982) apresentaram uma avaliação do estado nutricional de 21 espécies nativas do cerrado, coletadas no período de plena floração até o início da formação de frutos.

HARIDASAN (1982) mostrou que o teor foliar de nutrientes de plantas nativas do cerrado, coletadas em área do DF, é geralmente baixo, concordando com as observações de SILVA (1981) e OLIVEIRA & MACHADO (1982).

Analisando teores de nutrientes e alumínio em folhas esclerófilas da Amazônia venezuelana, SOBRADO & MEDINA (1980) verificaram alta correlação entre nitrogênio e fósforo, sendo que as concentrações deste último foi sempre menor do que 0,3%. Outras interessantes correlações positivas por eles identificadas foram entre área foliar específica ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) e os conteúdos de fósforo e nitrogênio, sugerindo que este parâmetro possa ser usado como índice de esclerofilia.

MEDINA, CUEVAS & WEAVER (1981) realizaram um estudo sobre composição foliar e transpiração de duas comunidades vegetais típicas de um gradiente altitudinal em Porto Rico. Eles mostraram que as concentrações de fósforo e potássio das folhas do bosque de altitude foram significativamente maiores do que as do bosque montano baixo, apenas quando os resultados foram expressos por unidade de área foliar, devido a marcantes diferenças na área foliar específica das espécies características de cada local. Quando expressos por unidade de peso seco não houveram diferenças entre as concentrações nos dois ambientes.

CHAPIN (1980) fez uma excelente revisão sobre nutrição mineral de plantas nativas e cultivadas, abordando todos os aspectos relevantes sobre o assunto. Em sua conclusão, generalizando certas combinações de características fisiológicas que se repetem em espécies filogeneticamente diferentes, ele apresenta três estratégias nutritivas de adaptação das plantas aos ambientes, descritas anteriormente por GRIME (1977). Os ambientes edáficos podem ser classificados em favoráveis ou desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas. Nos ambientes favoráveis as espécies apresentam estratégia competitiva quando existir pouca perturbação, e estratégia ruderal quando as perturbações são frequentes. No caso de ambientes desfavoráveis, as espécies apresentam estratégia tolerante às condições adversas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da Área de Estudo

A área escolhida para o estudo está localizada na Fazenda Água Limpa (FAL) pertencente à Fundação Universidade de Brasília, no Distrito Federal. Distante cerca de 20km do centro de Brasília, a FAL fica compreendida pelos paralelos $15^{\circ} 55'$ e $15^{\circ} 59'$ S e meridianos $47^{\circ} 53'$ e $47^{\circ} 59'$ WG, e apresenta uma altitude média de aproximadamente 1100m.

A FAL, com aproximadamente 4062ha, contém os tipos fisionômicos mais comuns do Planalto Central brasileiro: mata ciliar, cerrado, cerrado, campo sujo e campo limpo (RATTER, 1980). A área de estudo propriamente dita está situada em um cerrado, sentido restrito, e tem coordenadas aproximadas de $15^{\circ} 57' 15''$ S e $47^{\circ} 55' 20''$ WG.

O cerrado, sentido restrito, é um dos tipos fisionômicos mais amplamente distribuídos dentro da área de ocorrência da formação dos cerrados, e por isso um dos mais característicos (RIZZINI, 1979). Dentro da FAL esta formação também ocupa a maior área.

O local onde foram demarcadas as parcelas de estudo, é bem protegido contra perturbações de origem antropogênica. A vegetação é fisionomicamente homogênea e sua composição florística já foi bem estudada (RATTER, 1980).

É importante salientar que a última queimada registrada nestas áreas ocorreu no inverno de 1975, ou seja, há seis anos.

3.2 Planejamento Experimental

A presença do alumínio tóxico no solo causa efeitos deletérios no crescimento da maioria das espécies cultivadas devido à interferência deste íon na absorção e translocação de nutrientes essenciais. A curiosidade principal do presente trabalho foi verificar se existem diferenças entre os teores de nutrientes (K, Ca, Mg, P e N) em espécies típicas do cerrado que acumulam alumínio em relação àquelas que não acumulam

alumínio em suas folhas. Para isso, foram escolhidas quatro espécies acumuladoras e quatro não acumuladoras de alumínio, bastante comuns no cerrado, sentido restrito, escolhidas para o estudo.

Um dos objetivos originais era verificar as alterações no estado nutricional e conteúdo de alumínio das espécies, causadas por calagem no ambiente natural. Contudo, a ocorrência de uma queimada natural na área de estudo, antes da data prevista para a calagem, acarretou uma alteração no experimento. Ao invés dos tratamentos serem calagem e controle, passaram a ser queimada e controle.

Os efeitos principais da calagem em solos ácidos são o aumento de pH, a diminuição do alumínio tóxico e o aumento na disponibilidade de nutrientes. Essas alterações do ambiente edáfico acarretam um sensível aumento de produção em plantas cultivadas, porém o efeito em plantas nativas é pouco conhecido. O fogo ao queimar a biomassa morta da serrapilheira, a biomassa viva do estrato rasteiro e parte da biomassa do estrato arbustivo e arbóreo, promove a liberação de grande quantidade de nutrientes contidos neste material, podendo ser considerado uma adubação natural (DANTAS & MATOS, 1981; STARK, 1979).

Na área que sofreu a ação da queimada já havia sido demarcada uma parcela de 20 x 50m, onde foram escolhidos 12 indivíduos de cada espécie. Com a alteração do experimento, foi demarcada outra parcela, de mesmas dimensões, em área adjacente, não atingida pela ação do fogo. Nesta segunda parcela foram marcados 6 indivíduos de cada espécie para o acompanhamento do conteúdo de elementos sem a interferência da queimada. Na escolha das árvores e arbustos a serem amostrados, procurou-se selecionar indivíduos em toda a faixa de amplitude de porte apresentado por cada espécie na área.

A fim de verificar a existência de sazonalidade nas concentrações foliares de elementos, foram realizadas coletas bimensais de abril de 1981 a março de 1982. Em cada coleta, na parcela queimada, eram escolhidos 6 indivíduos entre os 12 marcados de cada espécie, dos quais eram

recolhidas as amostras de folha. A partir da terceira coleta, quando foi demarcada a parcela na área não queimada, foram amostrados também os 6 indivíduos de cada espécie marcados nesta parcela. Foram realizadas coletas nos meses de abril, julho, setembro, novembro, janeiro e março.

A amostragem de abril foi realizada no dia 10 e foram coletadas as amostras dos 12 indivíduos marcados em cada espécie na parcela 1. A amostragem de julho foi realizada no dia 19, ou seja, 3 dias após a ocorrência da queimada, e foram coletadas amostras de todos os indivíduos que apresentavam folhas, vivas ou não. Dos 96 indivíduos marcados, 11 tiveram todas suas folhas destruídas, e o número mínimo de amostras por espécie foi 8. A coleta de setembro foi realizada no dia 21, e nas duas parcelas de estudo. Foram coletadas amostras de 6 indivíduos em cada área, e na parcela atingida pelo fogo todos os indivíduos apresentavam folhas jovens. As coletas de novembro, janeiro e março foram sempre feitas em 6 indivíduos de cada espécie e nas duas parcelas. Nas duas últimas coletas todas as folhas coletadas na área queimada já tinham atingido a maturidade.

É importante observar que apenas as folhas das coletas de novembro, janeiro e março, na área queimada, foram produzidas após a ação do fogo. As folhas desta área no mês de julho, embora tenham sido coletadas depois da queimada, eram folhas maduras que resistiram à ação do fogo.

3.3 Escolha das espécies

A escolha das espécies a serem estudadas foi feita baseada em alguns fatos que são descritos a seguir. A ocorrência de espécies acumuladoras de alumínio no cerrado já havia sido descrita por GOODLAND (1979). Este autor mencionou que algumas das famílias que são importantes componentes da vegetação do cerrado, como VOCHYSIACEAE, MELASTOMACEAE e RUBIACEAE, são citadas na literatura entre as famílias que apresentam notáveis tendências para acumulação de alumínio em suas folhas (CHENERY, 1948a; WEBB, 1954). Recentemente, HARIDASAN (1982) analisou 30 espécies típicas do cerrado e comuns na Fazenda Água Limpa, quanto ao teor de nutrientes e alumínio, e detectou 8 espécies de árvores e arbús-

tos que eram acumuladoras de alumínio. Dentre as espécies analisadas por este autor, foram escolhidas as 4 acumuladoras e as 4 não acumuladoras de alumínio a serem estudadas. A tabela 1 apresenta as espécies escolhidas e os teores de alumínio obtidos por HARIDASAN (1982).

Foram escolhidas duas espécies da família VOCHYSIACEAE por ser esta uma das mais consistentes acumuladoras de alumínio e, sob diversos aspectos, uma das mais importantes famílias do cerrado (GOODLAND, 1979).

RATTER (1980) publicou um extenso levantamento da flora dos diversos tipos fisionômicos da Fazenda Água Limpa. Nesta publicação, as espécies escolhidas para nosso estudo são citadas como abundantes ou comuns no cerrado, sentido restrito, onde foi desenvolvido o trabalho. Exemplos das espécies utilizadas no estudo estão depositados no herbário da Universidade de Brasília.

3.4 Distribuição das chuvas

Em sua área típica, o cerrado apresenta temperatura média da ordem de 22 a 24°C e precipitação anual que varia entre 1400 e 1700mm (AZEVEDO & CASER, 1979). A distribuição da precipitação durante o ano apresenta um padrão bastante típico com uma marcada estação seca.

Durante o período de estudo foram registrados os valores mensais de precipitação com auxílio de pluviômetros instalados na estação meteorológica da Fazenda Água Limpa (FAL), distante cerca de 1km do local onde foram demarcadas as parcelas de estudo. Os resultados obtidos, juntamente com as médias mensais de registros realizados durante 12 anos para o Distrito Federal (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1979) estão apresentados na figura 1.

O total de precipitação pluvial registrado na FAL no período de 12 meses de estudo foi de 1590,6mm. Este valor é bem próximo da média calculada para Brasília, que foi de 1574,5mm, e está dentro dos 15% de variação observados nos 12 anos (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1979).

TABELA 1 - Espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado, escolhidas para o estudo

ESPÉCIES	FAMÍLIAS	Al (ppm) *
<u>ACUMULADORAS DE Al</u>		
<u>Palicourea rigida</u> H.B.K.	RUBIACEAE	9910
<u>Vochysia elliptica</u> (Spr.) Mart.	VOCHYSIACEAE	11440
<u>Qualea parviflora</u> Mart.	VOCHYSIACEAE	10640
<u>Miconia albicans</u> (Sw.) Triana	MELASTOMATACEAE	...
<u>NÃO ACUMULADORAS DE Al</u>		
<u>Ouratea hexasperma</u> (St.Hill) Baill.	OCHNACEAE	340
<u>Roupala montana</u> Aubl.	PROTEACEAE	380
<u>Caryocar brasiliense</u> Camb.	CARYOCARACEAE	330
<u>Sclerolobium aureum</u> (Tul.) Benth.	LEG-CAESALP.	440

* HARIDASAN (1982).

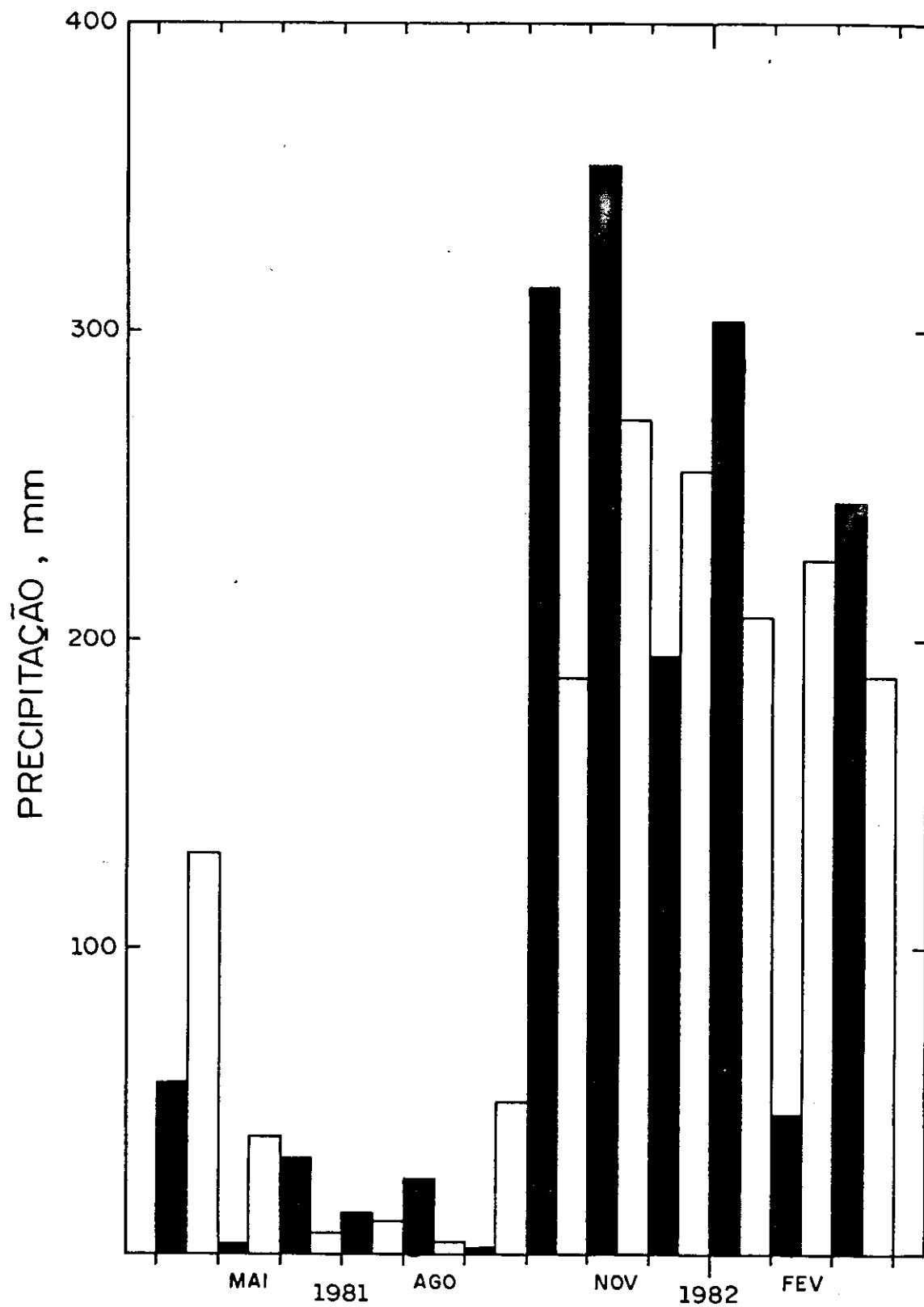


FIGURA 1 - Precipitação mensal, registrada na área de estudo (escuro) e média de 12 anos (claro) para a área de Brasília, DF (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1979).

Observando a figura 1, que compara as médias mensais obtidas no trabalho mencionado acima com os dados da FAL, podemos fazer as seguintes observações: em abril, maio, setembro e dezembro de 1981 e fevereiro de 1982, a precipitação foi abaixo da média, sendo a diferença acumulada de 398,4mm; nos outros meses, a precipitação foi acima da média, sendo a diferença acumulada de 414,5mm. Os meses onde a diferença foi mais acentuada foram outubro e fevereiro. O mês que apresentou maior precipitação foi novembro, atingindo 354,9mm, enquanto a menor precipitação foi observada em setembro com apenas 1,4mm registrados.

O baixo valor registrado em fevereiro foi ocasionado pela ocorrência do fenômeno conhecido localmente como veranico. Este se caracteriza pela ocorrência de vários dias secos consecutivos em meio à estação chuvosa. Segundo WOLF (1977), a probabilidade de acontecer um veranico de 14 ou mais dias em um ano é de 50% e geralmente no período que vai de 27 de dezembro a 10 de fevereiro. Neste trabalho o autor definiu dia seco como aquele onde a precipitação não excede 5mm, que é o valor aproximado da evapotranspiração. Segundo este critério o maior período seco observado durante a estação chuvosa de 1982 foi de 17 dias e ocorreu de 7 a 23 de fevereiro.

3.5 Descrição do Solo

A fim de caracterizar o perfil do solo da área de estudo, foram abertas duas trincheiras afastadas aproximadamente 200m uma da outra. Estas estavam situadas em locais adjacentes às parcelas demarcadas para o estudo. Os resultados da descrição morfológica do solo da área podem ser observados na tabela 2.

Não foram observadas diferenças entre os dois perfis, sendo a descrição portanto válida para toda a área. Isto já era esperado devido à homogeneidade verificada visualmente entre as características edáficas e fisionômicas nos dois locais.

O solo da área foi classificado como um Latossolo Vermelho Escuro, que é o tipo mais comum na área de abrangência dos cerrados. Estes solos apresentam horizonte B latossólico, caracterizado por concen -

TABELA 2 - Descrição do perfil do solo da área de estudo

Classificação: Latossolo Vermelho Escuro

HORIZONIE (cm)	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
A ₁ 0 - 15	Bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido; 5YR 4/4, seco); argila, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; fraco, médios e pequenos blocos subangulares e forte, <u>ul</u> tra pequeno granular; muitos poros muito pequenos; raí - zes abundantes; difusa.
A ₃ 15 - 28	Bruno avermelhado (5YR 4/4, úmido; 5YR 5/6, seco); argi - la, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; fraco, médios e pequenos blocos subangulares e forte; <u>ul</u> tra pe - quena granular; muitos poros muito pequenos; muitas raí - zes; difusa.
B ₁ 28 - 60	Vermelho-vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido; 2,5YR 5/8, <u>se</u> co); argila, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajo - so; maciço, que desfaz em fraco, médios e pequenos blo - cos subangulares e forte, <u>ul</u> tra pequena granular; muitos poros muito pequenos; raízes comuns-muitas; difusa.
B ₂₁ 60 - 100	Vermelho (2,5YR 4/6 úmido; 2,5YR 5/8 seco); argila, li - geiramente plástico e ligeiramente pegajoso; maciço, que desfaz em grãos simples; muitos poros muito pequenos; raí - zes comuns.

trações relativamente altas de óxidos de ferro e alumínio, argilas pouco ativas e virtual ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis. A característica típica deste solo é a presença do horizonte B la tossólico de coloração avermelhada (matiz típica 2,5YR), com teores de óxido de ferro de 9 a 18% e a presença de hematita e goethita.

3.6 Vegetação

A fim de determinar a importância das espécies acumuladoras de alumínio e das espécies escolhidas, foi efetuado um levantamento fitossociológico na área de estudo. O levantamento foi realizado através do método dos quadrantes ("point-centered quarter"). Este método, que foi empregado pela primeira vez no Brasil por GOODLAND (1969), apresenta vantagens como maior número de informações por ponto de amostragem e maior rapidez no trabalho de campo (COTTAM & CURTIS, 1956), além de ser considerado o mais eficiente dentre os métodos de distância disponíveis (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974).

Neste levantamento foram distinguidos dois estratos, arbóreo e arbustivo, considerados segundo o seguinte critério: árvore, mais de 2m de altura e mais de 10cm de circunferência à altura do peito; arbustos, menos de 2m de altura e/ou mais de 10cm de circunferência à 30cm do solo. Foram amostrados 44 pontos distando 10m entre si, em duas linhas lançadas ao acaso atravessando as parcelas demarcadas. Em cada ponto foram recolhidos os dados do nome científico, distância ponto-planta e circunferência do tronco, das quatro árvores e arbustos mais próximos em cada quadrante. Através dos dados obtidos foi determinado o índice de valor de importância (IVI), baseado na densidade, frequência e dominância relativas. As tabelas 3 e 4 apresentam os IVI, número de indivíduos por hectare e área basal ($\text{cm}^2 \cdot 100\text{m}^{-2}$) das espécies arbóreas e arbustivas, respectivamente, encontradas no levantamento. Os resultados deste levantamento serão discutidos adiante.

3.7 Coleta e análise de solos

A fim de tentar compreender a ação da queimada na liberação maciça dos nutrientes contidos na biomassa e incorporação no perfil do solo, foram realizadas algumas amostragens do solo em profundidade duran

te o período de estudo. A análise destes resultados visa explicar as possíveis variações do conteúdo de elementos na vegetação.

No mês de abril, antes da ação do fogo, foi realizada uma amostragem preliminar do solo em cinco locais, e nas profundidades 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60cm, para determinação do conteúdo inicial de elementos no perfil. Nos meses de setembro e janeiro, ou seja, 3 e 7 meses após o fogo, foram realizadas mais coletas, desta vez nas duas parcelas, queimada e não queimada. Os locais de amostragem dentro das parcelas foram sempre estabelecidos aleatoriamente. Todas as amostras foram coletadas com auxílio de um trado cilíndrico, e os resultados são médias de cinco locais nas profundidades estabelecidas anteriormente. Os resultados destas análises estão apresentados nas tabelas 5 e 6 e são comentados a diante.

As amostras de solo quando retiradas do perfil eram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas ao laboratório. Os sacos eram então abertos e deixados a secar ao ar livre durante aproximadamente uma semana. Após a secagem, as amostras eram destorroadas com auxílio de pilão em almofariz e passadas por peneira de 2mm, sendo então estocada para análise.

Toda a preparação das amostras e extração de elementos, bem como a obtenção do pH, foram realizadas segundo os métodos da EMBRAPA (1979).

O pH foi medido em H₂O destilada e 1N KCl, na proporção 1:2,5. A extração de elementos foi feita utilizando-se 5g de solo para 50ml de solução extratora. Para os elementos potássio e fósforo a solução extratora foi uma mistura fraca de ácidos sulfúrico e clorídrico (HCl 0,05N e H₂SO₄ 0,025N), e para alumínio, cálcio e magnésio uma solução normal de cloreto de potássio.

A dosagem de fósforo foi feita pelo método do molibdato de amônio com ácido ascórbico, lendo-se a densidade ótica em fotocolorímetro no comprimento de onda de 660nm. A leitura das concentrações dos outros elementos foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica (Varian AA-175), seguindo-se o mesmo procedimento utilizado em extratos de folha descritos adiante.

3.8 Coleta e análise foliar

Para o estudo do conteúdo mineral das espécies foram analisados os tecidos foliares, pois estes são reconhecidamente os que melhor refletem o estado nutricional de uma planta (DRIESSCHE, 1974; DUVIGNEAUD & DE SMET, 1973).

Como cada espécie apresenta disposição e tamanho de folha diferentes, foi adotada uma metodologia particular de coleta para cada uma delas. Da espécie P. rígida, um arbusto de pequeno porte com folhas grandes opostas cruzadas, coletou-se uma ou duas folhas, se possível do segundo nó a partir da extremidade. Em V. elliptica, uma árvore de folhas verticiladas, coletou-se aproximadamente cinco folhas se possível após o quarto nó. De Q. parviflora, uma árvore que pode atingir grande desenvolvimento com folhas simples e pequenas, seis folhas evitando as mais jovens da extremidade dos ramos do corrente ano. Em M. albicans, um pequeno arbusto nunca maior do que 1,5 ou 2,0m, cinco folhas após o quinto nó. De O. hexasperma, bem representada tanto no estrato arbóreo quanto no arbustivo de folhas relativamente grandes e acuminadas, três ou quatro folhas evitando as da extremidade dos ramos. Em R. montana, uma árvore que atinge grande porte de folhas compostas, com muitos indivíduos jovens na área, dois folíolos centrais do segundo nó. De C. brasiliense, uma árvore bem típica do cerrado de folhas compostas trifolioladas, dois folíolos centrais no segundo nó. E finalmente, S. aureum, uma árvore do estrato superior também de folhas compostas paripenadas, cinco folíolos centrais de folhas do quinto nó. Esta determinação do local de coleta de folhas nas plantas, embora variável nas diversas espécies, foi feita sempre baseada no local onde as folhas já apresentavam um estágio de desenvolvimento considerado maduro, ou seja, limbo completamente estendido e coloração verde escura homogênea.

Em todas as amostragens procurou-se sempre coletar folhas sem indícios de doenças e da parte média da copa. As coletas foram realizadas neste local da copa devido à facilidade de acesso, embora a parte mais alta seja considerada melhor devido a menor variação na concentração de nutrientes (EVANS, 1979; LAMB, 1976). Quando possível ou necessário devido à inexistência de folhas maduras, foram coletadas folhas em

estágio de desenvolvimento diferentes para detectar a absorção de elementos durante a maturação foliar.

As coletas foram feitas destacando-se as folhas ou folíolos juntamente com o pecíolo ou pecíololos no caso de folhas compostas. Este material era então colocado em sacos de papel e transportado para o laboratório. O contato manual com o material de análise foi sempre evitado ao máximo para minimizar possíveis efeitos de contaminação.

O material foliar coletado era trazido ao laboratório e imediatamente colocado em estufa a 60-80°C, onde permanecia durante, no mínimo, 48h até secagem completa. Uma vez seco, o material era moído em moinho tipo Wiley e estocado em saco plástico para análise.

A digestão do material de análise foi feita através do método de digestão triácida (sulfúrico-nítrico-clorídrico) na proporção 1:10:2 em bloco digestor (ALLEN, 1974). Nesta digestão foram utilizadas 0,4g de tecido foliar moído por amostra, resultando em uma diluição final de 250 vezes na concentração dos elementos. A leitura da concentração de alumínio, potássio, cálcio e magnésio foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica (Varian AA-175). As concentrações de alumínio e cálcio foram obtidas por emissão utilizando-se a chama de acetileno-óxido nitroso, nos comprimentos de onda 396,2 e 422,7nm, respectivamente. A concentração de potássio também foi obtida por emissão, porém com chama acetileno-ar, no comprimento de onda 766,5nm. A concentração de magnésio foi medida por absorção, com chama acetileno-ar no comprimento de onda 202,5nm. A concentração de fósforo foi medida em fotocolorímetro no comprimento de onda 410nm, utilizando-se o método do vanadato-molibdato de amônio (ALLEN, 1974).

A digestão para determinação do nitrogênio total foi feita com ácido sulfúrico e mistura catalisadora de sulfato de cobre, sulfato de potássio e selênio ($\text{CuSO}_4 : \text{K}_2\text{SO}_4 : \text{Se}$) na proporção 10:100:1. Esta digestão foi feita em bloco digestor utilizando 0,1g de tecido foliar moído. Após a digestão o material foi submetido à destilação micro-Kjeldahl e posterior titulação do teor de amônia.

A expressão dos resultados foi feita em termos de porcenta -

gem do peso seco, que é o modo mais utilizado na literatura (SMITH, 1962; THOMAS, 1937), embora alguns autores prefiram a expressão por unidade de área foliar (WOODWELL, 1974).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento fitossociológico

As tabelas 3 e 4 apresentam as 38 e 42 espécies dos estratos arbóreo e arbustivo, respectivamente, identificadas no levantamento florístico da área de estudo.

Observando estes resultados podemos notar a importância das espécies que possuem a estratégia de acumulação de alumínio no conjunto total da população arbórea e arbustiva na área de estudo. Embora a acumulação de alumínio seja uma estratégia pouco comum entre as espécies do cerrado estudado (13 e 14% das espécies de árvores e arbustos, respectivamente), estas são bastante comuns (73 e 68% dos pontos amostrados apresentaram pelo menos uma espécie acumuladora) (MEDEIROS, BATMANIAN & HARIDASAN, 1983). O índice de valor de importância das espécies acumuladoras de alumínio, assim como o número de indivíduos por hectare, representa, nos dois estratos considerados, cerca de 30% dos valores totais (tabelas 3 e 4).

No estrato arbóreo, a espécie com maior valor de importância foi a acumuladora Q. parviflora (tabela 3). Em áreas de cerrado do Distrito Federal, próximas a Brasília, GOODLAND & POLLARD (1978) já haviam notado que 20% de 200 amostras de vegetação levantadas, eram dominadas por espécies acumuladoras, e que 16% das espécies apresentavam esta característica.

Outros dados existentes de levantamentos fitossociológicos realizados com a mesma metodologia em áreas de cerrado, mostraram resultados variados quanto à contribuição das espécies acumuladoras. Um levantamento mais extenso realizado também em área de cerrado da Fazenda Água Limpa, DF, apresentou resultados onde 22% das espécies identificadas apresentavam esta característica e representavam 34% do total do valor de importância das espécies (PAIXÃO, 1982). Neste trabalho, foram registradas mais espécies acumuladoras devido à extensão do levantamento, porém a participação delas foi semelhante à obtida em nosso estudo. Em uma área de cerrado do Parque Nacional de Brasília, OLIVEIRA et al. (1982) re

TABELA 3 - Espécies arbóreas, em ordem de importância da área de estudo
(cerrado, sentido restrito, FAL, Distrito Federal)

ESPÉCIES ARBÓREAS	FAMÍLIAS	IVI	N	AB
<u>Qualea parviflora</u> *	VOCHYSIACEAE	37	81	108
<u>Sclerolobium aureum</u>	LEG-CAESALP.	31	97	61
<u>Ouratea hexasperma</u>	OCHNACEAE	27	97	41
<u>Qualea grandiflora</u> *	VOCHYSIACEAE	20	70	29
<u>Didymopanax macrocarpum</u>	ARALIACEAE	18	54	38
<u>Vochysia elliptica</u> *	VOCHYSIACEAE	17	70	17
<u>Caryocar brasiliense</u>	CARYOCARACEAE	15	38	37
<u>Stryphnodendron barbatimam</u>	LEG-MIMOSOID.	11	38	17
<u>Dalbergia violacea</u>	LEG-PAPILION.	11	22	34
<u>Aspidosperma tomentosum</u>	APOCYNACEAE	10	38	11
<u>Byrsonima crassa</u>	MALPIGHIACEAE	10	38	9
<u>Miconia ferruginata</u> *	MELASTOMATACEAE	8	27	12
<u>Palicourea rigida</u> *	RUBIACEAE	7	32	5
<u>Couepia grandiflora</u>	CHRYSOBALANACEAE	7	16	21
<u>Erythroxylum suberosum</u>	ERYTHROXYLACEAE	7	27	5
<u>Lafoensia pacari</u>	LYTHRACEAE	6	16	11
<u>Eugenia sp.</u>	MYRTACEAE	5	11	17
<u>Pouteria torta</u>	SAPOTACEAE	4	5	16
<u>Pisonia noxia</u>	NYCTAGINACEAE	4	11	10
<u>Davilla elliptica</u>	DILLENIACEAE	4	11	9
<u>Pouteria ramiflora</u>	SAPOTACEAE	3	11	4
<u>Piptocarpha rotundifolia</u>	COMPOSITAE	3	11	4
<u>Austroplenckia populnea</u>	CELASTRACEAE	3	11	3
<u>Salacia crassifolia</u>	HIPPOCRATEACEAE	3	11	3
<u>Byrsonima coccolobifolia</u>	MALPIGHIACEAE	3	11	3
<u>Eremanthus glomerulatus</u>	COMPOSITAE	3	11	2
<u>Erythroxylum tortuosum</u>	ERYTHROXYLACEAE	3	11	2
<u>Rourea induta</u>	CONNARACEAE	3	11	2
<u>Byrsonima verbascifolia</u>	MALPIGHIACEAE	3	11	2
<u>Mimosa clauseni</u>	LEG-MIMOSOID.	3	11	1
<u>Syagrus flexuosa</u>	PALMAE	2	5	2
<u>Tocoyena formosa</u>	RUBIACEAE	1	5	1
<u>Tabebuia ochracea</u>	BIGNONIACEAE	1	5	1
<u>Roupala montana</u>	PROTEACEAE	1	5	1
<u>Connarus suberosus</u>	CONNARACEAE	1	5	1
<u>Eriotheca pubescens</u>	BOMBACACEAE	1	5	1
<u>Casearia sylvestris</u>	FLACOURTIACEAE	1	5	1
<u>Enterolobium ellipticum</u>	LEG-MIMOSOID.	1	5	1
TOTAL		38	300	540
Acumuladoras Al*		5	89	171

IVI - Índice de valor de importância.

N - Número de indivíduos por hectare.

AB - Área basal (cm²/100m²).

TABELA 4 - Espécies arbustivas, em ordem de importância da área de estudo (cerrado, sentido restrito, FAL, Distrito Federal)

ESPÉCIES ARBUSTIVAS	FAMÍLIAS	IVI	N	AB	
<u>Ouratea hexasperma</u>	OCHNACEAE	49	229	50	
<u>Qualea parviflora</u> *	VOCHYSIACEAE	29	150	25	
<u>Erythroxylum suberosum</u>	ERYTHROXYLACEAE	25	123	21	
<u>Palicourea rígida</u> *	RUBIACEAE	22	123	14	
<u>Erythroxylum tortuosum</u>	ERYTHROXYLACEAE	15	79	12	
<u>Miconia ferruginata</u> *	MELASTOMATACEAE	12	62	9	
<u>Byrsonima crassa</u>	MALPIGHIACEAE	11	62	7	
<u>Qualea grandiflora</u> *	VOCHYSIACEAE	10	53	9	
<u>Diospyros burchellii</u>	EBENACEAE	9	53	5	
<u>Byrsonima verbascifolia</u>	MALPIGHIACEAE	9	53	8	
<u>Syagrus flexuosa</u>	PALMAE	9	35	9	
<u>Stryphnodendron barbatiman</u>	LEG-MIMOSOID.	8	53	4	
<u>Eriotheca pubescens</u>	BOMBACACEAE	7	35	5	
<u>Roupala montana</u>	PROTEACEAE	6	35	4	
<u>Erythroxylum deciduum</u>	ERYTHROXYLACEAE	6	35	3	
<u>Vellozia flavicans</u>	VELLOZIACEAE	5	26	4	
<u>Styrax ferrugineum</u>	STYRACACEAE	5	26	3	
<u>Vochysia elliptica</u> *	VOCHYSIACEAE	5	26	3	
<u>Rourea induta</u>	CONNARACEAE	5	26	3	
<u>Salacia crassifolia</u>	HIPPOCRATEACEAE	4	18	3	
<u>Piptocarpha rotundifolia</u>	COMPOSITAE	3	18	2	
<u>Connarus fulvus</u>	CONNARACEAE	3	18	2	
<u>Aspidosperma tomentosum</u>	APOCYNACEAE	3	18	2	
<u>Sclerolobium aureum</u>	LEG-CAESALP.	3	18	2	
<u>Pterodon pubescens</u>	LEG-PAPILION.	3	18	2	
<u>Tocoyena formosa</u>	RUBIACEAE	3	18	2	
<u>Pisonia noxia</u>	NYCTAGINACEAE	2	9	2	
<u>Syagrus sp.</u>	PALMAE	2	9	2	
<u>Lafoensia pacari</u>	LYTHRACEAE	2	9	2	
<u>Caryocar brasiliense</u>	CARYOCARACEAE	2	9	2	
<u>Butia leiospatha</u>	PALMAE	2	9	2	
<u>Syagrus comosa</u>	PALMAE	2	9	1	
<u>Qualea multiflora</u> *	VOCHYSIACEAE	2	9	1	
<u>Kielmeyera coriacea</u>	GUTTIFERAE	2	9	1	
<u>Eugenia sp.</u>	MYRTACEAE	2	9	1	
<u>Mimosa clauseni</u>	LEG-MIMOSOID.	2	9	1	
<u>Rapanea guianensis</u>	MYRSINACEAE	2	9	1	
<u>Hymenaea martiana</u>	LEG-CAESALP.	2	9	1	
<u>Byrsonima coccolobifolia</u>	MALPIGHIACEAE	2	9	1	
<u>Aspidosperma macrocarpon</u>	APOCYNACEAE	2	9	1	
<u>Acosmium dasycarpum</u>	LEG-PAPILION.	2	9	1	
<u>Psidium sp.</u>	MYRTACEAE	2	9	1	
TOTAL	42	23	300	1.550	233
Acumuladoras Al*	6	3	80	423	61

IVI - Índice de valor de importância.

N - Número de indivíduos por hectare.

AB - Área basal (cm²/100 m²).

lacionaram 35 espécies de árvores, das quais apenas três eram acumuladoras, e contribuíram com 11% do total do valor de importância. As acumuladoras não foram tão importantes nesta área quanto nos outros levantamentos.

Baseados nestes resultados podemos concluir que, de modo geral, 10 a 15% das espécies do cerrado, sentido restrito, apresentam a característica de apresentar altos teores de alumínio em suas folhas, e estas são geralmente importantes componentes da vegetação.

Quanto às espécies escolhidas para o estudo, podemos verificar que em geral elas se apresentam bem colocadas em relação à ordem de valor de importância, principalmente no estrato arbóreo (tabelas 3 e 4). A espécie P. rígida se apresentou melhor representada no estrato arbustivo, uma vez que em seu maior desenvolvimento na área raramente ultrapassa 2m de altura. A espécie Q. parviflora, foi uma das mais representativas da área, sendo a mais importante do estrato arbóreo e a segunda no estrato arbustivo. A espécie V. elliptica, esteve melhor representada no estrato arbóreo onde foi a sexta mais importante. A espécie M. albicans, embora muito frequente nas parcelas de estudo, não entrou no levantamento nem na categoria de arbusto uma vez que apresenta o caule ramificado que nunca atinge mais de 10cm de circunferência a 30cm do solo. Entre as espécies não acumuladoras de alumínio, O. hexasperma foi a mais importante, sendo a primeira no estrato arbustivo e a terceira no arbóreo. As espécies R. montana e C. brasiliense, embora bem representadas em apenas um dos estratos, apresentavam grande número de indivíduos jovens que não foram contabilizados no levantamento. A espécie S. aureum foi a segunda mais importante do estrato arbóreo, e também apresentava grande número de indivíduos jovens.

Nos outros levantamentos citados acima, Q. parviflora, O. hexasperma e C. brasiliense estiveram sempre entre as dez espécies mais importantes das áreas de cerrado no Distrito Federal.

4.2 Solos

Observando as características químicas do solo antes da ação

do fogo, podemos notar que este é muito ácido e pobre nutricionalmente, apresentando elevados teores de Al (tabela 5, abril). Esses valores obtidos concordam, de um modo geral, com os obtidos por outros autores em áreas de cerrado (GOODLAND, 1979; HARIDASAN, 1982). Em relação aos dados apresentados para o Triângulo Mineiro, nossos resultados mostraram valores de pH, Ca, Mg, mais baixos; K semelhante e Al mais alto do que a média (GOODLAND, 1979). Os teores de Al do solo foram, nas três primeiras profundidades, acima de 0,5meq/100g (tabela 5), que é considerado o limite acima do qual passa a ser prejudicial às plantas (MALAVOLTA, SARRUGE & BITTENCOURT, 1977).

Os resultados das análises de solo realizadas em setembro e janeiro nas duas áreas, queimada e não queimada, estão apresentados nas tabelas 5 e 6, respectivamente. As características químicas do solo na área queimada apresentaram modificações, ainda que pequenas, em relação aos valores de abril (tabela 5). No mês de setembro, os teores de nutrientes e pH apresentaram aumentos, enquanto o teor de Al foi um pouco menor. Estas alterações foram mais notáveis nas duas primeiras profundidades.

Os valores em janeiro voltaram a baixar aproximando-se dos resultados obtidos antes da ocorrência da queimada. É interessante notar que entre setembro e janeiro, ocorreram precipitações de aproximadamente 1170mm, que correspondem a 74% do total anual (figura 1). O pH nesta data ainda foi mais elevado do que o original, embora os teores de K, Ca e Mg tenham sido menores do que os observados antes da queimada.

Na área não queimada (tabela 6) os teores de cátions trocáveis em setembro exceto Al foram semelhantes aos obtidos na outra área antes do fogo. Isto mostra que sem a incidência da queimada não ocorrem diferenças notáveis nas concentrações de elementos durante o ano. Comparando os cátions trocáveis em setembro nas duas áreas, podemos notar que apenas os teores de K e os de Ca e Mg no primeiro horizonte, se apresentaram mais elevados na área queimada.

Em janeiro, já próximo ao final da estação chuvosa, o efeito da queimada não era mais notável. As análises das coletas de janeiro nas duas áreas apresentaram características químicas muito semelhantes (tabelas 5 e 6).

TABELA 5 - Características químicas do solo da área queimada, 2 meses antes (abril), e 3 (setembro) e 7 (janeiro) meses após a queimada *

PROFUNDIDADE (cm)	pH		CATIONS TROCÁVEIS (meq/100g)			
	H ₂ O	1N KCl	Al	K	Ca	Mg
ABRIL						
0 - 15	4,3 - 4,9	3,8 - 4,1	1,13 ^x	0,17	0,10	0,10
15 - 30	4,5 - 5,0	4,0 - 4,2	0,73	0,12	0,08	0,09
30 - 45	4,6 - 4,9	4,2 - 4,3	0,56	0,10	0,08	0,09
45 - 60	4,8 - 4,9	4,5 - 4,7	0,39	0,08	0,07	0,08
SETEMBRO						
0 - 15	5,0 - 5,3	4,1 - 4,3	0,88 ^x	0,24	0,14	0,16
15 - 30	4,9 - 5,6	4,4 - 4,5	0,45	0,15	0,08	0,11
30 - 45	5,4 - 5,8	4,3 - 4,8	0,32	0,14	0,06	0,10
45 - 60	5,5 - 5,8	4,5 - 5,2	0,20	0,08	0,06	0,09
JANEIRO						
0 - 15	4,9 - 5,2	4,1 - 4,3	1,02 ^x	0,11	0,06	...
15 - 30	5,0 - 5,4	4,3 - 4,5	0,53	0,06	0,03	...
30 - 45	5,2 - 5,5	4,4 - 4,7	0,28	0,04	0,01	...
45 - 60	5,2 - 5,5	4,6 - 4,9	0,14	0,02	0,02	...

* P disponível = traços (menos de 1 ppm).

TABELA 6 - Características químicas do solo da área não queimada, em duas épocas do ano (setembro e janeiro) *

PROFUNDIDADE (cm)	pH		CATIONS TROCÁVEIS (meq/100g)			
	H ₂ O	1N KCl	Al	K	Ca	Mg
SETEMBRO						
0 - 15	5,1 - 5,4	4,2 - 4,4	0,82	0,13	0,10	0,11
15 - 30	5,3 - 5,7	4,4 - 4,5	0,40	0,10	0,06	0,10
30 - 45	5,4 - 5,8	4,6 - 4,8	0,20	0,07	0,05	0,10
45 - 60	5,5 - 5,9	5,0 - 5,2	0,14	0,06	0,04	0,09
JANEIRO						
0 - 15	5,1 - 5,3	4,4 - 4,5	0,91	0,11	0,06	...
15 - 30	5,4 - 5,5	4,5 - 4,7	0,46	0,06	0,02	...
30 - 45	5,4 - 5,8	4,6 - 4,9	0,22	0,04	0,04	...
45 - 60	5,5 - 5,8	4,9 - 5,1	0,13	0,02	0,03	...

* P disponível = traços (menos de 1 ppm).

Considerando os dados da literatura podemos notar que os efeitos mais comuns de uma queimada, como aumento do pH, K, Ca e Mg e diminuição do Al, foram também observados em nossos dados (CAVALCANTI, 1978; NYE & GREENLAND, 1960). Porém, é importante notar que esses aumentos são relativos, pois mesmo as melhores condições do solo observadas, ainda são agronomicamente insignificantes. Como em outros trabalhos realizados sobre os efeitos do fogo no solo (ALLEN, EVANS & GRIMSHAW, 1969; LLOYD, 1971), o potássio ilustrou bem o movimento dos nutrientes no perfil.

No cerrado, CAVALCANTI (1978), havia mostrado que o incremento observado devido à queimada, desapareceu após três meses. Em nosso estudo, após três meses ainda se notavam melhorias nas condições do solo, principalmente na primeira camada (tabela 5). Porém, após a precipitação concentrada de outubro a janeiro (figura 1), e possivelmente a absorção dos nutrientes pelo estrato graminóide e herbáceo (CAVALCANTI, 1978; LLOYD, 1971; NILSEN & SCHLESINGER, 1981), estas diferenças não eram mais notáveis.

O teor de fósforo no solo manteve-se nas três datas de coleta, abaixo do limite detectável de 1ppm (tabelas 5 e 6). Outros trabalhos no cerrado já mostraram que logo após a queimada verifica-se um aumento considerável em relação aos níveis baixíssimos em que este elemento está presente (CAVALCANTI, 1978; CESAR, 1980).

4.3 Conteúdo de nutrientes e alumínio

As médias das concentrações foliares de nutrientes e alumínio das 8 espécies nas diferentes datas de coleta estão apresentadas nas tabelas 7 a 12. Para observação das diferenças significativas entre os conteúdos de elementos das espécies em cada data e nas diferentes datas para cada espécie, foi feita uma análise de variância considerando data e espécie como fontes de variação. Os valores médios foram comparados através do teste de Duncan ("Duncan's New Multiple Range Test", DUNCAN, 1955).

As figuras 2 a 7 foram feitas a partir dos dados médios de concentração de elementos, apresentados nas tabelas 7 a 12. Observar que nas figuras os dados estão separados por grupo de espécies, acumuladoras (A e B) e não acumuladoras de alumínio (C e D), e por área, queimada

(A e C) e não queimada (B e D).

Os grupos de espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, não apresentaram diferenças marcantes entre os teores dos nutrientes analisados. Embora o conteúdo de alumínio fosse sempre significativamente diferente entre quaisquer das espécies de cada grupo (tabela 7), as variações observadas nas concentrações de nutrientes das espécies foram independentes do grupo a que pertenciam. Entre as espécies de cada grupo, houveram sempre diferenças significativas nos conteúdos de nutrientes.

De uma maneira geral, os valores de concentração dos elementos analisados concordam com os teores obtidos em outros trabalhos com espécies, não só do cerrado (HARIDASAN, 1982; OLIVEIRA & MACHADO, 1982; SILVA, 1981), como também em plantas esclerófilas de savanas tropicais (MEDINA, CUEVAS & WEAVER, 1981; MONTES & MEDINA, 1977).

Para observação dos resultados descritos a seguir, notar nas tabelas dos elementos, em cada coluna, ou seja, para as datas, as letras maiúsculas que seguem as médias de cada espécie. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% (DUNCAN, 1955).

A diferença dos teores de alumínio das espécies acumuladoras em relação às não acumuladoras deste elemento, é bem nítida (figura 2). O conteúdo de alumínio das acumuladoras foi sempre significativamente mais alto do que o das não acumuladoras, e quase sempre acima de 1,0% (tabela 7). Devido a este fato, apenas em relação ao alumínio, a análise de variância foi realizada considerando cada grupo de espécies separadamente.

Na área queimada, o teor de alumínio das espécies acumuladoras variou de 0,9 a 1,6% (figura 2A), enquanto o das não acumuladoras variou de 0,01 a 0,08% (figura 2C). Os limites de variação do teor de alumínio das espécies de cada grupo são os normalmente admitidos na literatura (CHENERY, 1948a). Entre as espécies de cada grupo, houve pouca variação no teor deste elemento (tabela 7).

A única espécie acumuladora a apresentar valores abaixo de 1,0%, foi M. albicans, e apenas na área queimada após a ocorrência do

1982

1981

ESPÉCIES

ABR ** JUL SET NOV JAN MAR

ÁREA QUEIMADA

ESPÉCIES	ABR **	JUL	SET	NOV	JAN	MAR
ACUMULADORAS AI						
<u>Palicourea rigida</u>	1,10 Bb	1,39 Aab	...	1,25 Aab	1,51 Aa	1,32 Aab
<u>Vochysia elliptica</u>	1,62 Aa	1,40 Aab	...	1,22 Ab	1,51 Aab	1,55 Aab
<u>Qualea parviflora</u>	1,14 Bb	1,29 Aab	...	1,36 Aab	1,48 Aab	1,55 Aa
<u>Miconia albicans</u>	1,16 Ba	1,16 Aa	...	0,90 Ba	0,89 Ba	1,22 Ba
NÃO ACUMULADORAS AI						
<u>Ouratea hexasperma</u>	0,028 Dab	0,029 Cab	...	0,008 Cb	0,018 Cab	0,037 Da
<u>Roupala montana</u>	0,058 Cab	0,071 Ba	...	0,034 Cbc	0,027 CC	0,064 Ca
<u>Caryocar brasiliense</u>	0,047 Cb	0,047 Cb	...	0,032 Cb	0,032 Cb	0,081 Ca
<u>Sclerolobium aureum</u>	0,047 Ca	0,040 Ca	...	0,012 Cb	0,025 Cab	0,027 Dab

ÁREA NÃO QUEIMADA

ESPÉCIES	ABR **	JUL	SET	NOV	JAN	MAR
ACUMULADORAS AI						
<u>Palicourea rigida</u>	1,52 ABab	1,68 Aa	1,37 ABb	1,60 Aab
<u>Vochysia elliptica</u>	1,78 Aa	1,58 Aab	1,44 Ab	1,41 ABb
<u>Qualea parviflora</u>	1,80 Aa	1,11 BC	1,46 Ab	1,34 ABbc
<u>Miconia albicans</u>	1,39 Ba	1,11 Ba	1,20 Aa	1,17 Ba
NÃO ACUMULADORAS AI						
<u>Ouratea hexasperma</u>	0,025 Cb	0,012 Db	0,013 Db	0,064 Cda
<u>Roupala montana</u>	0,050 Cb	0,040 Cb	0,045 Cb	0,081 Ca
<u>Caryocar brasiliense</u>	0,044 Ca	0,009 Db	0,016 Db	0,043 DEa
<u>Sclerolobium aureum</u>	0,031 Ca	0,031 Cda	0,015 Da	0,034 Ea

* As médias, em cada data para as diferentes espécies, e para cada espécie nas diferentes datas, seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula, respectivamente, não diferem entre si (teste de Duncan, $p = 0,05$).

** Amostras coletadas antes da queimada ocorrida em 28 de junho de 1981.

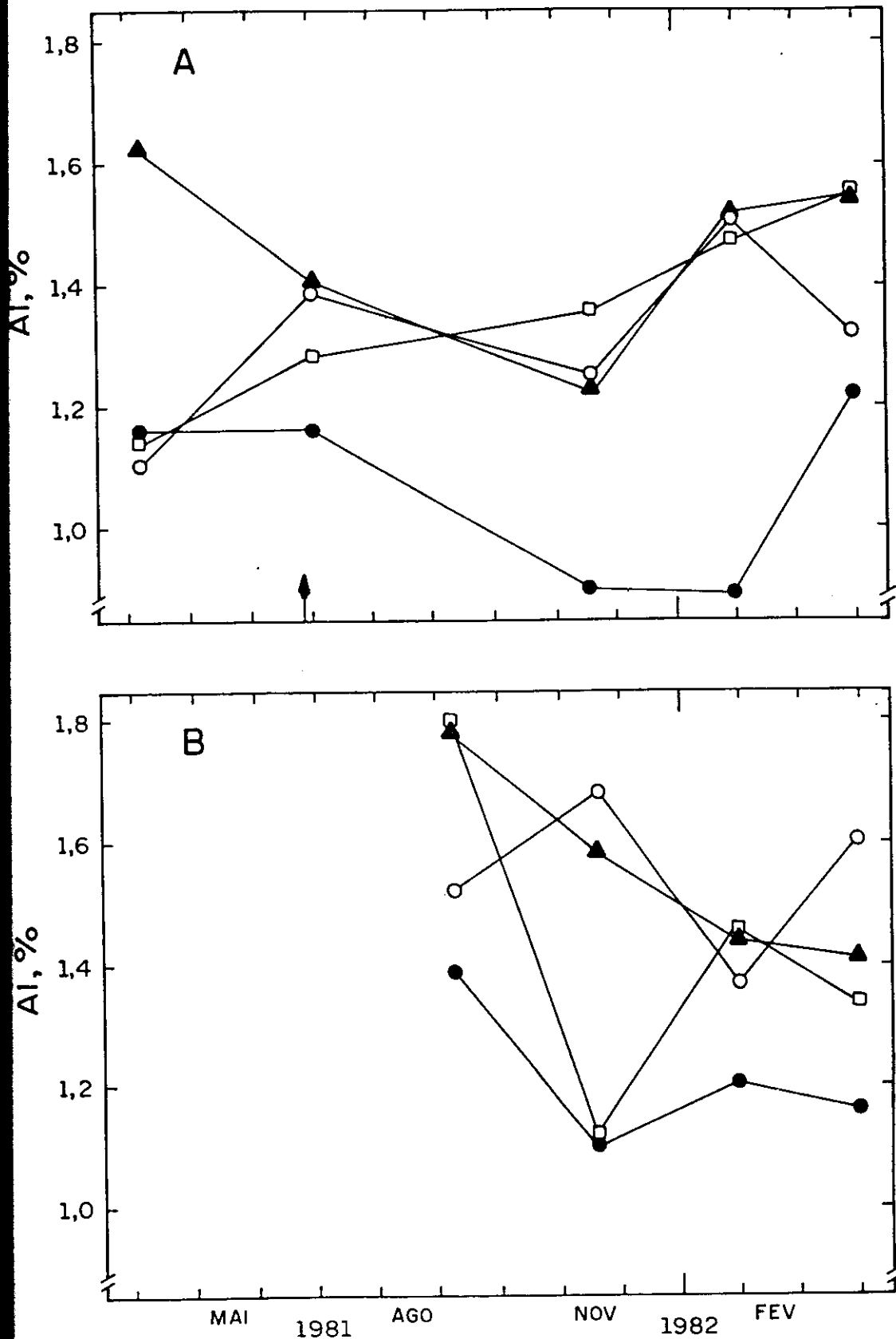


FIGURA 2, A e B - Variação sazonal da concentração foliar de alumínio em 4 espécies acumuladoras de alumínio (O *P. rigida*, ▲ *V. elliptica*, □ *Q. parviflora* e ● *M. albicans*) nativas do cerrado, em duas áreas: A - queimada e B - não-queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

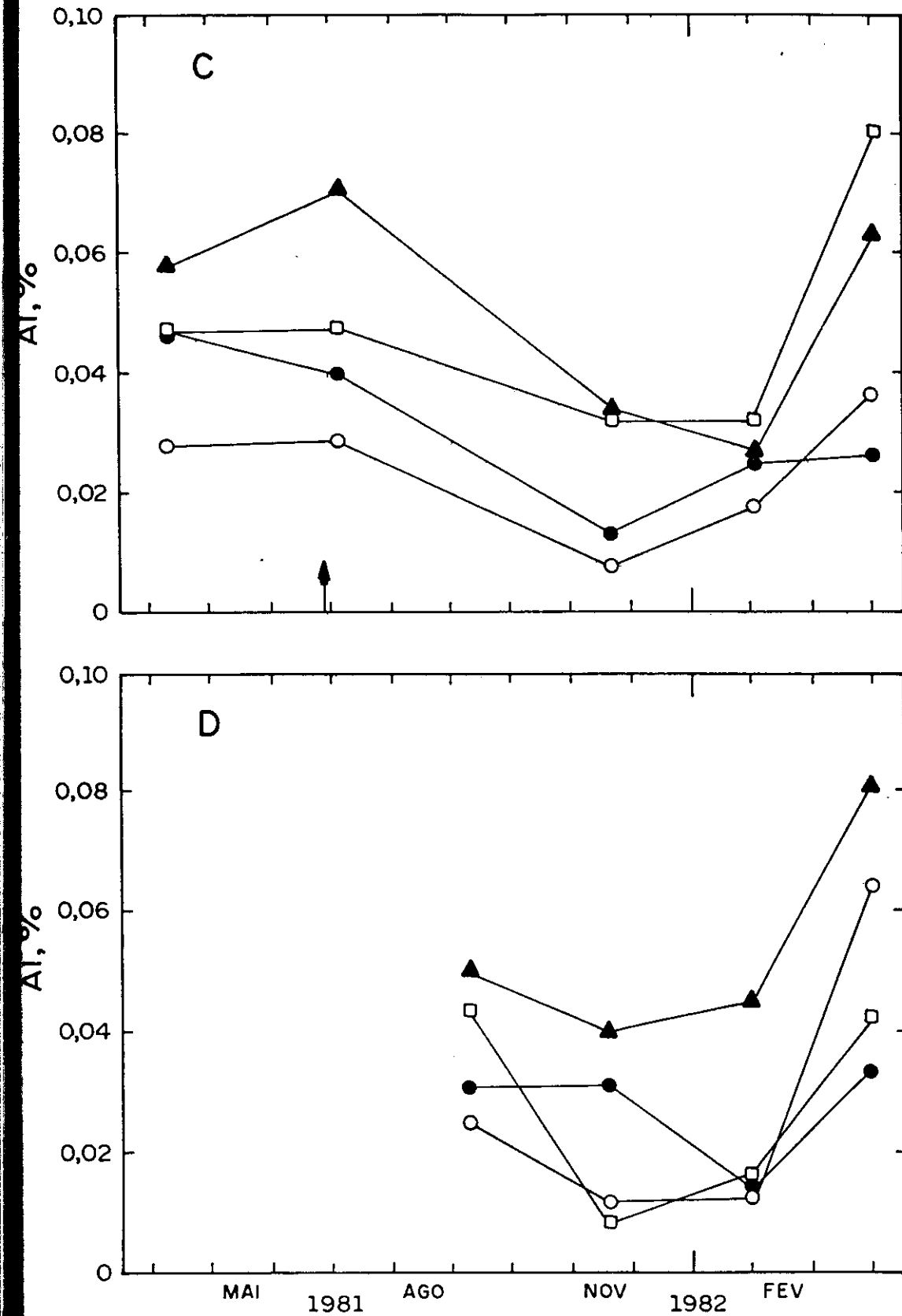


FIGURA 2, C e D - Variação sazonal da concentração foliar de alumínio em 4 espécies não acumuladoras de alumínio (*O. hexasperma*, ▲ *R. montana*, □ *C. brasiliense* e ● *S. aureum*) nativas do cerrado, em duas áreas: C - queimada e D - não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

fogo (figura 2A). Outros estudos já haviam mostrado que espécies deste mesmo gênero eram as que apresentavam os menores teores de alumínio em suas folhas em relação a outras plantas acumuladoras. Ainda em relação ao teor de alumínio, V. elliptica apresentou em média o valor mais alto deste elemento, chegando a atingir em abril, 1,62% (figura 2A). Outros estudos que incluíram análises do conteúdo de alumínio desta espécie e outras do mesmo gênero, mostraram que nestas os valores são quase sempre os mais altos (HARIDASAN, 1982; OLIVEIRA & MACHADO, 1982; SILVA, 1981). Estudando a variação sazonal da concentração de elementos em espécies do cerrado, SILVA (1981), mostrou que a espécie Vochysia tucanorum apresentou no mês de junho um teor de 2,75% de alumínio em suas folhas.

Na área não queimada as relações foram as mesmas, o teor de alumínio variou de 1,1 a 1,8% nas acumuladoras (figura 2B) e de 0,01 a 0,08% nas não acumuladoras (figura 2D). Entre as espécies não acumuladoras de alumínio não houveram espécies que se distinguíssem por conteúdos mais altos ou mais baixos em todas as datas e nas duas áreas de estudo.

Quanto ao teor de potássio, não houve diferença notável entre os grupos de espécies, independentemente da área de coleta das amostras (figura 3). A maioria das espécies apresentou valores de aproximadamente 0,4% nas diferentes datas e áreas de coleta. Este valor médio está na faixa de concentração observada em outras espécies esclerófilas de ambientes nutricionalmente pobres (MEDINA, CUEVAS & WEAVER, 1981; MONTES & MEDINA, 1977; SOBRADO & MEDINA, 1980). No cerrado, estudos de espécies nativas também mostraram conteúdos de potássio nesta faixa.

A espécie acumuladora de alumínio, P. rigida apresentou sempre os valores de potássio significativamente mais altos em suas folhas maduras, variando de 0,5 a 1,1% na área queimada e de 0,6 a 0,9% na área não queimada (tabela 8). Excetuando esta espécie, as outras apresentaram conteúdos que pouco diferiram entre si ao nível de 5%. Este fato é particularmente notável nas coletas realizadas em setembro de 1981 e janeiro e março de 1982 na área não queimada (tabela 8).

O teor de cálcio das espécies acumuladoras também não mostrou diferença notável em relação ao grupo das não acumuladoras. Os conteúdos na maioria das espécies oscilaram na mesma faixa observada no caso do

1 9 8 1

1 9 8 2

ESPECIES

ABR ** JUL SET NOV JAN MAR

ÁREA QUEIMADA

ACUMULADORAS AI

<i>Panicourea rigida</i>	0,54 AC	0,78 Ab	...	1,06 Aa	0,72 Ab	0,81 Ab
<i>Vochysia elliptica</i>	0,31 BCb	0,42 Bab	...	0,45 DEa	0,29 Cb	0,28 Db
<i>Qualea parviflora</i>	0,35 Ba	0,28 Ca	...	0,40 DEa	0,41 BCa	0,41 CDa
<i>Miconia albicans</i>	0,35 BC	0,41 BC	...	0,75 Ba	0,61 Ab	0,58 Bb

NÃO ACUMULADORAS AI

<i>Ouratea hexasperma</i>	0,41 Ba	0,42 Ba	...	0,54 CDa	0,44 Ba	0,47 BCa
<i>Roupala montana</i>	0,25 Cc	0,30 BCbc	...	0,65 BCa	0,42 BCb	0,41 CDb
<i>Caryocar brasiliense</i>	0,33 BCa	0,30 BCa	...	0,38 Ea	0,39 BCa	0,30 Da
<i>Sclerolobium aureum</i>	0,31 BCa	0,35 BCa	...	0,41 DEa	0,45 Ba	0,38 CDa

ÁREA NÃO QUEIMADA

ACUMULADORAS AI

<i>Panicourea rigida</i> .....	...	...	0,59 AC	0,93 Aa	0,84 Aab	0,74 Ab
<i>Vochysia elliptica</i> .....	...	...	0,27 Ba	0,39 CDa	0,28 Ba	0,26 Ba
<i>Qualea parviflora</i> .....	...	...	0,24 BC	0,56 Ba	0,38 Bb	0,31 Bbc
<i>Miconia albicans</i> .....	...	...	0,37 Ba	0,37 CDa	0,36 Ba	0,42 Ba

NÃO ACUMULADORAS AI

<i>Ouratea hexasperma</i> .....	...	...	0,33 Bb	0,51 BCa	0,39 Bab	0,38 Bab
<i>Roupala montana</i> .....	...	...	0,25 Ba	0,39 CDa	0,26 Ba	0,30 Ba
<i>Caryocar brasiliense</i> .....	...	...	0,22 Bb	0,50 BCa	0,37 Ba	0,38 Bab
<i>Sclerolobium aureum</i> .....	...	...	0,35 Ba	0,28 Da	0,32 Ba	0,37 Ba

* As médias, em cada data para as diferentes espécies, e para cada espécie nas diferentes datas, seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula, respectivamente, não diferem entre si (teste de Duncan, p = 0,05).

** Amostras coletadas antes da queimada ocorrida em 28 de junho de 1981.

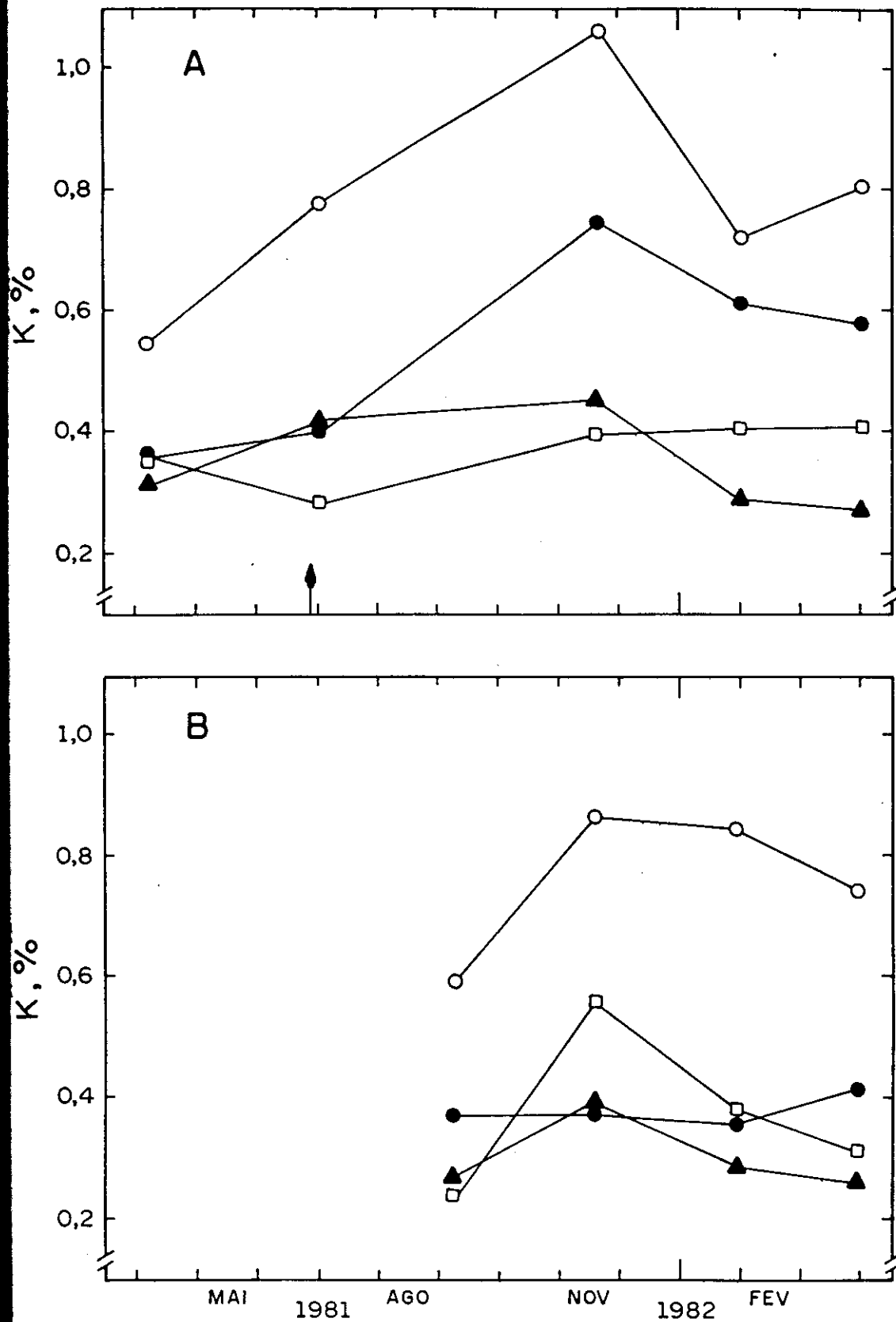


FIGURA 3, A e B - Variação sazonal da concentração foliar de potássio em 4 espécies acumuladoras de alumínio (○ *P. rigida*, ▲ *V. elliptica*, □ *Q. parviflora* e ● *M. albicans*) nativas do cerrado, em duas áreas: A - queimada e B - não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

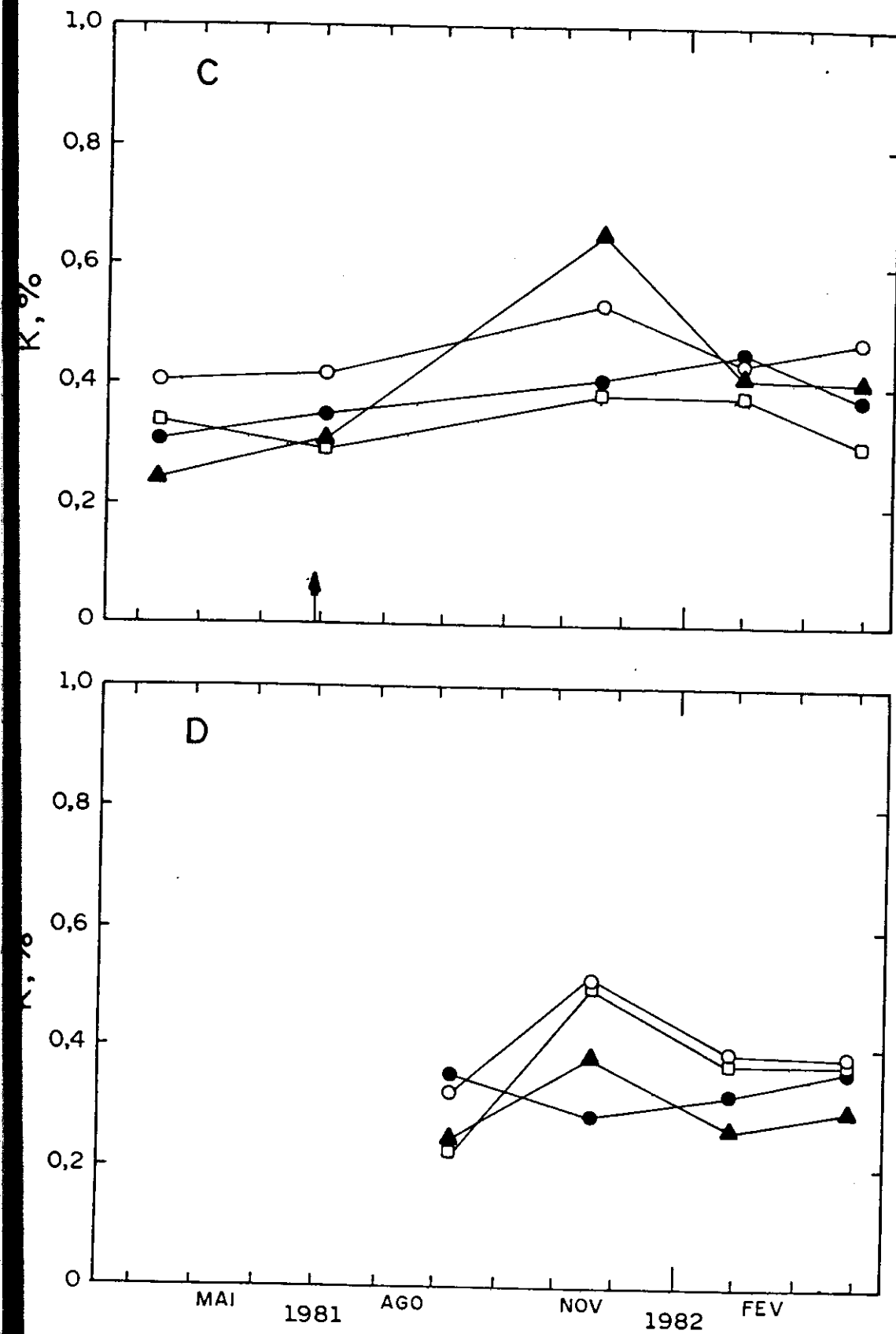


FIGURA 3, C e D - Variação sazonal da concentração foliar de potássio em 4 espécies não acumuladoras de alumínio (*O. hexasperma*, *R. montana*, *C. brasiliense* e *S. aureum*) nativas do cerrado, em duas áreas: C-queimada e D-não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

potássio, 0,4% (figura 4). A espécie P. rigida apresentou conteúdos significativamente mais altos de cálcio em relação às outras espécies estudadas, variando entre 0,6 a 1,0% na área queimada e 0,8 a 1,3% na área não queimada (figura 4, A e B). A espécie O. hexasperma, do grupo das não acumuladoras, apresentou também altos conteúdos de cálcio em todas as datas, oscilando de 0,5 a 0,7% na área queimada e de 0,6 a 0,7% na área não queimada (figura 4C e D).

As espécies não acumuladoras de alumínio, S. aureum e R. montana apresentaram sempre baixos teores de cálcio em suas folhas. O conteúdo na primeira oscilou entre 0,1 e 0,2% e esteve sempre entre os valores significativamente mais baixos (tabela 9).

Uma característica interessante da concentração de cálcio nas espécies estudadas é a relação constante apresentada entre elas, particularmente notável nas espécies não acumuladoras (figura 4C e D). O teor de C. brasiliense, que por sua vez foi maior do que o de R. montana e S. aureum, nas duas áreas de estudo. Isto provavelmente se deve à imobilidade deste elemento nos tecidos, impedindo variações consideráveis, exceto em folhas de diferentes etapas de desenvolvimento (WILLIAMS, 1955).

Com relação ao magnésio, também não existiram diferenças marcantes entre os grupos de acumuladoras e não acumuladoras de alumínio. As concentrações de magnésio das espécies estudadas foram menores do que as observadas para os elementos potássio e cálcio, situando-se na faixa de 0,1 a 0,2% (figura 5). Dentre as espécies estudadas, a acumuladora de alumínio P. rigida mais uma vez apresentou os teores mais elevados de magnésio em seus tecidos foliares maduros (figura 5A e B). Estes valores, que oscilaram de 0,26 a 0,35% na área queimada e de 0,27 a 0,29% na área não queimada, estiveram sempre na classe significativamente mais elevada (tabela 10). A espécie não acumuladora S. aureum apresentou por sua vez os teores mais baixos de magnésio em quase todas as datas de coleta nas duas áreas. Na área não queimada as espécies mantiveram sempre a mesma relação quanto ao teor deste elemento, sendo em ordem decrescente nas acumuladoras, P. rigida, Q. parviflora, M. albicans e V. elliptica (figura 5B), e nas não acumuladoras, O. hexasperma, C. brasiliense, R. montana e S. aureum (figura 5D).

TABELA 9 - Concentração foliar de cálcio (%) em algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado *

ESPÉCIES	1 9 8 1				1 9 8 2			
	ABR **	JUL	SET	NOV	JAN	MAR		
ÁREA QUEIMADA								
ACUMULADORAS Al								
<i>Palicourea rigida</i>	0,60 AC	0,70 Abc	...	1,02 Aa	0,74 Ab	0,62 ABbc		
<i>Vochysia elliptica</i>	0,31 CDa	0,32 DEa	...	0,26 Da	0,37 Ba	0,30 Da		
<i>Qualea parviflora</i>	0,32 CDa	0,42 CDa	...	0,30 CDa	0,37 Ba	0,43 Ca		
<i>Miconia albicans</i>	0,48 Ba	0,45 Ca	...	0,41 Ca	0,40 Ba	0,49 Ca		
NÃO ACUMULADORAS Al								
<i>Ouratea hexasperma</i>	0,50 BC	0,65 Bab	...	0,57 Bbc	0,75 Aa	0,69 Aa		
<i>Roupala montana</i>	0,25 Dab	0,30 Ea	...	0,13 Eb	0,16 Cb	0,23 DEa		
<i>Caryocar brasiliense</i>	0,35 Cbc	0,45 Cab	...	0,28 Dc	0,41 Bab	0,52 BCab		
<i>Sclerolobium aureum</i>	0,16 Ea	0,14 Fa	...	0,14 Ea	0,13 Ca	0,18 Ea		
ÁREA NÃO QUEIMADA								
ACUMULADORAS Al								
<i>Palicourea rigida</i> .....	...	...	0,99 Ab	1,35 Aa	0,83 AC	0,87 Abc
<i>Vochysia elliptica</i> .....	...	...	0,28 DEa	0,28 CDa	0,22 Da	0,34 Ea
<i>Qualea parviflora</i> .....	...	...	0,38 CDa	0,38 Ca	0,43 Ca	0,40 DEa
<i>Miconia albicans</i> .....	...	...	0,46 Ca	0,39 Ca	0,46 Ca	0,53 Ca
NÃO ACUMULADORAS Al								
<i>Ouratea hexasperma</i> .....	...	...	0,64 Ba	0,74 Ba	0,70 Ba	0,68 Ba
<i>Roupala montana</i> .....	...	...	0,22 Ea	0,20 Da	0,20 Da	0,30 Ea
<i>Caryocar brasiliense</i> .....	...	...	0,47 Ca	0,36 Ca	0,40 Ca	0,49 CDa
<i>Sclerolobium aureum</i> .....	...	...	0,16 Ea	0,16 Da	0,13 Da	0,14 Fa

* As médias, em cada data para as diferentes espécies, e para cada espécie nas diferentes datas, seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula, respectivamente, não diferem entre si (teste de Duncan, p = 0,05).
 ** Amostras coletadas antes da queimada ocorrida em 28 de junho de 1981.

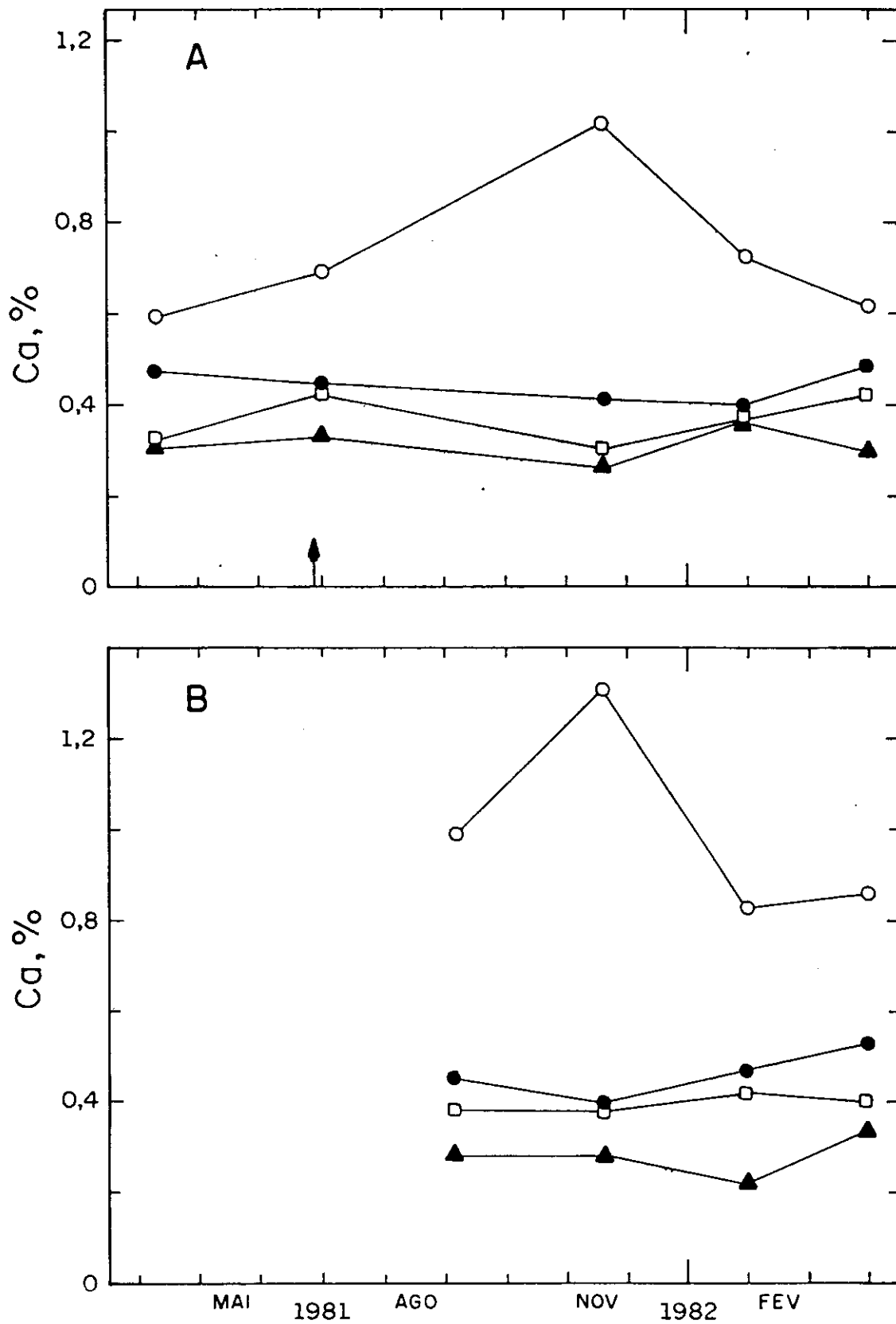


FIGURA 4, A e B - Variação sazonal da concentração foliar de cálcio em 4 espécies acumuladoras de alumínio (*P. rigida*, *V. elliptica*, *Q. parviflora* e *M. albicans*) nativas do cerrado, em duas áreas: A - queimada e B - não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

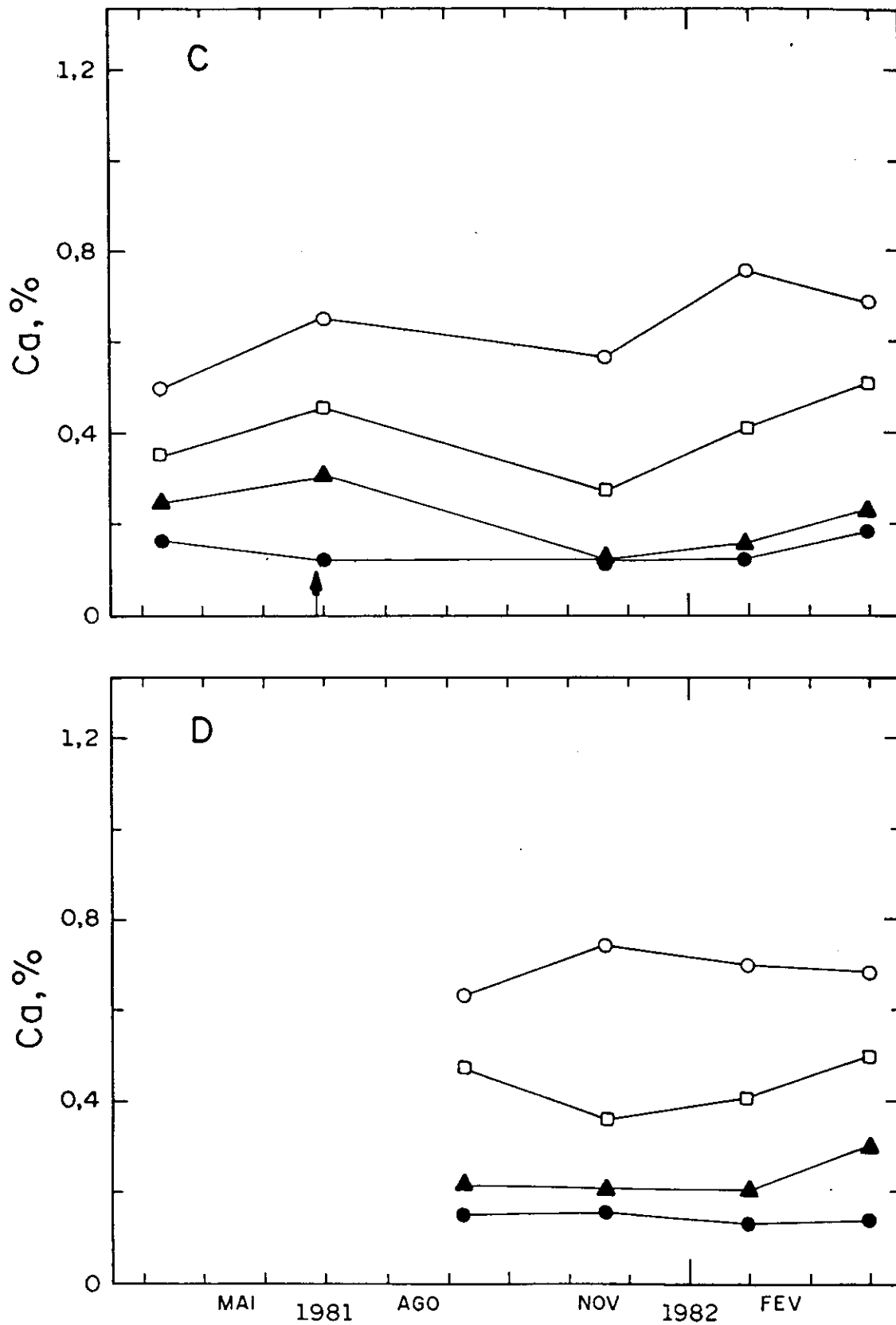


FIGURA 4, C e D - Variação sazonal da concentração foliar de cálcio em 4 espécies não acumuladoras de alumínio (*O. hexasperma*, *R. montana*, *C. brasiliense* e *S. aureum*) nativas do cerrado, em duas áreas: C-queimada e D-não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

1982

1981

ESPÉCIES

ABR ** JUL SET NOV JAN MAR

ÁREA QUEIMADA

ESPÉCIES	ABR **	JUL	SET	NOV	JAN	MAR
ACUMULADORAS AI						
<i>Palicourea rigida</i>	0,279 Ab	0,270 Ab	...	0,287 Ab	0,346 Aa	0,264 Ab
<i>Vochysia elliptica</i>	0,067 Da	0,088 Ca	...	0,101 Ca	0,112 CDa	0,077 Ca
<i>Qualea parviflora</i>	0,097 Db	0,157 Ba	...	0,164 Ba	0,129 CDab	0,119 BCab
<i>Miconia albicans</i>	0,076 Dc	0,079 Cc	...	0,194 Ba	0,148 Cab	0,134 Cb
NÃO ACUMULADORAS AI						
<i>Ouratea hexasperma</i>	0,195 Bb	0,227 Aab	...	0,193 Bb	0,267 Ba	0,269 Aa
<i>Roupala montana</i>	0,143 Cab	0,175 Ba	...	0,108 Cb	0,137 CDab	0,146 Bab
<i>Caryocar brasiliense</i>	0,195 Bb	0,271 Aa	...	0,202 Bb	0,220 Bab	0,224 Aab
<i>Sclerolobium aureum</i>	0,102 Da	0,083 Ca	...	0,078 Ca	0,085 Ca	0,082 Ca

ÁREA NÃO QUEIMADA

ESPÉCIES	ABR **	JUL	SET	NOV	JAN	MAR
ACUMULADORAS AI						
<i>Palicourea rigida</i>	0,280 Aa	0,286 Aa	0,281 Aa	0,274 Aa
<i>Vochysia elliptica</i>	0,080 Ea	0,075 Da	0,071 Ea	0,110 EFa
<i>Qualea parviflora</i>	0,138 CDa	0,131 Ca	0,140 CDa	0,136 DEa
<i>Miconia albicans</i>	0,092 DEa	0,103 CDa	0,105 DEa	0,124 EFa
NÃO ACUMULADORAS AI						
<i>Ouratea hexasperma</i>	0,217 Ba	0,222 Ba	0,227 Ba	0,240 ABa
<i>Roupala montana</i>	0,146 Ca	0,141 Ca	0,153 CDa	0,182 CDa
<i>Caryocar brasiliense</i>	0,179 BCa	0,194 Ba	0,173 Ca	0,207 BCa
<i>Sclerolobium aureum</i>	0,064 Ea	0,080 Da	0,075 Ea	0,076 Fa

* As médias, em cada data para as diferentes espécies, e para cada espécie nas diferentes datas, seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula, respectivamente, não diferem entre si (teste de Duncan, $p = 0,05$).

** Amostras coletadas antes da queimada ocorrida em 28 de junho de 1981.

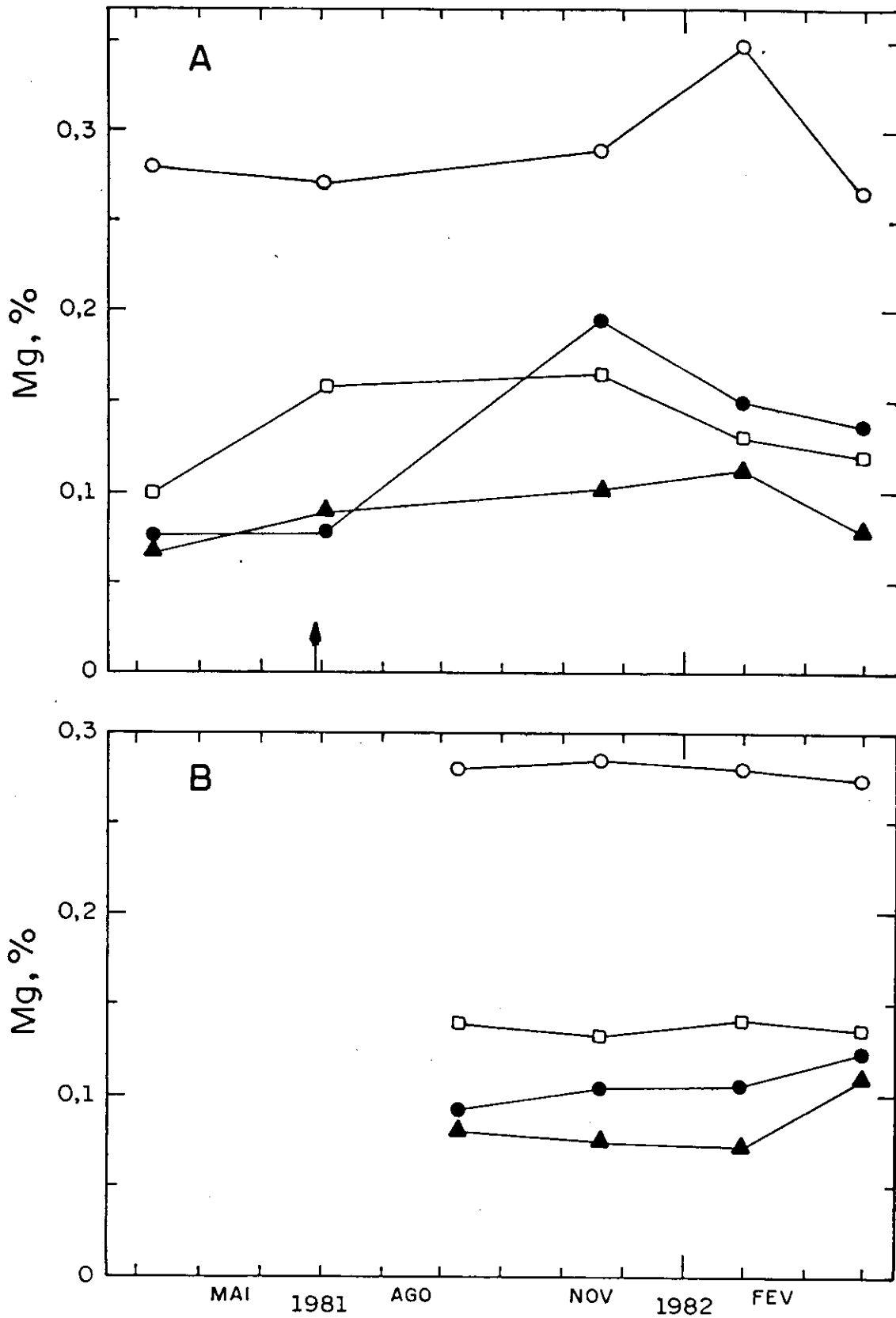


FIGURA 5, A e B - Variação sazonal da concentração foliar de magnésio em 4 espécies acumuladoras de alumínio (*P. rigida*, *V. elliptica*, *Q. parviflora* e *M. albicans*) nativas do cerrado, em duas áreas: A - queimada e B - não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

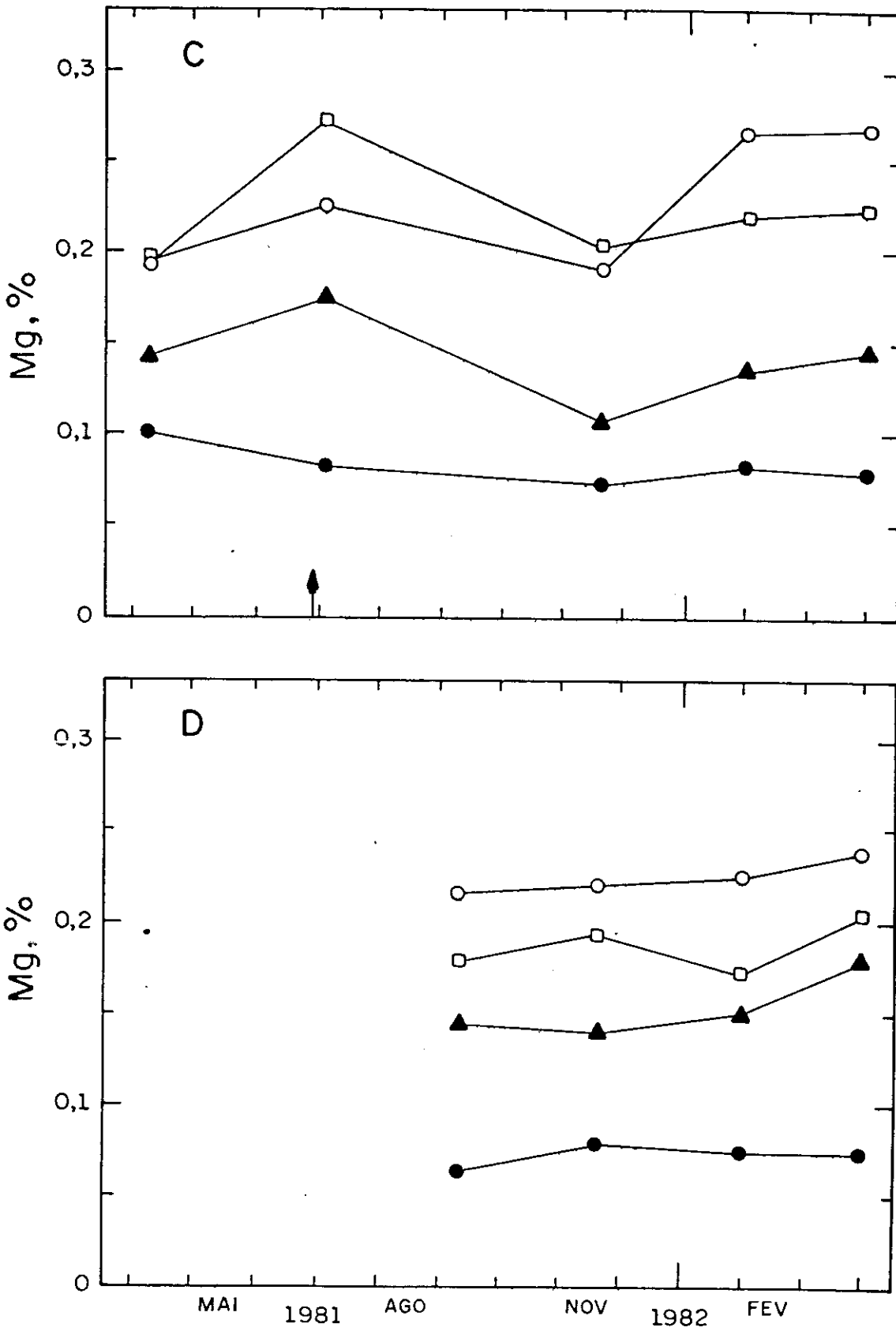


FIGURA 5, C e D - Variação sazonal da concentração foliar de magnésio em 4 espécies não acumuladoras de alumínio (*O. hexasperma*, ▲ *R. montana*, ◻ *C. brasiliense* e ● *S. aureum*) nativas do cerrado, em duas áreas: C - queimada e D - não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

Como foi observado, a espécie P. rigida apresentou conteúdos notavelmente superiores de potássio, cálcio e magnésio em relação às outras espécies estudadas. Esta diferença em concentração de elementos parece estar relacionada com algumas características intrínsecas da espécie. A explicação provavelmente reside no pequeno número de folhas por indivíduo, que é uma característica da espécie em questão. Frequentemente pudemos observar indivíduos que apresentavam um ou dois pares de folhas que atingiam dimensões de aproximadamente 30cm de comprimento por 20cm de largura. Sendo assim, o investimento nutricional é concentrado na pequena área fotossintética disponível, que deve ser capaz de atender às necessidades fisiológicas do indivíduo. Além disso, para justificar o alto conteúdo de cálcio, os tecidos foliares desta espécie apresentam uma rigidez notável, como o próprio nome científico sugere. O cálcio, sendo um elemento que participa fundamentalmente na formação estrutural dos tecidos (EPSTEIN, 1972), se apresenta bastante concentrado nas folhas desta espécie, que recebe o nome vulgar de "bate-caixa" (RATTER, 1980).

A espécie S. aureum, apresentou valores quase sempre baixos tanto de cálcio quanto de magnésio, e talvez isto esteja relacionado com um menor grau de esclerofilia nesta espécie. Infelizmente não foram realizadas medidas que estimassem este parâmetro nas espécies estudadas. SOBRADO & MEDINA (1980) já indicaram a existência de fortes correlações positivas entre área foliar específica ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) e os conteúdos de fósforo e nitrogênio, sugerindo que este parâmetro, assim como os teores destes nutrientes, possam ser utilizados como índice de esclerofilia das espécies. Realmente, como veremos adiante, esta espécie apresentou o maior teor de nitrogênio na maioria das datas (figura 7C e D), embora o mesmo não tenha ocorrido em relação ao teor de fósforo.

Os conteúdos de fósforo das espécies estudadas foram sempre baixos, nunca alcançando 0,1%, tanto nas espécies acumuladoras quanto nas não acumuladoras de alumínio (figura 6). O fósforo foi o elemento que apresentou os conteúdos mais baixos em relação aos outros analisados, variando entre 0,04 e 0,09% (tabela 11). Estes valores são comparáveis apenas aos teores de alumínio das espécies não acumuladoras. Entre as espécies acumuladoras, Q. parviflora apresentou teores de fósforo sempre mais altos do que os apresentados por P. rigida e V. elliptica, nas duas

ESPÉCIES

	ABR **	JUL	SET	NOV	JAN	MAR
ÁREA QUEIMADA						
ACUMULADORAS A1						
<i>Palicourea rigida</i>	0,050 Bcb	0,044 Cb	...	0,062 CDa	0,054 DEab	0,050 CDb
<i>Vochysia elliptica</i>	0,041 Cb	0,050 BCab	...	0,055 Da	0,056 CDEa	0,054 BCDab
<i>Qualea parviflora</i>	0,060 Aa	0,056 Ba	...	0,069 BCa	0,064 BCDA	0,61 ABCa
<i>Miconia albicans</i>	0,041 Cc	0,041 Cc	...	0,087 Aa	0,082 Aa	0,068 Ab
NÃO ACUMULADORAS A1						
<i>Ouratea hexasperma</i>	0,062 Aa	0,074 Aa	...	0,070 BCa	0,071 ABa	0,064 ABa
<i>Roupala montana</i>	0,041 Cb	0,048 Bcb	...	0,064 CDa	0,045 Eb	0,049 Db
<i>Caryocar brasiliense</i>	0,058 ABbc	0,048 Bcc	...	0,070 BCa	0,076 ABa	0,068 Aab
<i>Sclerolobium aureum</i>	0,057 ABbc	0,053 Bc	...	0,081 ABa	0,068 Bcb	0,065 Abc
ÁREA NÃO QUEIMADA						
ACUMULADORAS A1						
<i>Palicourea rigida</i>	...	...	0,036 Dc	0,067 Ca	0,050 DEb	0,052 BCDb
<i>Vochysia elliptica</i>	...	...	0,038 Da	0,041 Ea	0,043 Ea	0,046 Da
<i>Qualea parviflora</i>	...	...	0,050 ABC	0,077 Ba	0,061 Bcb	0,056 BCbc
<i>Miconia albicans</i>	...	...	0,039 Dc	0,043 Ebc	0,052 CDEab	0,056 BCa
NÃO ACUMULADORAS A1						
<i>Ouratea hexasperma</i>	...	...	0,054 Ac	0,075 BCa	0,070 ABab	0,061 ABbc
<i>Roupala montana</i>	...	...	0,044 BCa	0,053 Da	0,045 Ea	0,050 CDa
<i>Caryocar brasiliense</i>	...	...	0,042 Bcc	0,091 Aa	0,075 Ab	0,066 Ab
<i>Sclerolobium aureum</i>	...	...	0,051 ABb	0,050 DEb	0,059 CDab	0,062 ABa

* As médias, em cada data para as diferentes espécies, e para cada espécie nas diferentes datas, seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula, respectivamente, não diferem entre si (teste de Duncan, p = 0,05).

** Amostras coletadas antes da queimada ocorrida em 28 de junho de 1981.

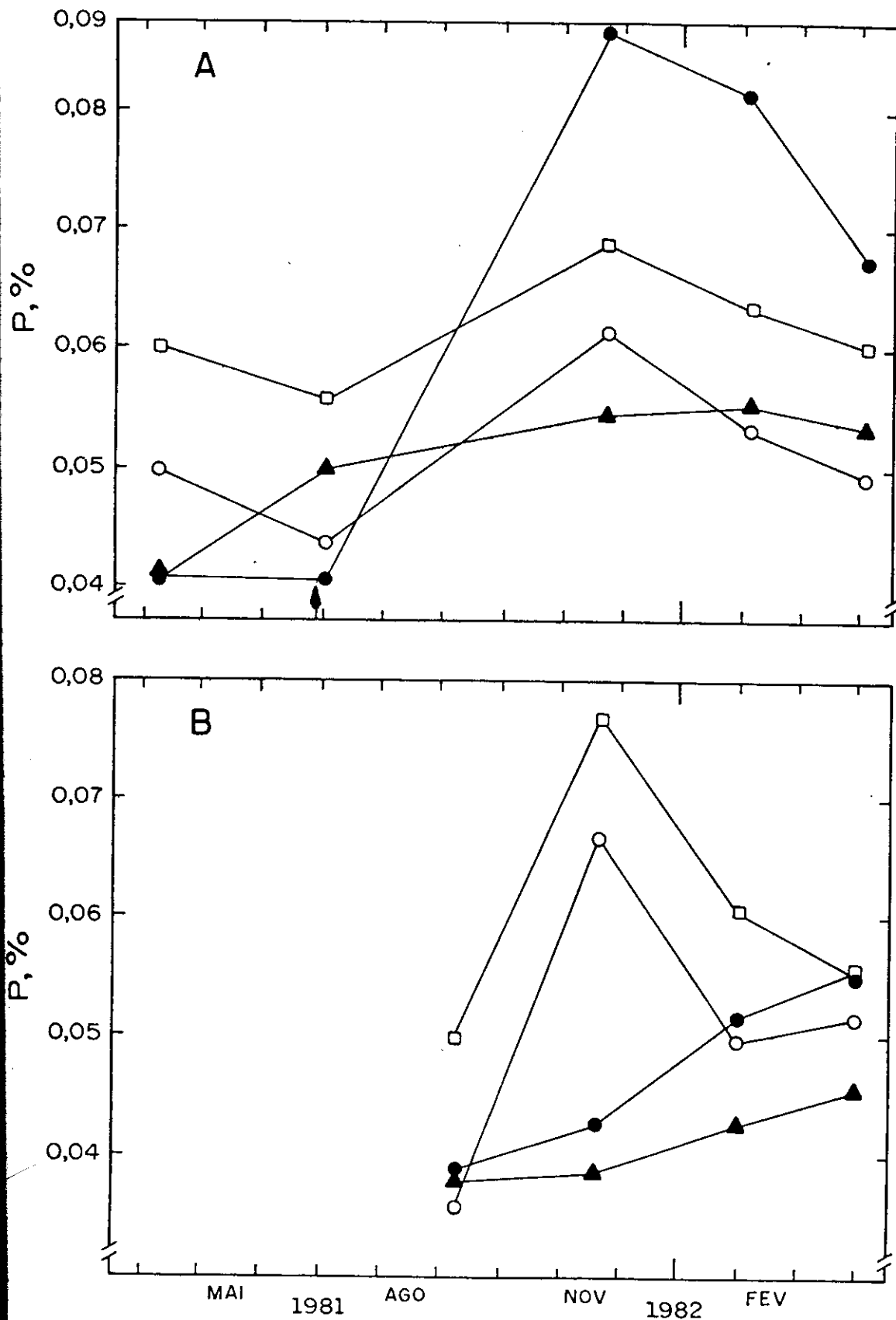


FIGURA 6, A e B - Variação sazonal da concentração foliar de fósforo em 4 espécies acumuladoras de alumínio (*O. P. rigida*, ▲ *V. elliptica*, □ *Q. parviflora* e ● *M. albicans*) nativas do cerrado, em duas áreas: A - queimada e B - não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

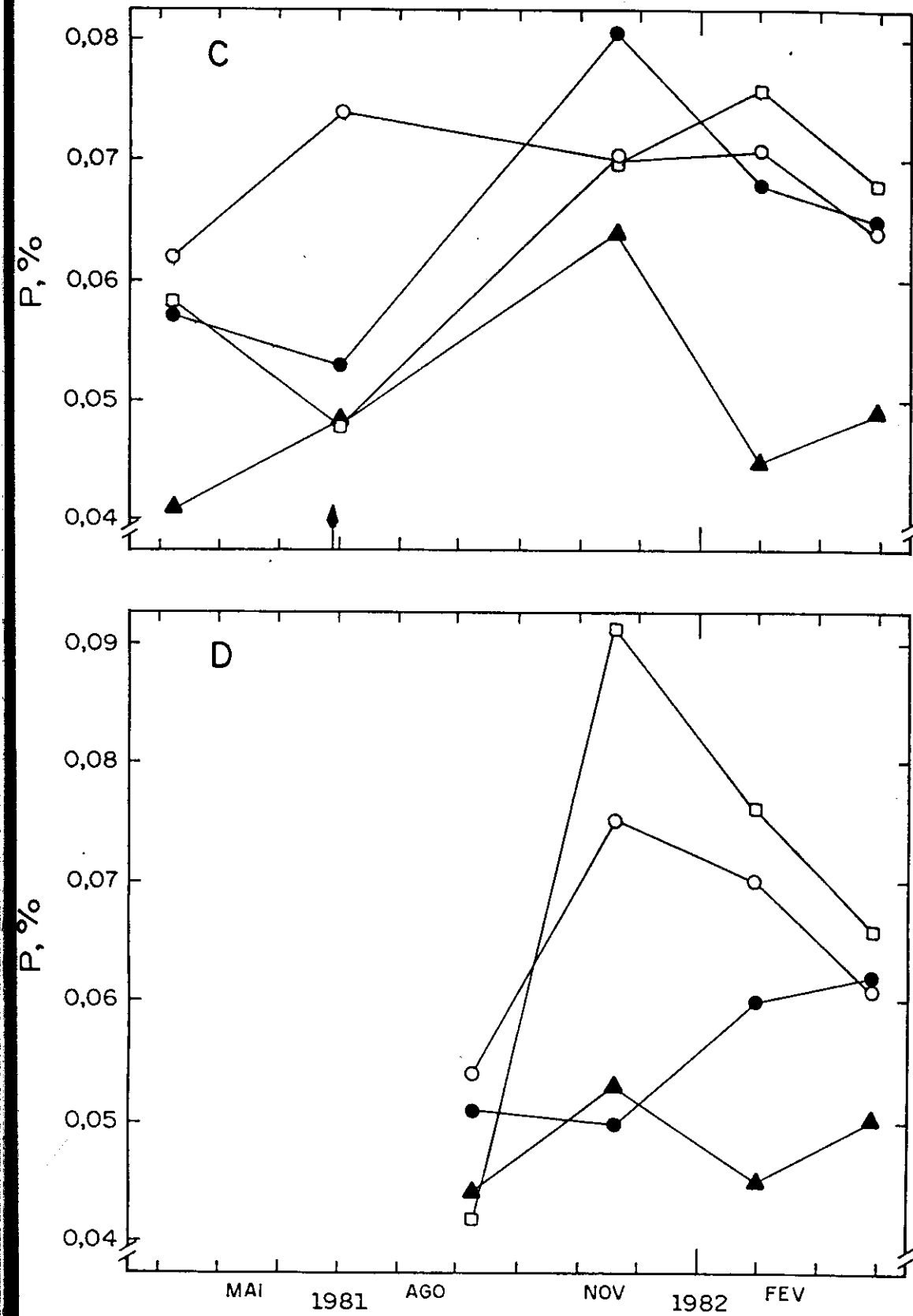


FIGURA 6, C e D - Variação sazonal da concentração foliar de fósforo em 4 espécies não acumuladoras de alumínio (*O. hexasperma*, *R. montana*, *C. brasiliense* e *S. aureum*) nativas do cerrado, em duas áreas: C-queimada e D-não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

áreas de estudo (figura 6A e B). Estas diferenças, entretanto, nem sempre foram significativas (tabela 11). A espécie M. albicans apresentou na área não queimada, em abril e julho os teores mais baixos de fósforo, e de novembro a março os mais altos (figura 6A). Entre as espécies não acumuladoras, O. hexasperma apresentou sempre conteúdos significativamente mais altos do que R. montana nas duas áreas, exceto em novembro na área queimada (tabela 11). As outras duas espécies, C. brasiliense e S. aureum, apresentaram conteúdos variáveis, sendo que a primeira apresentou um aumento notável em novembro na área não queimada (figura 6D).

Quanto ao teor de nitrogênio, também não houve diferença marcante entre os grupos de espécies estudadas (figura 7). O teor deste elemento foi sempre alto em relação aos outros analisados, variando de 0,72 a 1,76% (tabela 12). Estes valores são comparáveis apenas ao conteúdo de alumínio das espécies acumuladoras. Na maioria dos casos, o conteúdo de nitrogênio foi acima de 1,0%. Entre as acumuladoras, M. albicans apresentou em novembro e março o conteúdo mais alto, enquanto que V. elliptica apresentou os teores mais baixos (figura 7A e B). Entre as não acumuladoras, S. aureum mostrou conteúdos mais altos, enquanto que R. montana os mais baixos (figura 7C e D). Os valores observados de nitrogênio nas folhas concordam de um modo geral, com os obtidos em outros estudos, embora já tenham sido verificados conteúdos de até 3,7% em espécies do cerrado (SILVA, 1981).

4.4 Sazonalidade

De um modo geral, os grupos de espécies acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, não apresentaram padrões de sazonalidade uniformes em relação aos elementos analisados. A única exceção foi em relação ao conteúdo de alumínio nas espécies não acumuladoras. Alguns padrões de variação no conteúdo de elementos foram observados, porém apenas em certas espécies isoladamente. De maneira geral, houve uma tendência das espécies apresentarem nas coletas de novembro e janeiro, conteúdos mais altos de potássio e fósforo, e mais baixos de alumínio.

Para a interpretação das variações sazonais do conteúdo de nutrientes e alumínio das espécies se faz necessário lembrar algumas par

TA B E L A 12 - Concentração foliar de nitrogênio (%) em algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado *

ESPÉCIES	1 9 8 1				1 9 8 2			
	ABR **	JUL	SET	NOV	JAN	MAR		
ÁREA QUEIMADA								
ACUMULADORAS Al								
<i>Palicourea rigida</i>	1,14 Ab	...	...	1,60 Aa	...	...	1,33 BCb	
<i>Vochysia elliptica</i>	0,80 Bb	...	...	1,08 BCa	...	...	1,10 Ca	
<i>Qualea parviflora</i>	0,98 Ab	...	...	1,34 Ba	...	...	1,10 Cab	
<i>Miconia albicans</i>	0,99 Ab	...	...	1,76 Aa	...	...	1,66 Aa	
NÃO ACUMULADORAS Al								
<i>Ouratea hexasperma</i>	1,16 Ab	...	...	1,29 Bab	...	...	1,51 ABa	
<i>Roupala montana</i>	0,72 Bb	...	...	0,88 Cab	...	...	1,08 Ca	
<i>Caryocar brasiliense</i>	1,00 Ab	...	...	1,27 Ba	...	...	1,22 Cab	
<i>Sclerolobium aureum</i>	1,18 Ab	...	...	1,63 Aa	...	...	1,60 Aa	
ÁREA NÃO QUEIMADA								
ACUMULADORAS Al								
<i>Palicourea rigida</i> .....	...	...	...	0,99 BCb	...	...	1,29 ABa	
<i>Vochysia elliptica</i> .....	...	...	...	0,86 Cb	...	...	1,05 BCa	
<i>Qualea parviflora</i> .....	...	...	...	1,19 ABa	...	...	1,16 ABCa	
<i>Miconia albicans</i> .....	...	...	...	1,24 ABa	...	...	1,27 ABa	
NÃO ACUMULADORAS Al								
<i>Ouratea hexasperma</i> .....	...	...	...	1,19 ABa	...	...	1,10 ABCa	
<i>Roupala montana</i> .....	...	...	...	0,85 Ca	...	...	0,94 Ca	
<i>Caryocar brasiliense</i> .....	...	...	...	1,32 Aa	...	...	1,18 ABCa	
<i>Sclerolobium aureum</i> .....	...	...	...	1,16 ABa	...	...	1,40 Aa	

* As médias, em cada data para as diferentes espécies, e para cada espécie nas diferentes datas, seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula, respectivamente, não diferem entre si (teste de Duncan, $p = 0,05$).

** Amostras coletadas antes da queimada ocorrida em 28 de junho de 1981.

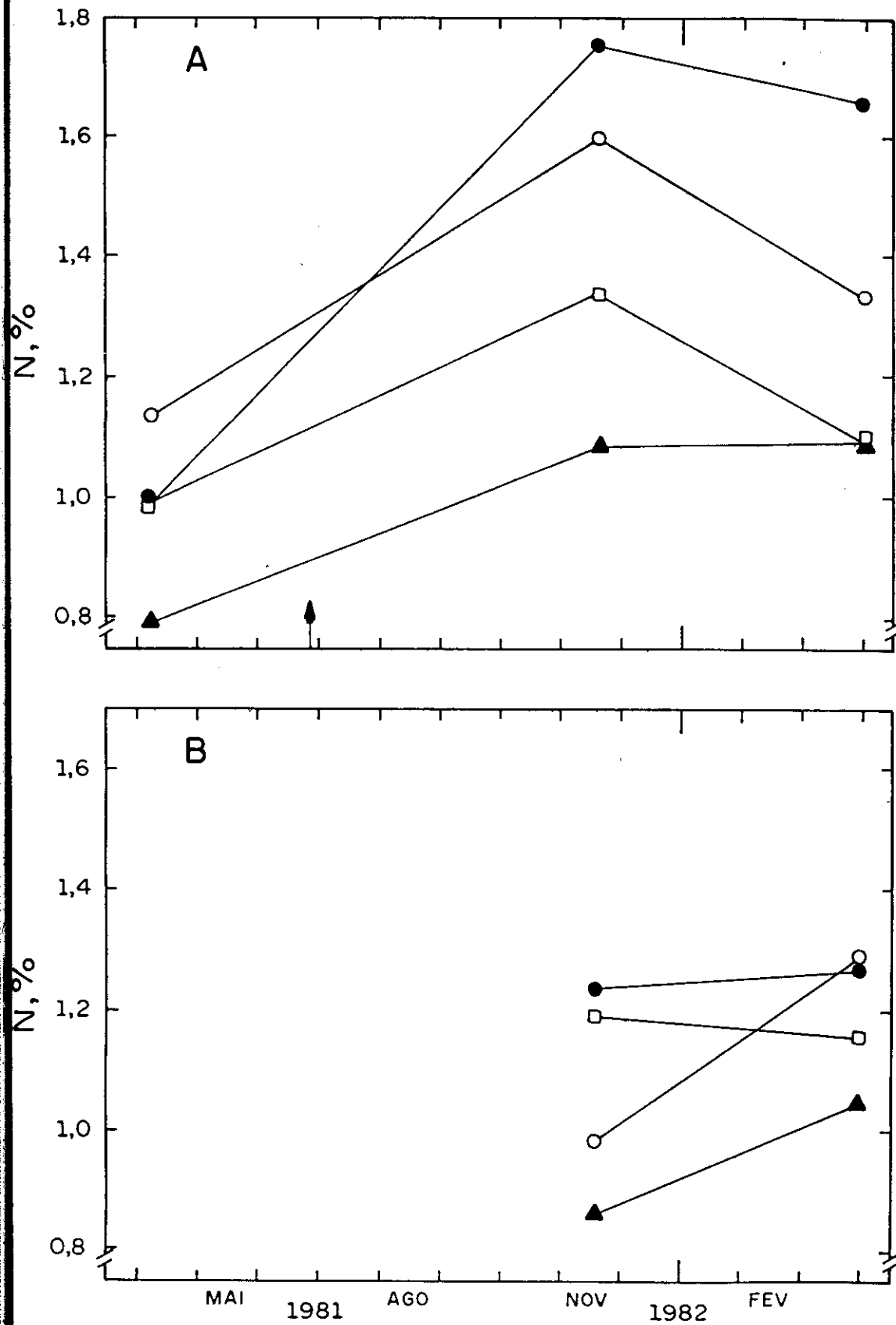


FIGURA 7, A e B - Variação sazonal da concentração foliar de nitrogênio em 4 espécies acumuladoras de alumínio (○ *P. rigida*, ▲ *V. elliptica*, □ *Q. parviflora* e ● *M. albicans*) nativas do cerrado, em duas áreas: A - queimada e B - não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

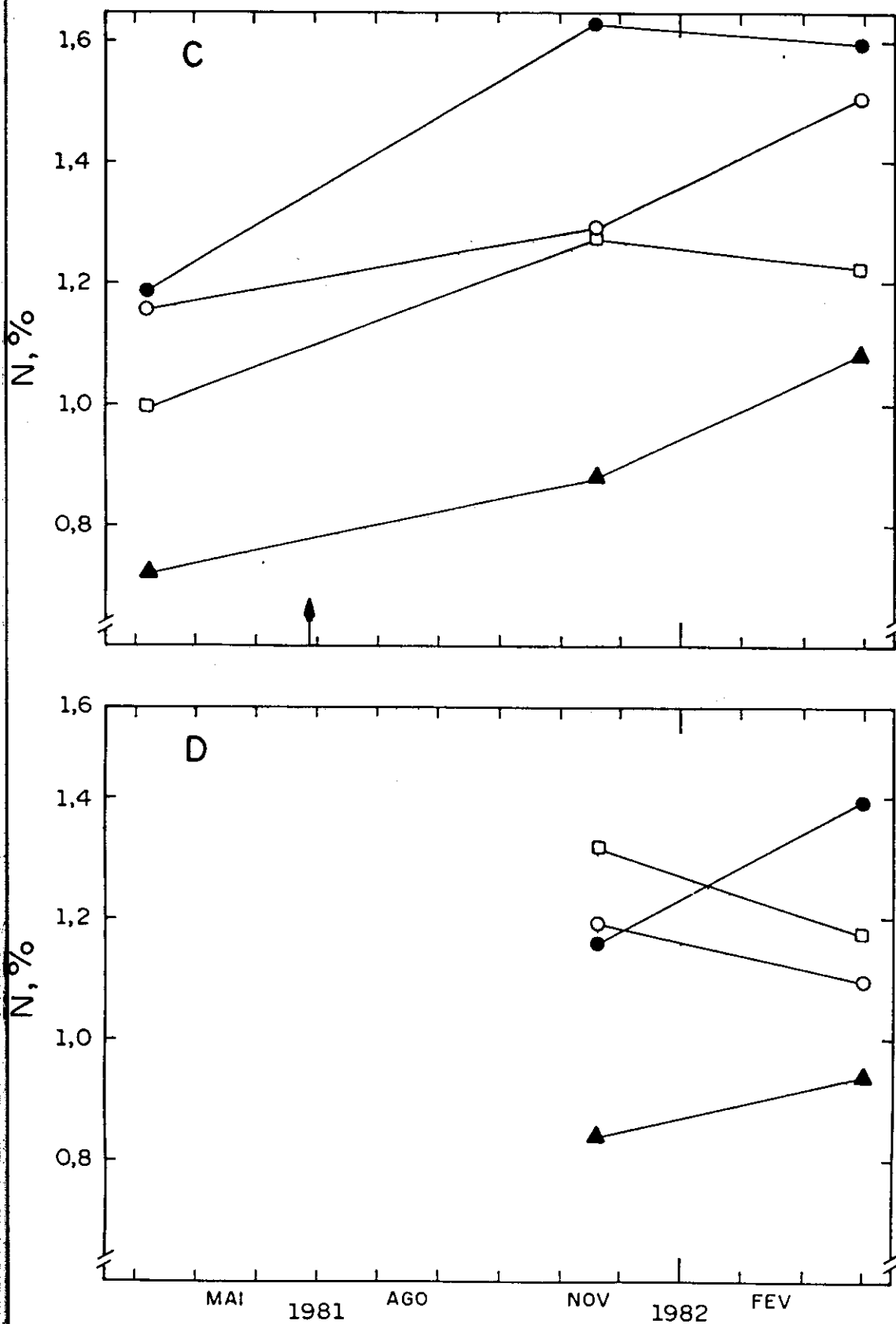


FIGURA 7, C e D - Variação sazonal da concentração foliar de nitrogênio em 4 espécies não acumuladoras de alumínio (*O. hexasperma*, ▲ *R. montana*, □ *C. brasiliense* e ● *S. aureum*) nativas do cerrado, em duas áreas: C - queimada e D - não queimada. A seta indica a data de ocorrência do fogo.

particularidades do presente estudo. Três a quatro meses após a ocorrência da queimada todos os indivíduos marcados para amostragem nesta parcela, exceto os maiores exemplares de V. elliptica, R. montana, C. brasiliense e S. aureum, apresentavam apenas folhas novas de rebrotamento. Por este motivo os conteúdos de elementos de setembro, que foram na maioria dos casos de tecidos jovens, não são apresentados nos gráficos A e C das figuras 2 a 7 e nas tabelas 7 a 12 (área queimada) que mostram a variação sazonal em folhas maduras. Os dados desta coleta foram utilizados na construção da tabela 15 que compara os conteúdos de elementos em folhas de diferentes etapas de desenvolvimento. Na área não queimada só foram realizadas coletas a partir de setembro, quando apenas os indivíduos de Q. parviflora se apresentavam nitidamente em processo de renovação de folhas por motivos fenológicos intrínsecos. As outras espécies na área não queimada renovaram suas folhas de maneira gradual nesta mesma época.

Observações sobre a fenologia da vegetação do cerrado mostram que as espécies trocam suas folhas anualmente de maneira gradual não ficando o conjunto inteiramente desfolhado (RIZZINI, 1979). O cerrado, assim como a mata seca, perde sua folhagem por volta de setembro quando atingem a queda foliar máxima (RIZZO et al., 1971). A ação de queimadas apressa a renovação das folhas e estimula a floração, agindo como fator de sincronização (COUTINHO, 1976; RIZZINI, 1979). De maneira geral, a emissão de novas folhas ocorre ao final da estação seca, a floração no início da estação chuvosa e a frutificação a partir desta época (RIBEIRO et al., 1981). Logo, é neste período, que vai de setembro a novembro e coincide com o início da estação chuvosa, que se espera que ocorra a maior mobilização, translocação e lixiviação de nutrientes. De fato foi nesta época que foram observadas as maiores variações, não só na área queimada como também na área não queimada.

Para observação dos resultados descritos a seguir, notar nas tabelas dos elementos em cada linha, ou seja, para as espécies em cada área, as letras minúsculas que seguem as médias de cada data. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% (DUNCAN, 1955).

Quanto ao teor de alumínio das espécies acumuladoras, V. elliptica e M. albicans foram as que apresentaram padrões melhor defini-

dos de sazonalidade (figura 2A). Na primeira, houve uma diminuição significativa na coleta de novembro em relação à de abril, seguido de aumento ao nível observado na primeira coleta (tabela 7). Na segunda, embora as diferenças não tenham sido significativas, foi verificado nas coletas de novembro e janeiro uma diminuição em relação às outras coletas (figura 2A). A espécie Q. parviflora apresentou um aumento gradual na concentração de alumínio de suas folhas, enquanto P. rigida não apresentou padrão definido.

Na área não queimada, V. elliptica apresentou diminuição gradual dos teores de alumínio durante o período, P. rigida e Q. parviflora não apresentaram padrões definidos e M. albicans não apresentou diferenças significativas (Tabela 7).

As espécies não acumuladoras mostraram uma diminuição do conteúdo de alumínio após a estação seca, voltando a aumentar ao final da estação chuvosa (figura 2C e D). Este padrão se repetiu nas duas áreas de estudo e foi o único caso em que todas as espécies do grupo apresentaram o mesmo comportamento. Este padrão pode ser uma resposta fisiológica das espécies não acumuladoras de alumínio no sentido de excluir ao máximo este elemento nas primeiras fases do desenvolvimento foliar. Isto se aplica ao caso das folhas coletadas na área queimada, pois com certeza eram tecidos novos devido ao rebrotamento após a ocorrência do fogo. No caso da área não queimada o comportamento semelhante talvez seja devido a perdas por lavagem. SILVA (1981) observou que nas espécies não acumuladoras o mecanismo de lavagem através da cutícula foliar é bem mais eficiente do que nas acumuladoras, embora estas apresentem teores muito mais elevados. Este autor salientou que a maior perda de alumínio por lavagem constitui uma importante adaptação das plantas não acumuladoras no sentido de evitar grande acúmulo nas folhas.

Quanto ao teor de potássio, na área queimada, as espécies P. rigida e M. albicans mostraram um aumento significativo em novembro (figura 3A). A primeira voltou a apresentar, nas coletas seguintes, conteúdos que não diferem significativamente do obtido em julho, enquanto na segunda, os valores após a queimada, embora tenham decrescido de novembro a março, foram sempre maiores do que os apresentados anteriormente (tabela 8). V. elliptica assim como as duas anteriores apresentou um au

mento gradual de abril a novembro, seguido de uma diminuição significativa nas coletas subsequentes. Q. parviflora não apresentou nenhuma variação significativa entre as datas (tabela 8).

Na área não queimada, P. rigida e Q. parviflora apresentaram teores de potássio em novembro, significativamente maiores do que os de setembro (tabela 8). A primeira manteve o conteúdo de potássio sempre mais alto do que o de setembro nas coletas seguintes, enquanto a segunda diminuiu o teor até atingir em março o mesmo nível de setembro (tabela 8). As espécies V. elliptica e M. albicans não apresentaram variações significativas entre as datas.

Entre as espécies não acumuladoras o teor de potássio não apresentou muitas variações (figura 3C e D). Na área queimada a espécie R. montana apresentou um aumento significativo em novembro seguido de diminuição aos níveis anteriores nas coletas seguintes. As outras três espécies, O. hexasperma, C. brasiliense e S. aureum, não apresentaram diferenças entre as datas (tabela 8).

Na área não queimada, O. hexasperma e C. brasiliense mostraram aumentos significativos em novembro seguidos de diminuição aos níveis anteriores nas coletas subsequentes (figura 3D), e R. montana e S. aureum não apresentaram diferenças entre as datas (tabela 8).

Quanto ao teor de cálcio, P. rigida foi a única espécie, dentre as acumuladoras de alumínio, a apresentar variação significativa entre as datas nas duas áreas de coleta (tabela 9). O teor foi maior apenas na coleta de novembro e este padrão se repetiu nas duas áreas (figura 4A e B).

Em relação às espécies não acumuladoras na área queimada, S. aureum não mostrou variações significativas, e O. hexasperma, R. montana e C. brasiliense apresentaram uma variação sazonal semelhante (figura 4C). As três apresentaram um valor um pouco mais alto no teor de cálcio em julho, seguido de uma baixa em novembro e novo aumento durante a estação chuvosa. Os teores em julho e março estiveram na classe de valores significativamente mais altos (tabela 9).

Na área não queimada as espécies não acumuladoras não apresentaram variações significativas entre as datas (figura 4D; tabela 9).

Na área queimada, as concentrações de magnésio de V. elliptica foram as únicas a não apresentarem variações significativas entre as datas, entre as espécies acumuladoras de alumínio (figura 5A). P. rigida apresentou apenas em janeiro de 1982 conteúdos significativamente mais altos (tabela 10). M. albicans apresentou o padrão mais comum, com aumento significativo em novembro, seguido de valores decrescentes em janeiro e março, que foram sempre maiores do que os registrados antes da queimada. A espécie Q. parviflora apresentou padrão semelhante ao de M. albicans, porém o aumento significativo foi registrado já na coleta de julho.

Na área não queimada, tanto as espécies acumuladoras quanto as não acumuladoras de alumínio, não apresentaram, em relação ao conteúdo de magnésio, variações significativas entre as datas (figura 5B e D; tabela 10).

Na área queimada, o teor de magnésio de S. aureum não apresentou variação entre as datas de coleta (figura 5C). As outras espécies não acumuladoras de alumínio, O. hexasperma, R. montana e C. brasiliense, apresentaram um padrão semelhante entre si e diferente dos até aqui observados. A primeira apresentou teores que não diferem entre si, nas três primeiras datas de amostragem, seguido de aumento significativo em janeiro e março (tabela 10). As duas últimas apresentaram os conteúdos mais altos de magnésio em julho com uma queda significativa em novembro e manutenção destes níveis nas datas seguintes. Nestas três espécies o valor observado em novembro foi da classe significativamente menor.

Quanto ao conteúdo de fósforo, na área queimada as espécies Q. parviflora e O. hexasperma não apresentaram variações significativas entre as datas (figura 6A e C). A espécie V. elliptica apresentou um aumento gradual, sendo o valor de novembro significativamente maior do que o de abril (tabela 11). As outras cinco espécies apresentaram o padrão mais comum, sendo os teores de novembro os mais elevados e significativamente maiores do que os das primeiras coletas. Os valores de conteúdo de fósforo sofreram em janeiro e março uma diminuição gradativa. Dentre

estas espécies, a única variação foi em C. brasiliense, que apresentou o maior teor em janeiro ao invés de novembro. M. albicans foi a espécie que apresentou o padrão descrito anteriormente de forma mais acentuada (figura 6A).

Na área não queimada os teores de fósforo de M. albicans e S. aureum apresentaram um padrão de aumento progressivo nas quatro datas de amostragem (figura 6B e D). As espécies P. rigida, Q. parviflora, O. hexasperma e C. brasiliense apresentaram o padrão mais comum, com valores significativamente maiores em novembro em relação a setembro seguido de diminuição nas coletas seguintes (tabela 11). As espécies V. elliptica e R. montana, apresentaram conteúdos de fósforo que não diferiram entre si nas diferentes datas.

Quanto ao conteúdo de nitrogênio, embora tenham sido analisadas apenas amostras de três datas na área queimada e duas datas na área não queimada, foi possível detectar diferenças significativas. Na área queimada todas as espécies, exceto O. hexasperma e R. montana, apresentaram aumentos significativos em novembro em relação aos obtidos em abril (figura 7A e C). Aquelas duas apresentaram diferenças em relação ao teor de abril, apenas na coleta de março (tabela 12). Na área não queimada apenas P. rigida e V. elliptica apresentaram diferenças significativas entre as duas datas analisadas, sendo os valores mais altos registrados em março (figura 7B e D). As outras espécies apresentaram conteúdos nas datas que não diferiram entre si (tabela 12).

Em relação ao potássio, fósforo e nitrogênio a maioria das espécies apresentou conteúdo mais elevado na coleta de novembro, seguido de decréscimo nas coletas subsequentes. Isto mostra que as folhas maduras recém expandidas apresentam conteúdos mais altos em relação aos estágios mais desenvolvidos. Apesar dos altos valores pluviométricos observados em novembro, os conteúdos de potássio, fósforo e nitrogênio das folhas da área queimada foram mais altos neste mês. Isto pode ser uma confirmação de que os tecidos mais jovens são relativamente imunes à perda de nutrientes por lavagem (TUKEY, 1970). No trabalho de SILVA (1981) com espécies nativas do cerrado, ele mostrou que a lavagem cuticular de nutrientes varia sazonalmente porém sem refletir os valores da composição mineral. Em relação às plantas cultivadas já foi observado que as espê-

cies do cerrado apresentam conteúdos menores de potássio, porém a perda por lavagem também é menor (MORAES & ARENS, 1971).

Os conteúdos de cálcio e magnésio não apresentaram padrões de sazonalidade claros, exceto em relação ao teor de cálcio de P. rigida, que mostrou um aumento significativo apenas em novembro (figura 4A e B).

No estudo da variação sazonal de nutrientes em plantas do cerrado, SILVA (1981) detectou uma diminuição bastante marcada no potássio, cálcio, magnésio e fósforo, na maioria das espécies estudadas, no mês de junho. Em nossos dados esta diminuição não foi verificada. Embora os conteúdos de potássio e fósforo fossem na maioria dos casos menores nesta época com relação a novembro, não foram significativamente diferentes dos verificados em abril ou março.

4.5 Efeito da queimada

De um modo geral, observando as figuras 2 a 7, podemos notar que para a maioria dos elementos analisados, considerando todas as datas de coleta, as espécies apresentaram uma amplitude de variação sazonal maior na área queimada, em relação à área não queimada. As espécies R. montana e S. aureum apresentaram esta característica em relação a todos os elementos, assim como os elementos magnésio e nitrogênio em relação a todas as espécies estudadas.

Visando detectar variações significativas entre as concentrações foliares de elementos nas espécies acumuladoras e não acumuladoras de alumínio devido à ação do fogo, foi feita uma análise de variância considerando o fogo e as espécies como fontes de variância (tabela 13). A fim de excluir os efeitos de diferentes etapas de desenvolvimento foliar e número de amostras, foram utilizadas nesta análise apenas os dados das duas últimas coletas. Nestas datas, as médias das concentrações dos elementos para cada espécie foram feitas baseadas na concentração de seis amostras individuais de folhas maduras.

Observando a tabela 13 notamos que entre as espécies, nos dois grupos existiram sempre diferenças significativas entre pelo menos duas delas, para todos os elementos analisados.

TABELA 13 - Análise de variância das concentrações foliares de nutrientes e Al de espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado (n = 48).

FONTES DE VARIAÇÃO	ELEMENTOS						
	Al	K	Ca	Mg	P	N	
ACUMULADORAS DE Al							
fogo	-	**	*	-	**	**	
espécie	**	**	**	**	**	**	
fogo x espécie	-	**	**	-	**	**	
NÃO ACUMULADORAS DE Al							
fogo	-	**	-	-	-	**	
espécie	**	**	**	**	**	**	
fogo x espécie	-	**	-	*	-	**	

* Significativo ao nível de 5%.

** Significativo ao nível de 1%.

Os elementos potássio e nitrogênio apresentaram, em pelo menos uma das espécies, diferenças significativas devido à ação do fogo, tanto no grupo das acumuladoras como no das não acumuladoras de alumínio.

Os teores de cálcio e fósforo apresentaram diferenças significativas apenas entre as espécies acumuladoras de alumínio. A ocorrência da queimada não alterou os conteúdos de magnésio das espécies, embora a interação das duas fontes de variação, fogo e espécie, tenha sido significativa ao nível de 5% para as espécies não acumuladoras (tabela 13).

Para observar as espécies responsáveis pelas diferenças significativas apresentadas pela análise de variância, notar os valores das duas últimas datas dos respectivos elementos. No caso do potássio nas espécies acumuladoras, M. albicans apresentou as maiores diferenças entre as áreas de estudo (figura 3A e B). Os valores mais altos foram observados na área queimada. Entre as espécies não acumuladoras, O. hexasperma e R. montana apresentaram o mesmo padrão, porém as diferenças não foram tão marcantes. Os teores de nitrogênio foram mais elevados na área queimada para as espécies P. rigida e M. albicans (figura 7A e B), enquanto entre as não acumuladoras o mesmo padrão foi observado com relação a O. hexasperma e S. aureum (figura 7C e D). Quanto ao cálcio, que apresentou diferença significativa ao nível de 5% nas espécies acumuladoras de alumínio, P. rigida foi a espécie que apresentou a maior diferença entre as áreas, sendo o teor da área não queimada mais elevado (figura 4A e B). Os teores de fósforo foram maiores na área queimada para as espécies M. albicans e V. elliptica, sendo que na primeira a diferença foi bem nítida (figura 6A e B).

Na comparação dos teores de elementos das espécies nas duas áreas de estudo, pode se observar que o fogo alterou, ainda que pouco, o estado nutricional de algumas das espécies estudadas. Os nutrientes que tiveram sua concentração nas folhas alterada, foram principalmente o potássio e o nitrogênio (tabela 13). O primeiro, como já vimos, foi o cátion que mostrou aumentos mais consistentes no solo após a queimada (tabela 6). Quanto ao nitrogênio, embora não tenha sido analisado em nossas amostras de solo, existem indicações mostrando que, apesar deste ser em grande parte perdido para a atmosfera durante a queimada, este também

aumenta consistentemente após o fogo (NYE & GREENLAND, 1960).

A espécie M. albicans foi a que apresentou as variações mais notáveis nas concentrações de potássio, fósforo e nitrogênio de suas folhas maduras (figuras 3, 6 e 7A). Esta espécie apresentou ainda um aumento significativo no teor de magnésio (figura 5A) e foi a única a apresentar conteúdos de alumínio abaixo de 1,0% após a queimada (figura 2A). A maior suscetibilidade a variações nesta espécie provavelmente está relacionado com a existência de um sistema radicular mais superficial em relação às outras espécies estudadas. KELLMAN (1979) estudou o enriquecimento do solo sob algumas espécies de savanas tropicais, incluindo M. albicans. O autor mostrou que as espécies estudadas apresentavam sistemas radiculares pouco profundos e indicou que esta talvez fosse a razão para o demonstrado enriquecimento superficial do solo sob aquelas espécies. Como já vimos, M. albicans é a espécie de menor porte dentre as estudadas, sendo que na área de estudo nunca foram observados indivíduos com mais de 1,6m de altura.

O fogo, segundo COUTINHO (1982), deve ser prejudicial ao estrato arbóreo e arbustivo em favor do estrato herbáceo e subarbustivo. Nossos resultados confirmam o favorecimento da espécie de menor porte, porém não indicam que seja prejudicial às espécies arbóreas. Seria razoável esperar que os efeitos benéficos da queimada neste estrato só pudessem ser observados após a primeira estação de crescimento quando os nutrientes liberados alcançassem horizontes mais profundos. Porém, CAVALCANTI (1978) já descartou esta possibilidade uma vez que não foram verificados aumentos significativos nas concentrações de nutrientes dos horizontes mais profundos. A autora sugeriu a existência de uma rápida recaptura dos nutrientes liberados evitando grande lixiviação através do perfil. Nossos dados de solo apresentam resultados que apóiam as conclusões de CAVALCANTI (1978).

Nas outras espécies que apresentaram diferenças entre os teores de nutrientes devido à ação da queimada, não parece justificável a explicação de sistemas radiculares mais superficiais. Como notou RACHID (1947) estudando sistemas subterrâneos de plantas do cerrado, um indivíduo de P. rigida com aproximadamente 30cm de altura e poucas folhas, apresentou raízes de até 3m de comprimento e ainda relativamente grossas, devendo atingir profundidades maiores.

4.6 Desenvolvimento foliar

A comparação dos teores de elementos em folhas de diferentes etapas de desenvolvimento é apresentada na tabela 14. Esta tabela foi construída com os valores médios de alumínio e nutrientes em folhas jovens e folhas maduras coletadas na área queimada. Os valores médios foram comparados através do teste t.

Na coleta realizada em agosto de 1981, ou seja, quase 2 meses após o fogo, todas as espécies nesta área, apresentaram tecidos foliares em desenvolvimento resultantes do rebrotamento induzido pela queimada. Em novembro algumas espécies ainda apresentavam folhas jovens que foram coletadas e neste caso incluídas na média para esta etapa de desenvolvimento. Nas espécies que não apresentaram folhas maduras na coleta de agosto, foram utilizados os valores das datas mais próximas para a comparação. Na área não queimada não foi possível obter esta comparação devido à inexistência de rebrotamento foliar definido durante o período de estudo.

Os resultados obtidos quanto às diferenças em concentração de elementos em folhas de diferentes etapas de desenvolvimento estão de acordo com os resultados observados em outras espécies (ERNST, 1975; EVANS, 1979, 1980; LAMB, 1976, 1977).

O teor de alumínio aumentou com a maturação na maioria das espécies estudadas (tabela 14). Entre as acumuladoras deste elemento, apenas P. rigida apresentou diferença significativa. Nas espécies acumuladoras o alumínio provavelmente se encontra em formas fisiologicamente inativas (MEDINA, 1980), sendo assim as altas concentrações observadas nos tecidos ainda jovens não devem interferir na atividade metabólica da fase de expansão foliar. Já nas espécies não acumuladoras, embora as concentrações de alumínio fossem de magnitude inferior, sempre houveram diferenças significativas entre os tecidos jovens e maduros.

Os conteúdos de potássio, assim como os de fósforo, foram maiores nos tecidos jovens de todas as espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, em relação aos tecidos maduros. A diferença foi sempre significativa ao nível de 1% (tabela 14). Altas concentrações

TABELA 14 - Comparação entre a concentração de nutrientes e Al (%) em folhas jovens (FJ) e folhas maduras (FM) de algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado (teste t)

ESPÉCIES	Al		K		Ca		Mg		P	
	FJ	FM	FJ	FM	FJ	FM	FJ	FM	FJ	FM
ACUMULADORAS Al										
<u>Palicourea rigida</u>	0,87 **	1,34	1,95 **	0,87	0,71	0,80	0,267	0,276	0,213 **	0,050
<u>Voehsia elliptica</u>	1,54	1,48	1,06 **	0,41	0,35	0,33	0,212 **	0,098	0,142 **	0,050
<u>Qualea parviflora</u>	1,28	1,29	1,12 **	0,28	0,24 *	0,42	0,142	0,157	0,173 **	0,056
<u>Miconia albicans</u>	0,96	1,10	0,82 **	0,48	0,36	0,42	0,180	0,117	0,111 **	0,051
NÃO ACUMULADORAS Al										
<u>Ouratea hexasperma</u>	0,006 **	0,022	1,21 **	0,46	0,22 **	0,62	0,192 **	0,216	0,204 **	0,073
<u>Roupala montana</u>	0,028 **	0,061	0,85 **	0,37	0,14 *	0,25	0,095 **	0,157	0,122 **	0,052
<u>Caryocar brasiliense</u>	0,012 **	0,041	1,02 **	0,34	0,16 **	0,38	0,180	0,241	0,211 **	0,057
<u>Sclerolobium aureum</u>	0,013 **	0,030	0,66 **	0,33	0,13	0,14	0,123 **	0,073	0,116 **	0,057

* Diferença significativa ao nível de 5%.

** Diferença significativa ao nível de 1%.

destes elementos e de nitrogênio, são indicadores sensíveis de alta atividade metabólica nos tecidos jovens (EPSTEIN, 1972).

O teor de nitrogênio só foi analisado em folhas de diferentes etapas de desenvolvimento da espécie P. rigida, e foi significativamente maior ao nível de 1% nas folhas jovens (2,62%) em relação às folhas maduras (1,60%). Embora este elemento só tenha sido analisado em uma espécie, o comportamento esperado em todas as espécies é o mesmo observado em relação ao potássio e fósforo.

O cálcio por ser um elemento estrutural utilizado na formação de parede celular (EPSTEIN, 1972), vai aumentando sua concentração durante a maturação foliar. Porém isto só foi observado em quatro das espécies estudadas, sendo que nas outras as diferenças não foram significativas (tabela 14). Isto provavelmente se justifica devido ao acompanhamento ter sido em relação à época após a queimada e não em relação à maturação foliar de cada espécie individualmente.

Quanto ao magnésio, apenas 4 espécies apresentaram diferenças significativas entre as concentrações nas etapas de desenvolvimento consideradas (tabela 14). Porém o padrão não foi o mesmo, em O. hexasperma e R. montana houve um aumento com a maturação, enquanto que em V. elliptica e S. aureum houve uma diminuição. Nas duas primeiras espécies o magnésio mostrou comportamento semelhante ao cálcio, e concorda com os resultados obtidos em eucalipto (LAMB, 1976) e em plantas esclerófilas da savana venezuelana (MONTES & MEDINA, 1977). Nas outras duas o magnésio apresentou comportamento inverso, semelhante ao potássio e fósforo, e concorda com os resultados observados em florestas da América Central (ERNST, 1975).

A espécie S. aureum, como já foi observado, apresentou os menores conteúdos de cálcio e magnésio dentre as estudadas. O teor de cálcio desta espécie não variou entre as folhas jovens e maduras, permanecendo na faixa de 0,1% que é bastante baixo, enquanto o magnésio diminuiu sua concentração com a maturidade foliar. Isto é mais um exemplo de como as espécies apresentam características nutricionais intrínsecas que as diferenciam quanto às necessidades fisiológicas de elementos minerais.

4.7 Correlações entre elementos

Foram calculados os coeficientes de correlação (Pearson) entre os elementos analisados nas folhas maduras das espécies estudadas. Para esta análise também foram utilizados apenas os valores das duas últimas datas de coleta selecionados para comparação entre as áreas de estudo. A tabela 15 apresenta os coeficientes de correlação (r) seguidos da significância, para os dois grupos de espécies.

A correlação mais forte apresentada entre as concentrações de elementos nas folhas maduras das espécies dos dois grupos, foi entre o cálcio e o magnésio, sendo a relação entre eles positiva (tabela 15). A existência de fortes correlações entre os conteúdos destes dois elementos já havia sido verificada em várias espécies (GARTEN, 1976). Em espécies do cerrado HARIDASAN (1982) já havia mostrado que a relação positiva entre estes elementos era a mais forte dentre várias computadas.

Além desta, nenhuma outra correlação significativa se repetiu nos dois grupos de espécies. Apenas entre as acumuladoras de alumínio, foram observadas fortes correlações positivas do teor de potássio com o cálcio e com o magnésio (tabela 15).

Em relação ao alumínio, que é o elemento que distingue os grupos de espécies, foram observadas fracas correlações negativas, com fósforo nas acumuladoras e com potássio nas não acumuladoras (tabela 15). Estes coeficientes de correlação foram, entretanto, muito baixos, tornando-se difícil fazer alguma conclusão. Inclusive existem outros dados sobre correlações entre nutrientes em plantas cerrado que não confirmam todas estas relações. HARIDASAN (1982) considerando espécies dos dois grupos não verificou correlações do alumínio com outros nutrientes, e considerando apenas espécies acumuladoras verificou correlação positiva do alumínio com cálcio e magnésio, porém não notou com o fósforo.

O alumínio apresenta na maioria dos casos efeitos deletérios no crescimento de plantas cultivadas, interferindo na absorção de outros nutrientes (FOY, 1974). Porém os resultados aqui obtidos a respeito de correlações entre o alumínio e os elementos essenciais não indicam que este tenha influência negativa na absorção dos nutrientes.

TABELA 15 - Coefficientes de correlação entre as concentrações de nutrientes e Al de algumas espécies, acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, nativas do cerrado (n = 96)

ELEMENTOS	K	Ca	Mg	P
ACUMULADORAS DE ALUMÍNIO				
Al	-0,072	0,169	0,160	-0,293**
K		0,719**	0,701**	0,141
Ca			0,746**	-0,116
Mg				-0,062
NÃO ACUMULADORAS DE ALUMÍNIO				
Al	-0,270**	0,046	0,170	-0,122
K		0,174	0,056	0,287**
Ca			0,849**	0,374**
Mg				0,208*

* Significativo ao nível de 5%.

** Significativo ao nível de 1%.

O teor de fósforo das espécies não acumuladoras apresentou correlação positiva com o potássio, cálcio e magnésio, sendo os coeficientes entretanto baixos. Os coeficientes de correlação entre a concentração de nitrogênio e outros elementos não foram computados pois este nutriente só foi analisado em poucas amostras. A relação direta entre as concentrações do nitrogênio e fósforo é uma das mais notáveis registradas na literatura (EL-GHONEMY et al., 1978; GARTEN, 1976). Inclusive em plantas esclerófilas das campinaranas da Amazônia venezuelana já foi observado que as concentrações destes elementos, que foram semelhantes as aqui observadas, apresentavam coeficiente de correlação de 0,87 % significativo ao nível de 1% (SOBRADO & MEDINA, 1980). Por estas razões, é de se esperar que em plantas do cerrado a relação entre eles também seja direta e significativa.

5. CONCLUSÕES

Embora a acumulação de alumínio nas folhas seja uma estratégia pouco comum entre as espécies do cerrado estudado (13 e 14% das espécies de árvores e arbustos, respectivamente), as plantas acumuladoras são importantes componentes da vegetação, representando cerca de 30% do valor total de importância das espécies e do número de indivíduos por hectare, nos dois estratos considerados.

O conteúdo de alumínio das espécies acumuladoras é sempre significativamente mais elevado em relação ao das não acumuladoras. Enquanto o teor médio das espécies do primeiro grupo é de aproximadamente 1,20%, o das espécies do segundo grupo é de apenas 0,03%. Embora o alumínio seja tóxico em altas concentrações, este parece não interferir na absorção de elementos essenciais nas plantas que acumulam este elemento em suas folhas. Na maioria das espécies, tanto acumuladoras como não acumuladoras, o teor médio de potássio e de cálcio é de 0,40%, de magnésio 0,15%, de fósforo 0,06% e de nitrogênio 1,10%.

Entre as oito espécies estudadas, e mesmo entre as espécies de cada grupo, existem sempre diferenças significativas nos conteúdos dos elementos analisados. As espécies diferem entre si quanto aos perfis nutricionais, independente da acumulação ou não de alumínio, que podem significar diferenças de nicho no hiperespaço de elementos do ambiente. Em relação às outras espécies estudadas: M. albicans apresenta os teores mais baixos de alumínio das acumuladoras; P. rigida apresenta teores significativamente mais elevados de potássio, cálcio e magnésio; S. aureum apresenta baixos conteúdos de cálcio e magnésio; e R. montana apresenta baixos teores de fósforo e nitrogênio.

As maiores variações nas concentrações foliares dos elementos analisados ocorrem no período de setembro a novembro, coincidindo com a renovação anual das folhas e o início da estação chuvosa. As espécies não acumuladoras apresentam um padrão sazonal comum em relação à concentração de alumínio, que se caracteriza por uma diminuição no início da estação chuvosa seguido de aumento nos primeiros meses do ano. Este padrão se repete com ou sem a interferência de queimadas.

A ação de queimadas promove uma melhoria efêmera nas condições químicas do solo, porém irrelevante do ponto de vista agronômico. Podem ser observados aumentos nos teores de potássio, cálcio e magnésio, e diminuição do alumínio, principalmente nos horizontes superficiais. O teor de fósforo do solo do cerrado estudado está sempre abaixo do limite detectável de 1 ppm, mesmo 3 meses após a ocorrência de uma queimada natural.

A ocorrência de uma queimada, além do efeito de sincronização fenológica das espécies arbustivas e arbóreas, promove um aumento na amplitude de variação sazonal das concentrações foliares de elementos em algumas espécies. As concentrações de potássio e nitrogênio aumentaram nas folhas de pelo menos uma das espécies de cada grupo. A espécie que apresentou as maiores variações no teor de elementos devido à ação do fogo foi M. albicans.

As concentrações de potássio, fósforo e nitrogênio são maiores nas folhas jovens em relação às folhas maduras, enquanto o contrário se verifica com o cálcio e alumínio, quando estas são expressas por unidade de peso seco foliar. Com a maturação das folhas, o teor de magnésio aumenta em O. hexasperma e R. montana, e diminui em V. elliptica e S. aureum.

As espécies estudadas, tanto acumuladoras como não acumuladoras, apresentam fortes correlações positivas entre os teores de cálcio e magnésio das folhas maduras. Apenas nas acumuladoras de alumínio, a concentração de potássio apresenta forte correlação positiva com cálcio e com magnésio. O teor de alumínio não apresenta correlações significativas com os nutrientes analisados, exceto por fracas correlações negativas com potássio nas espécies não acumuladoras e com fósforo nas espécies acumuladoras. O teor de fósforo apresenta correlação positiva com potássio, cálcio e magnésio, apenas nas folhas maduras das espécies não acumuladoras.

Este trabalho se constitui numa descrição geral dos padrões nutricionais de algumas espécies dos estratos arbustivo e arbóreo, nativas do cerrado. A importância das espécies acumuladoras de alumínio na vegetação do cerrado, sentido restrito, estudado, sugere que estas te-

nham uma influência efetiva na dinâmica nutricional deste ambiente. Outras linhas de investigação complementares como: produção e acumulação de nutrientes e alumínio pelo estrato rasteiro, comportamento nutricional de espécies acumuladoras e não acumuladoras de alumínio em solos com diferentes teores de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, e entradas de nutrientes no sistema pela chuva, estão sendo desenvolvidas no Laboratório de Ecologia do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade de Brasília. Estas pesquisas, aliadas aos resultados obtidos no presente trabalho, deverão trazer importantes subsídios à melhor compreensão deste ecossistema, que é atualmente uma das grandes promessas ao desenvolvimento da agricultura nacional.

6. BIBLIOGRAFIA

- . AHLGREN, I.F. & AHLGREN, C.E. Ecological effects of forest fires. Botan. Rev., 26 (4): 483-533, 1960.
- . ALLEN, S.E. (ed) Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Sci. Publ., London, 1974.
- . ALLEN, S.E.; EVANS, C.C. & GRIMSHAW, H.M. The distribution of mineral nutrients in soil after heather burning. Oikos, 20:16-25, 1969.
- . ALVIM, P.T. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. Rev. Bras. Geogr., 16 (4):496-498, 1954.
- . ALVIM, P.T. & ARAÚJO, W.A. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste de Brasil. Turrialba, 2(4):153-160, 1952.
- . ARENS, K. Considerações sobre a causa do xeromorfismo foliar. Botânica (USP), 15:25-56, 1958a.
- . ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófica. Botânica (USP), 15:59-77, 1958b.
- . ARENS, K. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: FERRI, M.G. (ed) Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, EDUSP, 1963, p.285-303.
- . ARENS, K., FERRI, M.G. & COUTINHO, L.M. Papel do fator nutricional na economia d'água de plantas do cerrado. Rev. Biol., Lisboa, 1 (3-4): 313-324, 1958.
- . AZEVEDO, L.G. & CASER, R.L. Regionalização do cerrado. In: V Simpósio sobre o cerrado - Uso e Manejo. Brasília, DF, 1979.
- . BEADLE, N.C.W. Soil phosphate and the delimitation of plant communities in eastern Australia. Ecology, 35 (3):370-375, 1954.

- . BEADLE, N.C.W. Soil phosphate and its role in molding segments of the Australian flora and vegetation with special reference to xeromorphy and scleromorphy. Ecology, 47:992-1007, 1966.
- . BEARD, J.S. The savanna vegetation of northern tropical America. Ecol. Monogr., 23:149-215, 1953.
- . BEIGUELMAN, B. Cerrado: vegetação oligotrófica. Ciê. e Cult., 14 (2):99-107, 1962.
- . BEIGUELMAN, B. Considerações sobre a vegetação dos cerrados. Ciê. e Cult., 15(1):39-44, 1963.
- . BORMANN, F.H. & LIKENS, G.E. Catastrophic disturbance and the steady state in northern hardwood forests. Amer. Scientist, 67:660-669, 1979.
- . BUDOWSKI, G. Tropical savannas, a sequence of forest felling and repeated burnings. Turrialba, 6 (1-2):23-33, 1956.
- . CALBO, A.G. & CAMBRAIA, J. Efeito do alumínio sobre a composição mineral de dois cultivares de sorgo (Sorghum vulgare L. Moench.). Rev. Ceres, 27 (152):369-378, 1980.
- . CAVALCANTI, L.H. Efeito das cinzas resultantes de queimada sobre a produtividade do estrato herbáceo sub-arbustivo do cerrado de Emas (Pirassununga-SP). São Paulo, 1978. Tese de Doutorado, Deptº de Botânica, USP.
- . CESAR, H.L. Efeitos da queima e corte sobre a vegetação de um campo sujo na Fazenda Água Limpa, D.F. Brasília, 1980. Tese de Mestrado, Deptº de Biologia Vegetal, Univ. de Brasília.
- . CHAPIN III, F.S. The mineral nutrition of wild plants. Ann. Rev. Ecol. Syst., 11:233-260, 1980.
- . CHAPIN III, F.S.; BARSDATE, R.J. & BAREL, D. Phosphorus cycling in Alaskan coastal tundra: a hypothesis for the regulation of nutrient cycling. Oikos, 31:189-199, 1978.

- . CHENERY, E.M. Aluminium in the plant world. Part I. General survey in dicotyledons. Kew Bull., 3:173-183, 1948a.
- . CHENERY, E.M. Aluminium in plants and its relation to plant pigments. Ann. of Botany, 12(46):121-136, 1948b.
- . CHENERY, E.M. & SPORNE, K.R. A note on the evolutionary status of aluminium-accumulators among dicotyledons. New Phytologist, 76:551-554, 1976.
- . CLARKSON, D.T. Effect of aluminum on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. Plant Physiol., 41:165-172, 1966.
- . CLARKSON, D.T. Phosphorus supply and growth rate in species of Agrostis. J. Ecol., 55:111-118, 1967.
- . CLARKSON, D.T. Metabolic aspects of aluminium toxicity and some possible mechanisms for resistance. In: RORISON, I.H. (ed) Ecological aspects of mineral nutrition of plants, Blackwell Sci.Publ., London, 1969, p.381-397.
- . COLE, M. Cerrado, caatinga and pantanal: the distribution and origin of the savanna vegetation in Brazil. Geogr. J., 76:168-179, 1960.
- . COTTAM, G. & CURTIS, J.T. The use of distance measures in phytosociological samples. Ecology, 37(3):451-460, 1956.
- . COUTINHO, L.M. Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do cerrado. São Paulo, 1976. Tese de Livre-Docência, Deptº de Botânica, USP.
- . COUTINHO, L.M. As queimadas e seu papel ecológico. Brasil Florestal, 44:7-23, 1980.
- . COUTINHO, L.M. The ecological effects of fire in Brazilian cerrado. In: HUNTLEY, E.J. & WALKER, B.H. (eds). Ecology of tropical savannahs. Ecological Studies 42. Berlin, Springer-Verlag, 1982, p.273-291.
- . COUTINHO, L.M.; PAGANO, S.N. & SARTORI, A.A. Sobre o teor de água e nutrientes minerais em xilopódios de algumas espécies de cerrado. Ciê. e Cult., 30(7):349, 1978.

- . DANTAS, M. & MATOS, A.O. Estudos fito-ecológicos do trópico úmido brasileiro: III. Conteúdo de nutrientes em cinzas de floresta e capoeira, Capitão-Poço-Pará. An. XXXII Congr. Nac. Botan., Terezina, PI, 1981, p.207-226.
- . DAVIES, M.S. & SNAYDON, R.W. Physiological differences among populations of Anthoxantum odoratum L. collected from the Park Grass Experiment, Rothamsted. II. Response to aluminium. J. Appl. Ecol., 10:47-55, 1973.
- . DRIESSCHE, R. van den Prediction of mineral status of trees by foliar analysis. Botan. Rev., 40:347-394, 1974.
- . DUNCAN, D.B. Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 11: 1-42, 1955.
- . DUVIGNEAUD, D. & DE SMET, S.D. Considérations sur l'écologie de la nutrition minerale des tapis végétaux naturels: Oecologia Plant., 8 (3):219-246, 1973.
- . EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. Botan. Rev., 38(2):201-341, 1972.
- . EL-GHONEMY, A.A.; WALLACE, A. & ROMNEY, E.M. Nutrient concentrations in the natural vegetation of the Mojave desert. Soil Sci., 126:219 - 229, 1978.
- . EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Serv. Nac. Lev.Cons. Solos, Min. Agric., Rio de Janeiro, 1979.
- . EPSTEIN, E. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. J. Wiley & Sons Inc., N.Y., 1972.
- . ERNST, W. Variation in the mineral contents of leaves of trees in Miconia central woodland in south central America. J. Ecol., 63 (3) : 801-807, 1975.

- . EVANS, J. The effects of leaf position and leaf age in foliar analysis of Gmelina arborea. Plant & Soil, 52 (4):547-552, 1979.
- . EVANS, J. Preliminary data on foliar nutrient levels in Klinkii pine (Araucaria hunsteinii). The Malaysian Forester, 43 (2):212-218, 1980.
- . FAGERIA, N.K. & ZIMMERMAN, F.J.P. Seleção de cultivares de arroz para tolerância a toxidez de alumínio em solução nutritiva. Pesq. Agropec. Brasil., 14:141-147, 1979.
- . FERRI, M.G. Observações sobre Lagoa Santa. Rev. Ceres, 4:1-16, 1943.
- . FERRI, M.G. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga. Estudo comparativo do balanço d'água de sua vegetação. Botânica (USP), 12:1-170, 1955.
- . FERRI, M.G. Histórico dos trabalhos botânicos sobre o cerrado. In: FERRI, M.G. (ed), Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, EDUSP, 1963, p.15-50.
- . FERRI, M.G. Uma década (1968-1977) de trabalhos no cerrado. In: GOODLAND, R. & FERRI, M.G., Ecologia do cerrado. São Paulo, EDUSP e Livr. Itatiaia Ed., 1979, p.23-60.
- . FERRI, M.G. & COUTINHO, L.M. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação, em Emas (SP), Campo Grande (MT) e Goiânia (GO). Botânica (USP), 15:103-150, 1958.
- . FOLDATS, E. & RUTKIS, E. Influencia mecanica del suelo sobre la fisionomia de algunas sabanas, del llano venezuelano. Bol.Soc.Venez. Cien. Nat. (Caracas), 25(108):355-392, 1965.
- . FOY, C.D. Effects of aluminium on plant growth. In: CARSON, E.W. (ed), The Plant root and its environment, Univ. Press of Virginia, 1974, p.601-643.
- . FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. Ciênc. e Cult., 28(2):150-155, 1976.

- . GARTEN, C.T. Correlations between concentrations of elements in plants. Nature, 261:686-688, 1976.
- . GARTEN, C.T. Multivariate perspectives on the ecology of plant mineral element composition. Amer. Naturalist, 112(985):533-544, 1978.
- . GERLOFF, G.C.; MOORE, D.G. & CURTIS, J.T. Mineral content of native plants of Wisconsin. Research Report, 14, Univ. of Wisconsin, 1964.
- . GERLOFF, G.C.; MOORE, D.G. & CURTIS, J.T. Selective absorption of mineral elements by native plants of Wisconsin. Plant & Soil, 25:393-405, 1966.
- . GOODLAND, R. An ecological study of the cerrado vegetation of south-central Brazil. Montreal, Canadá, 1969. Tese de Doutorado (Ph.D), McGill University.
- . GOODLAND, R. The savanna controversy. Savanna Research Ser., McGill Univ., Canadá, 15:1-66, 1970.
- . GOODLAND, R. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: FERRI, M.G. (ed), III Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, EDUSP e Edgard Blucher Ed., 1971a, p.44-60.
- . GOODLAND, R. The cerrado oxisols of the Triangulo Mineiro, central Brazil. An. Acad. Brasil. Ciên., 43:407-414, 1971b.
- . GOODLAND, R. Análise ecológica da vegetação do cerrado. In: GOODLAND, R. & FERRI, M.G. Ecologia do cerrado, São Paulo, EDUSP e Livr. Itatiaia Ed., 1979, p.61-162..
- . GOODLAND, R. & POLLARD, R. The Brazilian Cerrado Vegetation: a fertility gradient. J. Ecol., 61:219-224, 1973.
- . GOODLAND, R. & POLLARD, R. Aluminium and nutrient strategies of cerrado trees. II Congr. Lat. Amer. Botan. e XXIV Congr. Nac. Bot., Brasília, DF, 1978. Resumos, p.71-72.

- . GRIME, J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. Amer. Naturalist, 111:1169-1194, 1977.
- . GRUNDON, N.J. Mineral nutrition of some Queensland heath plants. J.Ecol., 60:171-181, 1972.
- . HACKETT, C. Stimulative effects of aluminium on plant growth. Nature, 195(4840):471-472, 1962.
- . HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. Plant & Soil, 65:265-273, 1982.
- . HARIWELL, B.L. & PEMBER, F.R. The presence of aluminium as a reason for the difference in the effect of so-called acid soil on barley and rye. Soil Sci., 6:259-281, 1918.
- . HUTCHINSON, G.E. The biogeochemistry of aluminium and of certain related elements. Quart. Rev. Biol., 18:1-29, 128-153, 242-262, 331-363, 1943.
- . KELLMAN, M. Soil enrichment by neotropical savanna trees. J.Ecol., 67:565-577, 1979.
- . LAMB, D. Variations in the foliar concentrations of macro and micro elements in a fast-growing tropical eucalypt. Plant & Soil, 45:477-492, 1976.
- . LAMB, D. Relationship between growth and foliar nutrient concentrations in Eucalyptus deglupta. Plant & Soil, 47:495-508, 1977.
- . LANGILLE, W.M. & MACLEAN, K.S. Some essential nutrient elements in forest plants as related to species, plant part, season and location. Plant & Soil, 45:17-26, 1976.
- . LLOYD, P.S. Effects of fire on the chemical status of herbaceous communities of Derbyshire Dales. J.Ecol., 59:261-273, 1971.

- . LOPES, A.S. & COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under cerrado vegetation in Brazil. Soil Sci. Soc. Amer. J., 41: 742-747, 1977
- . LOVELESS, A.R. A nutritional interpretation of sclerophylly based on differences in the chemical composition of sclerophyllous and mesophytic leaves. Ann. of Botany, 25(98): 168-184, 1961.
- . LOVELESS, A.R. Further evidence to support a nutritional interpretation of sclerophylly. Ann. of Botany, 26(104): 551-562, 1962.
- . MAGISTAD, O.C. The aluminium content of the soil solution and its relation to soil reaction and plant growth. Soil Sci. 20:181-225.1925.
- . MALAVOLTA, E.; SARRUGE, J.R. & BITTENCOURT, V.C. Toxicidez de alumínio e manganês. In: FERRI, M.G. (ed.). IV Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, EDUSP, 1977, p.275-301
- . MARRS, R.H. Seasonal changes and multivariate studies of the mineral element status of several members of the Ericaceae. J.Ecol., 66(2):533-546, 1978.
- . MASON, H.L. & STOUT, P.R. The role of plant physiology in plant geography. Ann. Rev. Plant Physiol., 5: 249-270, 1954.
- . McCART, G.D. & KAMPATH, E.J. Supplying Ca and Mg for cotton on sandy, low cation exchange capacity soils. Agron. J., 57:404-406, 1965.
- . MEDEIROS, R.A. de; BATMANIAN, G.J. & HARIDASAN, M. Importância relativa de espécies acumuladoras de alumínio em uma área de cerrado. XXXIV Congr. Nac. Botan. Porto Alegre, RS, 1983. Resumos, p. 153
- . MEDINA, E. Ecology of tropical American savannas: an ecophysiological approach. In: HARRIS, D.R. (ed) Human ecology in savanna environments. Academic Press, London, 1980, p.297-319.
- . MEDINA, E.; CUEVAS, E. & WEAVER, P.L. Composicion foliar y transpiracion de especies leñosas de Pico del Este, Sierra de Luquillo, Puerto Rico. Acta Cient. Venezolana, - 32:159-165, 1981.

- . MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Plano de Manejo - Parque Nacional de Brasília. Inst. Bras. Desenv. Florestal, Brasília, DF, 1979.
- . MONK, C.D. An ecological significance of evergreenness, Ecology. 47(3): 504-505, 1966.
- . MONTES, R. & MEDINA, E. Seasonal changes in nutrient content of leaves of savanna trees with different ecological behaviour. Geo-Eco-Trop., 1: 295-307, 1977.
- . MORAES, J.A.P.V. & ARENS, K. Potássio e sua lavagem em folhas de plantas do cerrado em comparação com plantas cultivadas. In: FERRI, M.G. (ed) III Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, EDUSP, 1971, p. 199-200.
- . MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. Aims and methods of vegetation ecology. J. Wiley & Sons Inc., N.Y., 1974.
- . NILSEN, E.T. & SCHLESINGER, E.H. Phenology, productivity and nutrient accumulation in the post-fire chaparral shrub Lotus scoparius. Oecologia, 50:217-224, 1981.
- . NYE, P.H. & GREENLAND, D.J. The soil under shifting cultivation. Commonwealth Agr. Bureaux, Techn. Commun. 51, 1960.
- . OHMANN, L.F. & GRIGAL, D.F. Early revegetation and nutrient dynamics following the 1971 Little Sioux forest fire in northeastern Minnesota. Forest Sci. 25(4), Monogr. 21, Suppl., 1979.
- . OLIVEIRA, S.A. de & MACHADO, J.W. Avaliação do estado nutricional de espécies nativas do cerrado na área do Distrito Federal. Brasil Florestal, Bol. tec. 7: 19-24, 1982.

- . OLIVEIRA, P.E.; PEREIRA, L.A.; LIMA, V.L.; FRANCO, A.C.; BARBOSA, A. A.; BATMANIAN, G.J. & MOURA, L.C. Levantamento preliminar de um cerrado no Parque Nacional de Brasília. Brasil Florestal, Bol. tec. 7: 25-31, 1982.
- . OLMOS, J. & CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil: sua caracterização e distribuição. Ciên. e Cult., 28(2):171-180, 1976.
- . PAIXÃO, I.L. da Estudo de resistência aerodinâmica em folhas de espécies do cerrado. Brasília, 1982. Tese de Mestrado, Deptº de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília.
- . RACHID, M. Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos campos cerrados de Emas. Botânica (USP), 5:5-140, 1947.
- . RANZANI, G. Solos do cerrado. In: FERRI, M.G. (ed) Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, EDUSP, 1963, p.51-92.
- . RATTER, J.A. Notes on the vegetation of Fazenda Água Limpa (Brasília, DF, Brasil). Edinburgh, Royal Botanic Garden, 1980.
- . RAWITSCHER, F.K. Algumas noções sobre a transpiração e o balanço d'água de plantas brasileiras. An. Acad. Brasil. Ciên., 14:7-36, 1942.
- . RAWITSCHER, F.K.; FERRI, M.G. & RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. An Acad. Brasil. Ciên., 15:267-294, 1943.
- . RAWITSCHER, F.K. & RACHID, M. Troncos subterrâneos de plantas brasileiras. An. Acad. Brasil. Ciên., 17:261-280, 1946.
- . RIBEIRO, J.F.; GONZALES, M.I.; OLIVEIRA, P.E. & MELO, J.T. Aspectos fenológicos de espécies nativas do cerrado. XXXIV Congr. Nac. Botan. Teresina, PI, 1981. Anais, p. 181-198.
- . RIBEIRO, J.F.; SILVA, J.C.S. & AZEVEDO, L.G. de Estrutura e composição florística em tipos fisionômicos dos cerrados e sua interação com alguns parâmetros do solo. XXXIV Congr. Nac. Botan., Teresina, PI, 1981. Anais p.141-156.

- . RIZZINI, C.T. Tratado de fitogeografia do Brasil - Aspectos sociológicos e florísticos. São Paulo, Hucitec - EDUSP, 1979.
- . RIZZO, J.A.; CENTENO, A.J.; LOUSA, J.S. & FILGUEIRAS, T.S. Levantamento de dados em áreas de cerrado e de floresta caducifolia tropical do Planalto Centro-Oeste. In: FERRI, M.G. (ed) III Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, EDUSP, 1971, p.103-109.
- . RORISON, I.H. Some experimental aspects of the calcicole-calcifuge problem. I. The effects of competition and mineral nutrition upon seedling growth in the field. II. The effects of mineral nutrition on seedling growth in solution culture. J. Ecol., 48:585-599, 679-688, 1960ab.
- . SALINAS, J.G. & SANCHEZ, P.A. Soil-plant relationships affecting varietal and species differences in tolerance to low available phosphorus. Ciên. e Cult., 28(2):156-168, 1976.
- . SARMIENIO, G. & MONASTERIO, M. A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America. In: GOLLEY, F.B. & MEDINA, E. (eds) Tropical ecological systems - Trends in terrestrial and aquatic research. Springer-Verlag, N.Y., 1975, p.223-250.
- . SEUBERT, C.E.; SANCHEZ, P.A. & VALVERDE, C. Effects of land clearing methods on soil properties of an ultisol and crop performance in the Amazon jungle of Peru. Tropical Agric., 54(4):307-321, 1977.
- . SHARROW, S.H. & WRIGHT, H.A. Effects of fire, ash and litter on soil nitrate, temperature, moisture and tobosagrass production in the Rolling Plains. J. Range Management, 30(4):266-270, 1977.
- . SILVA, A.R. Melhoramento genético para resistência à toxidez de alumínio e manganês no Brasil: antecedentes, necessidade e possibilidades. Tópicos para discussão e pesquisas. Ciên. e Cult., 28:147-149, 1976.

- . SILVA, O.A. Variação sazonal na composição mineral de algumas espécies da vegetação do cerrado e possíveis implicações alelopáticas do lavado foliar. São Paulo, 1981. Tese de Mestrado, Inst. Biociências de Rio Claro, Univ. Est. Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

- . SMALL, E. Photosynthetic rates in relation to nitrogen recycling as an adaptation to nutrient deficiency in peat bog plants. Canadian J. Botany, 50: 2227-2233, 1972.

- . SMITH, P.F. Mineral analysis of plant tissue. Ann. Rev. Plant Physiol., 13:81-108, 1962.

- . SOBRADO, M.A. & MEDINA, E. General morphology, anatomical structure, and nutrient content of sclerophyllous leaves of the "Bana" vegetation of Amazonas. Oecologia, 45:341-345, 1980.

- . STARK, N. Plant ash as a natural fertilizer. Environmental Exper. Botany, 19:59-68, 1979.

- . STEUBLING, L. & ALBERDI, M. The influence of phosphorus deficiency on the sclerophylly. Oecologia Plant., 8(3): 211-218, 1973.

- . THOMAS, W. Foliar diagnosis: principles and practice. Plant Physiol., 12: 571-599, 1937.

- . TILTON, D.L. Comparative growth and foliar element concentrations of Larix laricina over a range of wetland types of Minnesota. J. Ecol., 66(2): 499-512, 1978.

- . TUKEY, H.B. The leaching of substances from plants. Ann. Rev. Plant. Physiol., 21: 305-324, 1970.

- . VARESCHI, V. Observaciones sobre la transpiracion de arboles llaneras durante la época sequia. Bol. Soc. Venez. Cien. Nat. (Caracas), 20: 128-134, 1960.

- . VOGL, R.J. Effects of fire on grasslands. In: KOSLOWSKI, T.T. & AHLGREN, C.E. (eds) Fire and ecosystems. Academic Press, N.Y., 1974, p.139-194.
- . WAIBEL, L. Vegetation and land use in the planalto central of Brazil. Geogr. Rev., 38:529-554, 1948.
- . WALLIHAN, E.F. The influence of aluminum on the phosphorus nutrition of plants. Amer. J. Botany, 35:106-112, 1948.
- . WALTER, H. El problema de la sabana. Bol. Soc. Venez. Cien. Nat. (Caracas), 28:123-144, 1969.
- . WARMING, E. Lagoa Santa: contribuição para a geographya phytobiológica. Trad. LOEFREGEN, A. Belo Horizonte, Imprensa Oficial, 1908.
- . WEBB, L.J. Aluminium accumulation in the Australian-New Guinea flora. Austral. J. Botany, 2(2):176-197, 1954.
- . WILLIAMS, R.F. Redistribution of mineral elements during development. Ann. Rev. Plant Physiol., 6:25-42, 1955.
- . WOLF, J.M. Probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, DF. Pesq. Agropec. Brasil., 12:141-150, 1977.
- . WOODWELL, G.M. Variation in the nutrient content of Quercus alba, Quercus coccinea and Pinus rigida in the Brookhaven forest from bud-break to abscission. Amer. J. Botany, 61:749-753, 1974.
- . WOODWELL, G.M.; WITTAKER, R.M. & HOUGHTON, R.A. Nutrient concentrations in plants in the Brookhaven oak-pine forest. Ecology, 52(2):318-332, 1975.
- . WRIGHT, K.E. Effects of phosphorus and lime in reducing aluminum toxicity of acid soils. Plant Physiol., 12:173-181, 1937.
- . WRIGHT, K.E. & DONAHUE, B.A. Aluminum toxicity studies with radioactive phosphorus. Plant Physiol., 28:674-680, 1953.