

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

**Influência de árvores das espécies nativas *Dipteryx alata* Vog. e *Caryocar brasiliense* Camb. no sistema solo-planta em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf no cerrado.**

Maria Elizabete de Oliveira

Tese submetida ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação para a obtenção do título de "Doctor Scientiae" em Ecologia.

Brasília/DF  
março/1999

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

**Influência de árvores das espécies nativas *Dipteryx alata* Vog. e *Caryocar brasiliense* Camb. no sistema solo-planta em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf no cerrado.**

Maria Elizabete de Oliveira

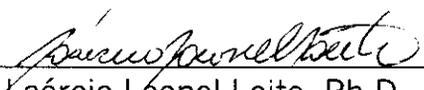
Tese submetida ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação para a obtenção do título de "Doctor Scientiae" em Ecologia.

Brasília/DF  
março/1999

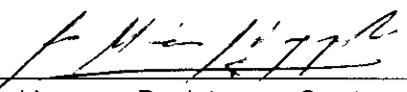


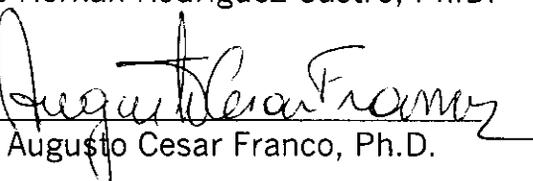
Trabalho de tese de doutorado desenvolvido junto ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob a orientação do Prof. Dr. Laércio Leonel Leite, com bolsa de estudos do Programa Institucional de Capacitação Docente da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PICDT/CAPES).

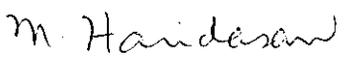
Banca Examinadora:

  
Laércio Leonel Leite, Ph.D.  
Orientador

  
Arnildo Pott, Ph.D.

  
Luís Hernan Rodriguez Castro, Ph.D.

  
Augusto Cesar Franco, Ph.D.

  
Mundayatan Haridasan, Ph.D.

Brasília (DF), março de 1999

## Agradecimentos

À Universidade Federal do Piauí pela oportunidade de realização deste curso.

Ao professor Laércio Leonel Leite pela orientação deste trabalho.

Ao professor Luis Hernan Rodriguez Castro pela orientação na realização das análises estatísticas deste trabalho.

Ao Dr. Jamil Macedo, pesquisador da EMBRAPA, pelo auxílio na descrição do perfil do solo.

Aos pesquisadores Lourival Vilela e Alexandre de Oliveira Barcellos, do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado, EMBRAPA/CPAC, pelo apoio e sugestões.

Ao funcionário do departamento de Ecologia, Antonio Gumiero, pela preciosa ajuda na realização das atividades de campo.

Aos servidores dos laboratórios do Departamento de Ecologia, pelo apoio na realização das análises, e aos responsáveis pelos laboratórios de Geoquímica, de Fisiologia Animal, de Fisiologia Vegetal e de Química de Solo, pela disponibilização de equipamentos de análise.

Aos professores, funcionários e estudantes do Departamento de Ecologia da UnB, pela convivência cordial nestes anos.

Ao Sr. Jadiel Ferreira de Oliveira e ao Sr. Airton Costa Filho, respectivamente, proprietário e gerente da fazenda Itiquira, onde este trabalho foi realizado.

Ao meu companheiro Carlos, pelo apoio fundamental na realização deste trabalho. À minha filha Brisa, pelo incentivo, paciência e carinho.

À minha mãe, pela esperança e confiança. Ao meu pai, e meus irmãos pelo estímulo.

À vida, pela oportunidade de descobertas.

## Sumário

	Página
EXTRATO DA TESE .....	v
EXTRACT OF THESIS.....	vii
INTRODUÇÃO .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	7
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<i>Umidade no solo em pastagem de Brachiaria decumbens Stapf, em três ambientes: área aberta, sob a copa de baru (Dipteryx alata Vog.) e sob a copa de pequi (Caryocar brasiliense Camb.).</i>	
RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	11
INTRODUÇÃO .....	12
LOCAL DE ESTUDO .....	14
MÉTODOS .....	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
CONCLUSÕES .....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<i>Nutrientes no solo em pastagem de Brachiaria decumbens Stapf, em três ambientes: área aberta, sob a copa de baru (Dipteryx alata Vog.) e sob a copa de pequi (Caryocar brasiliense Camb.).</i>	
RESUMO .....	31
ABSTRACT .....	33
INTRODUÇÃO .....	34
MATERIAL E MÉTODOS .....	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
CONCLUSÕES .....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<i>Rendimento de matéria seca e concentração de nutrientes em pastagem de Brachiaria decumbens Stapf, em três ambientes: área aberta, sob a copa de baru (Dipteryx alata Vog.) e sob a copa de pequi (Caryocar brasiliense Camb.).</i>	
RESUMO .....	61
ABSTRACT .....	63
INTRODUÇÃO .....	64
MATERIAL E MÉTODOS.....	66
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	71
CONCLUSÕES .....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	84
CONCLUSÕES GERAIS .....	87
APÊNDICES.....	90



## Lista de Tabelas

<u>Tab.</u>	<u>Título</u>	<u>Pg.</u>
1.1	Distância mínima entre árvores experimentais, altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e diâmetro da copa. ....	16
1.2	Teor de umidade no solo, expresso em porcentagem do peso, nas tensões de 0,0 a 1,5 Mpa, em pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> , em área aberta (AA) sob baru (SB) e sob pequi (SP).....	24
2.1	Valores médios das características químicas do solo em quatro épocas, na profundidade de 0 a 30 cm, em pastagem de <i>B. decumbens</i> , nos ambientes, área aberta (AA), sob baru (SB) e sob pequi (SP).....	42
2.2	Concentração média de nutrientes em liteira de baru e pequi. ....	54
2.3	Quantidades médias de C e N ( $\text{g.m}^{-2}$ ) em solo de pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> , nos três ambientes (área aberta, sob baru e sob pequi), em diferentes profundidades.....	56
3.1	Rendimento médio de MS e concentração de nutrientes (média e intervalo de confiança), em pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> , em área aberta, sob baru e sob pequi. ....	79
3.2	Quantidade de Al e nutrientes acumulados em tecidos de <i>Brachiaria decumbens</i> , em cinco cortes com intervalos de 42 dias, na área aberta, sob baru e sob pequi. ....	82

## Extrato da Tese

O estudo foi desenvolvido em pastagem de *Brachiaria decumbens*, associada a árvores isoladas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), no período de abril/97 a abril/98. As hipóteses testadas neste trabalho foram: 1) No solo sob a copa destas árvores, a disponibilidade de nutrientes e de umidade é mais elevada; 2) Sob a copa das árvores o rendimento de matéria seca e a concentração de nutrientes na forragem é mais elevada. A área de estudo, localizada em Formosa, Goiás (15° 19' S e 47° 25' W), está sob o domínio do ecossistema Cerrado.

Foram avaliados o teor de umidade do solo nas profundidades de 0 a 10; 10 a 20 e 20 a 30 cm, e as características químicas do solo nas profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 15 e 15 a 30 cm, nas épocas seca e chuvosa. O rendimento e composição química da forragem foram avaliados em cortes com intervalos de 42 dias durante o período chuvoso. As amostras foram colhidas considerando três ambientes distintos: área aberta, sob a copa do baru e sob a copa do pequi.

Os maiores valores de umidade no solo ocorreram entre outubro e março, associados à precipitação pluviométrica. Não houve diferenças significativas no teor de umidade (médias do período) entre as áreas. As diferenças entre meses foram mais elevadas que entre as áreas, sendo que os menores valores foram registrados em agosto (13%) e os maiores, em janeiro (26%). A avaliação entre as áreas dentro de cada mês mostrou que em três, dos doze meses avaliados, a umidade do solo foi mais elevada sob as árvores; essas diferenças concentraram-se no final do período chuvoso. Em nenhum mês as áreas sob árvores apresentaram menor teor de umidade que a área aberta. A umidade disponível não diferiu entre as áreas, variando entre 8,2 e 10,4%, entretanto, no final do período chuvoso, em 1998, a umidade no solo sob as árvores atingiu o ponto de murcha permanente (1,5 MPa) em abril e a área aberta em março.

Nas áreas sob árvores o solo contém maiores teores de C orgânico, N total, Ca, Mg e K e Mn. Estas diferenças aconteceram na maioria das épocas sob baru e em outubro sob pequi. Os teores médios de Al foram baixos e não diferiram significativamente entre as áreas sob baru e área aberta, maiores valores foram registrados sob pequi. Em todas as áreas as maiores concentrações de nutrientes e menores valores de pH ocorreram na profundidade de 0 a 5 cm. A liteira

das árvores contribuiu para maior quantidade de nutrientes no solo nesses ambientes. No período de onze meses o rendimento em matéria seca foi cerca de 300 g .m<sup>2</sup> no período de onze meses, a liteira do baru apresentou maior conteúdo de Ca e P do que a liteira do pequi. O período de queda diferiu entre as espécies, o baru entre o final do período seco e início do chuvoso e o pequi durante o período seco. As quantidades de C orgânico foram significativamente maiores sob a copa das árvores (cerca de 50% mais elevadas sob baru e 27% sob pequi) em relação à área aberta (535,2 g.m<sup>2</sup>). Quanto ao N , o conteúdo no solo sob baru e sob pequi foi 18% e 12%, respectivamente, maior que na área aberta (94,2 g.m<sup>2</sup>), contudo essa diferença foi significativa apenas sob baru.

O rendimento médio de MS no período variou de 48 a 59 g.m<sup>2</sup>, não diferindo significativamente entre as áreas. Na avaliação por cortes os maiores rendimentos nas áreas sob árvores ocorreram em dezembro (105g.m<sup>2</sup> sob baru e 66,2 g.m<sup>2</sup> sob pequi) e na área aberta, em março (64,9 g.m<sup>2</sup>). As duas espécies tiveram efeitos diferentes sobre a qualidade da forragem: as concentrações de N, Mg K e Zn foram mais elevadas sob baru que na área aberta, enquanto sob pequi, os maiores valores foram de N e K. Os teores de Mg e Zn na forragem diferiram entre as áreas sob a copa de baru e de pequi, sendo mais elevadas na primeira área. Os teores de P, Ca, Mn, e Cu não diferiram significativamente entre as áreas, assim como o teor de FDN. A associação do rendimento de MS e a concentração de nutrientes mostrou que o conteúdo total de nutrientes na forragem foi mais elevado sob a copa de baru que nas outras áreas; a exceção foi o N, onde as áreas sob árvores foram similares, e maiores que na área aberta. Embora não tenha aumentado o rendimento da forragem, a presença de árvores, principalmente baru, aumentou o conteúdo de nutrientes na forragem, reduziu a velocidade de secagem e aumentou a disponibilidade de nutrientes no solo em pastagem de braquiaria.

## Extract of the thesis

This study was conducted from April/97 to April/98 in a pasture of *Brachiaria decumbens*, associated with isolated trees of two native cerrado species *Dipteryx alata* Vog. (baru) and *Caryocar brasiliense* Camb. (pequi). Two hypotheses were tested: 1) Trees of baru and pequi did not affect soil nutrients and soil moisture; 2) Trees of baru and pequi did not affect dry matter production of the forage and its quality. The experiment was established in a pasture sown in 1990, at Formosa (15° 19' S and 47° 25' W) in the state of Goiás. Lime and fertilizers were not applied in the area during the establishment of the grass or later and the pasture was used for continuous grazing.

Samples for measurements of soil moisture were collected at three depth 0-10; 10-20 and 20-30cm, and for soil nutrient analysis at four depths 0-5; 5-10; 10-15 and 15-30cm. Dry matter production of *B. decumbens* and chemical composition of the forage were evaluated through five cuttings at 42-day intervals from October 1997. Samples were collected in three distinct environments: open area and under the canopy of baru and of pequi.

Soil moisture was higher between October and March during the wet season. The average moisture content under the canopies and the open area did not differ significantly. A comparison of the soil moisture by month showed that there was more water under the trees. The available soil moisture did not differ among the three areas and varied from 8 to 10% at 0-30cm depth. More water was retained above the permanent wilting point (1.5 MPa) for longer period under the canopies.

Soil organic C, total N, Ca, Mg, K and Mn were higher under the trees of baru than in the open areas. In all three areas, soil nutrients were higher and pH was lower at the 0-5cm depth. Under the canopies and in the open areas, Al concentrations were low and did not differ between the areas under baru and the open area. Higher values of Al were registered under pequi. Total production of litter of baru and pequi, during eleven month (from September to July) reached 300g/m<sup>2</sup>. Under baru litter fell between the end of the dry season and the beginning of the rains and under pequi litter fell only during the dry period. Ca and P were higher in the litter of baru compared to the litter of pequi. Trees of

baru and pequi showed a beneficial effect on soil nutrients and soil carbon in pasture of *B. decumbens*.

The estimated mean dry matter production of *B. decumbens* from five cuttings at 42-day intervals was 49,5 g/m<sup>2</sup> in open areas, 59,6 g/m<sup>2</sup> under baru and 48,8 g/m<sup>2</sup> under pequi. N, Mg, K and Zn in the forage below the trees of baru and N and K below the trees of pequi were higher than in open areas. Mg and Zn in the forage differed among the two tree species and were higher under the canopy of baru. The concentrations of P, Ca, Mn and Cu and the amount of FDN did not differ among the areas studied. The presence of the trees did not increase the dry matter production of *B. decumbens* but had a beneficial effect on the quality of the forage.

The results of this study support the idea that the adoption of silvipastoralism systems in the cerrado ecosystem should be a better ecological alternative than the monoculture of exotic grasses. Soil under the canopies of baru and pequi presented more nutrients, reached the permanent wilting point (1.5 MPa) one month later and produced forage of better quality than the open area.

# Influência de árvores das espécies nativas *Dipteryx alata* Vog. e *Caryocar brasiliense* Camb. no sistema solo-planta em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf no cerrado.

## Introdução

O Cerrado integra as formações vegetais denominadas savanas, que incluem os ecossistemas tropicais caracterizados por forte sazonalidade e pela presença de gramíneas como componente importante e contínuo do estrato herbáceo, interrompido ocasionalmente por árvores e arbustos. Este tipo de vegetação está sujeito à ocorrência eventual de fogo (Medina, 1982; Walker, 1987;). As savanas ocorrem na África, Ásia, Austrália e na América tropical, cobrem 13% da superfície terrestre (Solbrig & Young, 1993). No Brasil, o Cerrado abrange uma área de 1,8 milhões km<sup>2</sup>, representando o segundo maior bioma em área, superado apenas pela floresta amazônica.

Dentro do bioma Cerrado as comunidades de plantas variam em composição e estrutura, indo desde os campos de gramíneas às florestas (Eiten, 1972; Goodland, 1973). Os tipos fisionômicos são classificados em: campo limpo - campo de gramíneas com ausência total de árvores; campo sujo - predominância de gramíneas com arbustos dispersos e palmeiras acaulescentes; cerrado senso restrito, com cobertura lenhosa de 30 a 40%, altura média de 6,0 m e ocorrência de gramíneas e arbustos; e cerradão, que apresenta dossel predominante, cobertura lenhosa oscilando entre 50 e 90%, com a altura média das árvores variando entre 8 e 15 m e ocorrência de arbustos e gramíneas (Goodland, 1971; Eiten, 1972; Ribeiro & Walter, 1998).

O bioma Cerrado possui elevada taxa raízes/parte aérea. Estudos em comunidades de campo limpo, campo sujo, cerrado aberto e cerrado denso mostram valores superiores a 71% para a biomassa total de raízes. Sendo que, nos primeiros 20 cm do solo, concentram-se em proporções aproximadas de 70% para as áreas de campo, 79% para o cerrado aberto e 62% para o cerrado denso (Castro, 1996).

A precipitação pluviométrica no Cerrado varia entre 1200 e 1800 mm, com duas estações distintas, sendo a estação seca entre abril e agosto, e a estação chuvosa entre setembro e março. A média anual das temperaturas mínimas e máximas variam em torno de 21 e 25 °C, respectivamente. A umidade relativa do ar varia entre 38 e 96% (Ab'Saber, 1983).

Cerca de 46% dos solos do Cerrado são classificados como latossolos (EMBRAPA, 1983), que representam solos altamente intemperizados. Grande parte dos minerais existentes nestes solos são secundários, constituintes da fração argilosa. Estes minerais secundários podem ser encontrados sob a forma de silicatos como a caulinita, ou óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de Fe e Al como hematita, goethita, gibsitita (Reatto *et al.*, 1998). São solos ácidos, pobres em nutrientes, apresentando baixa capacidade de troca catiônica e elevada concentração de alumínio. O teor de matéria orgânica é médio, porém apresenta pouca atividade. São solos profundos, com boa capacidade de drenagem e baixa capacidade de retenção de umidade (Goedert, *et al.*, 1980).

No Cerrado, a agropecuária destaca-se como atividade produtiva, intensificada a partir de 1960, tendo como principais produtos agrícolas: arroz, soja, milho, feijão e mandioca. Na pecuária, a bovinocultura é uma atividade predominante em regimes de criação extensiva, baseados em pastagens nativas e cultivadas (Klink, 1996).

Até a década de 60 as pastagens nativas foram a principal fonte de forragens para a pecuária extensiva desenvolvida no Cerrado, sendo a dieta dos animais domésticos composta de gramíneas, arbustos e frutos. Tais pastagens apresentam baixa capacidade de suporte, cerca de 0,2 unidades animais (UA = 450 kg) por hectare e ganhos de peso em torno de 15 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Goedert, *et al.*, 1980).

Com a intensificação das atividades agropecuárias no Cerrado, a partir de 1960, iniciou-se a implantação de pastagens cultivadas, cujo estabelecimento é feito através do corte e da queima da vegetação nativa com o semeio de gramíneas, geralmente representadas por capins africanos, sendo que as espécies mais comuns pertencem aos gêneros: *Andropogon*, *Brachiaria*, *Hyparrhenia* e *Melinis*. O estabelecimento destas pastagens permitiu o aumento da capacidade de suporte para 1 UA.ha<sup>-1</sup> e elevou a produção de carne em cerca de 8 vezes, em relação à alcançada nas pastagens nativas (Filgueiras & Wechsler, 1992). Em 1985, as pastagens plantadas no Cerrado cobriam uma área de 30,9 milhões de hectares, estando a previsão para o ano 2000, mesmo num cenário de condições adversas para o desenvolvimento agropecuário, estimada em 56,9 milhões de hectares (Klink, 1996).

Hoje no Cerrado, estima-se que 50% da área ocupada por pastagens cultivadas encontra-se em processo de degradação. Este fenômeno é atribuído à redução da fertilidade do solo após o desmatamento, associado à elevada deposição pelas gramíneas de uma liteira pobre em nutrientes. O processo induz a imobilização de nutrientes do solo, resultando em menor disponibilidade para as plantas (Robertson *et al.*, 1993; Robertson *et al.*, 1994).

A degradação das pastagens é caracterizada pela substituição de espécies forrageiras por espécies não forrageiras, geralmente de baixa palatabilidade, pela diminuição da cobertura vegetal com conseqüente aumento de áreas de solo descoberto e ainda pelo aumento da ocorrência de térmitas (Boddey *et al.*, 1995; Macedo, 1995).

As pesquisas sobre recuperação de pastagens degradadas demonstram que as respostas na produtividade e a persistência das gramíneas exóticas estão associadas ao aumento na disponibilidade de nutrientes no solo (EMBRAPA, 1981; 1983; Arruda *et al.*, 1987; Soares Filho *et al.*, 1992; Oliveira *et al.*, 1997). O consórcio de gramíneas e leguminosas em pastagens e a integração de culturas e pastos são consideradas alternativas economicamente viáveis para a melhoria da fertilidade do solo. Tais opções constituem-se em objetos de pesquisas na região, uma vez que atualmente o uso de fertilizantes químicos é limitado devido aos altos custos.

Outra opção com potencialidade para manutenção ou aumento da produtividade dos sistemas agropecuários são os sistemas agroflorestais, uma vez que preservam características do ecossistema nativo (Veiga & Serrão, 1994, Carvalho, 1997, Garcia & Couto, 1997), e que são caracterizados pela presença de árvores associadas, no espaço ou no tempo, às atividades agrícolas e/ou pastoris. O principal objetivo destes sistemas é otimizar as interações positivas entre os componentes lenhoso e herbáceo-arbustivo, e entre estes e o ambiente para diversificar, aumentar a produtividade do sistema de produção e sua sustentabilidade (Lundgren & Nair, 1984; Schroth, 1995).

Na década de 70, ocorreu uma reavaliação do papel das espécies lenhosas nos sistemas de produção. O incremento do plantio de árvores para produção de carvão e para a proteção de bacias hidrográficas e de áreas com relevo acidentado foi promovido por agências nacionais e internacionais (Lundgren & Nair, 1984). Contudo, de acordo com esses autores, o desafio maior é a integração sistemática de árvores e arbustos nas atividades agropecuárias, devido à crença de que a presença de árvores reduz o rendimento da cultura principal.

O benefício do crescimento de árvores com culturas ocorre quando as árvores são capazes de adquirir recursos que as culturas não podem ou reduzir a perda de nutrientes no solo (Szott *et al.*, 1991; Cannell *et al.*, 1996). No modelo ideal de um sistema agroflorestal ocorre uma complementaridade de captura dos recursos - água, luz e nutrientes - por árvores e culturas. Entretanto, de um modo geral, as interações entre estes componentes não são sempre positivas e a busca na pesquisa acerca destes sistemas é identificar em que circunstâncias biofísicas, sócio-econômicas e políticas a presença de árvores trará benefícios ao produtor rural (Cannell *et al.*, 1996).

Nos sistemas silvipastoris, modalidade do sistema agroflorestal, onde associam-se pastagens, animais e árvores, a presença de árvores aumenta a eficiência do uso de recursos naturais e surge como alternativa à renovação de áreas degradadas, possibilitando conciliar a atividade pastoril com a recomposição da paisagem natural, nas áreas de florestas (Veiga & Serrão, 1994). Nos sistemas silvipastoris a presença dos animais domésticos atua sobre os dois componentes através de pastejo, pisoteio e deposição de fezes e urina.

A revisão de literatura sobre pesquisas em sistemas silvipastoris no Brasil mostra que a maioria dos trabalhos foram realizados em florestas de eucalipto, em Minas Gerais e no Rio Grande do Sul. Os resultados mostram redução entre 52 e 62% nos custos de manutenção do plantio de eucalipto, em função da presença dos animais. O pastejo nestas áreas, por bovinos e ovinos não reduziu significativamente o crescimento e a sobrevivência das árvores (Garcia & Couto, 1997). No Paraná, a presença de grevilea (*Grevillea robusta*), leguminosa arbórea, em áreas de pastagens degradadas, aumenta em 50% a capacidade de suporte, registrando disponibilidade de pastagem mesmo após as geadas e ainda permite um adicional de 122,6 m<sup>3</sup> de madeira.ha<sup>-1</sup> (Silva, 1994). Na região amazônica, Wandelli *et al.*(1997) observaram que a utilização de sistemas agrossilvipastoris demonstra eficiência econômica e ecológica na recuperação de áreas de pastagens degradadas.

Nas atividades agropecuárias desenvolvidas na região do Cerrado, geralmente faz-se a opção pelo desmatamento da área. Preservam-se poucos indivíduos arbóreos visando apenas o fornecimento de sombra para os animais. Embora existam poucas informações sobre o comportamento de pastagens cultivadas associadas a árvores, esta pode ser uma opção de manutenção da produtividade de sistemas pastoris no Cerrado. Este modelo aproxima-se do modelo natural da vegetação, o que poderá permitir o aproveitamento mais eficiente dos nutrientes e da água do solo. Além de proporcionar o aumento da disponibilidade de forragem para o animal via folhagens ou frutos das espécies lenhosas envolvidas no

consórcio. A possibilidade de comercialização e industrialização de frutos nativos, riqueza pouco explorada do Cerrado, é outra saída proporcionada pelo sistema silvopastoril.

Na vegetação do Cerrado são identificadas diversas espécies lenhosas com potencialidade frutífera, madeireira, medicinal e forrageira (Fonseca & Muniz, 1992). Entre estas espécies, baru (*Dipteryx alata* Vog.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) são citados por diversos autores, como de uso comum na alimentação regional e com potencialidade de industrialização (Fonseca & Muniz, 1992; Carvalho, *et. al.*, 1994; Sano & Vivaldi, 1996). De modo geral são espécies preservadas nas pastagens cultivadas, em baixas densidades, nas regiões onde ocorrem. No local de execução deste trabalho (Figura 1), a formação de pastagens cultivadas tem história recente e o número de árvores preservadas é elevado, o que possibilitou a realização da pesquisa.

Neste trabalho foram testadas as seguintes hipóteses: 1) A associação de baru e pequi com a gramínea *Brachiaria decumbens* não afeta a disponibilidade de nutrientes e a umidade disponível do solo; 2) O rendimento de matéria seca e a composição química de *Brachiaria decumbens* sob a copa do baru e do pequi não difere em relação às áreas abertas; 3) O período de crescimento de *Brachiaria decumbens* não difere entre as áreas sob a copa do baru e do pequi e área aberta; 4) A diminuição da luminosidade promovida pelo sombreamento da copa das árvores não reduz a produtividade da gramínea.

A presente tese teve por objetivo avaliar o efeito da presença de duas espécies lenhosas nativas do cerrado, baru (*Dipteryx alata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*), em pastagem de *Brachiaria decumbens*, sobre o rendimento de matéria seca (MS) e composição química da pastagem, a disponibilidade de nutrientes e umidade no solo, nas épocas seca e chuvosa.



## Referências bibliográficas

- AB'SABER, A. N., 1983. O domínio dos cerrados: uma introdução ao conhecimento. Revista do Setor Público, 40: 41-55.
- ARRUDA, N. G.; CANTARUTTI, R. B.; MOREIRA, E. M., 1987. Tratamentos físico - mecânicos e fertilização na recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* em solos de tabuleiro. Pasturas Tropicales, 9:36-39.
- BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.B.; URQUIAGA, S., 1995. Nitrogen cycling and sustainability of improved pastures in the brazilian cerrados. In: Anais do VIII Simpósio sobre o Cerrado/ Proceedings of I International Symposium on Tropical Savannas. Brasília. pp. 33-38.
- CANNEL, M. G. R.; VAN NOORDWIJK ; ONG, C. K., 1996. The central hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire. Agroforestry Systems 34: 27-31.
- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; ALMEIDA, D. S.; VILLAÇA, H. A., 1994. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição mineral da forragem em pastagens de braquiária. Rev. Soc. Bras. Zotec., 23: 709-718.
- CARVALHO, M. M., 1997. Utilização de sistemas silvipastoris. In: 3º Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens. Jaboticabal. pp. 164-206.
- CASTRO, E., 1996. Biomass, nutrient and response to fire in the Brazilian Cerrado. Oregon State University. 118p. (Dissertação M.S.)
- EITEN, G., 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Botanical Review. 38: 201-341.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1979. Manual de Métodos de Análise de Solos. Rio de Janeiro. (EMBRAPA - CNPS, Documentos, 1). 212p
- \_\_\_\_\_. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 1981. Relatório Técnico Anual - Planaltina. 190 p.
- \_\_\_\_\_. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 1983. Relatório Técnico Anual . Planaltina. 180 p.
- \_\_\_\_\_. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1983. Mapa de reconhecimento de baixa intensidade dos solos. Parte da região geo-econômica de Brasília.
- FILGUEIRAS, T. S.; WECHSLER, F. S., 1992. Aproveitamento e manejo .In: DIAS, B.F.S. (Coord.), Alternativas do Desenvolvimento do Cerrado: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Renováveis. FUNATURA. pp. 47-48.
- FONSECA, A. G.; MUNIZ, I. A. F., 1992. Informações sobre a cultura de espécies nativas da região do cerrado. Inf. agropec. bras. 16: 12-17.
- GARCIA, R.; COUTO, L., 1997. Sistemas silvipastoris: Tecnologia emergente de sustentabilidade. In: Simpósio Internacional Sobre Produção Animal Em Pastejo. Viçosa. pp. 281 - 302.

- GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; WAGNER, E., 1980. Potencial agrícola da região dos cerrados Brasileiros. *Pesq. Agropec. bras.* 15: 1-17.
- GOODLAND, R. J. A., 1971. A physiognomic analysis of the "Cerrado" vegetation of Central Brazil. *Journal of Ecology*. 59: 411-419.
- \_\_\_\_\_,; POLLARD, R., 1973. The brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology*, 61: 219-224.
- KLINK, C. A., 1996. Relação entre o desenvolvimento agrícola e a biodiversidade. In: Anais do VIII Simpósio sobre o Cerrado/ Proceedings of I International Symposium on Tropical Savannas. Brasília pp. 25-27.
- LUNDGREN, B.; NAIR, P. K. R., 1984. Agroforestry for soil conservation. In: Symposium on Soil and Water Conservation. pp. 703-717.
- MACEDO, C. M., 1995. Pastagem no ecossistema Cerrados: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: Anais do Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros: Pesquisa para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília. pp. 28-62.
- MARASCHIN, G. E., 1994. Avaliação de forrageiras e rendimento de pastagens com animais em pastejo. In: Simpósio Internacional de Forragicultura-. Anais da XXXI Reunião anual da Soc. Bras. Zootec. Maringá. pp. 65-98.
- MEDINA, E., 1982. Physiological ecology of neotropical savanna plants. In: HUNTLEY, B.J.H. & WALKER, B.H.(eds.) *Ecology of Tropical Savannas*. Springer-Verlag-Berlin. 42: 308 - 355.
- OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; CADISH, G.; MIRANDA, C. H. B.; VILELA, L.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S., 1997. A baixa disponibilidade de nutrientes do solo como uma causa potencial da degradação de pastagens no cerrado brasileiro. In: Anais do III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas - SINRAD, Ouro Preto. pp. 110-117.
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T., 1998. Solos do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M e ALMEIDA, S. P. (eds). *Cerrado: Ambiente e Flora*. EMBRAPA - CPAC. pp 47 - 83.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T., 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado In: SANO, S. M e ALMEIDA, S. P. (eds.) *Cerrado: Ambiente e Flora*. EMBRAPA - CPAC. pp 89 - 152.
- ROBERTSON, F. A.; MYERS, R. J. K.; SAFFIGNA, P. G., 1993. Carbon and Nitrogen mineralisation in cultivated and grassland soils in subtropical Queensland. *Aust. J. Agric. Res.* 31:611-619.
- \_\_\_\_\_, 1994. Dynamics of carbon and nitrogen in a long-term cropping system and permanent pasture system. *Aust. J. Agric. Res.* 45:1211 - 1221.
- SANO, S.M.; VIVALDI, L. J., 1996. Produção de Baru (*Dipteryx alata* Vog) no seu habitat In: Anais do Simpósio Internacional Sobre Ecossistemas Florestais. Belo Horizonte. pp.: 217-218.
- SCHROTH, G., 1995. Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry. *Agroforestry Systems*, 30: 125-143.
- SILVA, V. P., 1994. Sistema Silvipastoril (Grevilea + Pastagem): Uma proposição para o aumento da produção no arenito Caiuá. In: Anais do I Seminário sobre Sistemas Agroflorestais da Região Sul do Brasil. Colombo. pp. 139-145.
- SZOTT, L. T.; FERNANDES, E. C. M.; SANCHES, P. A., 1991. Soil plant interactions in agroforestry systems. *For. Ecol. Management*, 45:127 - 152.

- SOARES FILHO, C. V.; MONTEIRO, F. A.; CORSI, M., 1992. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. *Pastura Tropicale*, 14:2-6.
- SOLBRIG, O. T.; YOUNG, M. D., 1993. Economics and ecological driving forces affecting tropical savannas. In: YOUNG, M.D. & SOLBRIG, O.T. (eds.) *The World Savannas: Economics driving forces, Ecological Constraints and Policy Options for Sustainable Land Use*. (Man and Biosphere series, vol. 12). 350p.
- VEIGA, J. B.; SERRÃO, E. A. S., 1994. Sistemas silvopastoris e produção animal nos trópicos úmidos: a experiência da Amazônia Brasileira. In: PEIXOTO, A. M. (ed.). *Pastagens: Fundamentos da Exploração Racional*. pp 408-450.
- WANDELLI, E. V.; PERIN, R.; SOUZA, S. G.; MATOS, J. C.; SOUSA, J. N.; FERNANDES, C. M., 1997. Sistemas agroflorestais: uma alternativa para recuperação de pastagens degradadas na Amazônia Ocidental. In: *Anais do III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas*. Ouro Preto. pp: 477 - 493.
- WALKER, B., 1987. *Determinants of Tropical Savannas*. IUBS. Monograph Series, No.3. Florida. 155 p.

## Capítulo 1

### **Umidade disponível no solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf, em três ambientes: área aberta, sob a copa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) e sob a copa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).**

#### **Resumo**

Foi avaliada a influência da presença de baru (*Dipteryx alata* Vog.) e de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) sobre a umidade gravimétrica e umidade disponível do solo, em pastagem de *Brachiaria decumbens*. A pastagem localizada em Goiás (15° 19' S e 47° 25' W), sob domínio do ecossistema cerrado, foi estabelecida em 1990 e manejada sob pastejo contínuo, não tendo sido realizada correção da acidez do solo, nem adubações. As medições de umidade gravimétrica foram realizadas mensalmente no período seco e quinzenalmente no período chuvoso, em três profundidades (0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm), com seis repetições por profundidade, em área aberta, sob baru e sob pequi. A capacidade de retenção de água do solo foi determinada pelo método da centrífuga. O conteúdo médio de umidade não diferiu significativamente entre as três áreas. A avaliação dentro de cada mês entre as áreas mostrou que em três meses a umidade foi mais elevada nas áreas sob as árvores. Essas diferenças concentram-se no final do período chuvoso, sob baru este comportamento foi observado em 1997 e 1998, e sob pequi só em 1998. Nesse ano a umidade nos ambientes sombreados permaneceu cerca de 30 dias a mais que na área aberta sob tensão menor que 1,5 MPa na profundidade de 0 a 10 cm. A umidade disponível não diferiu significativamente entre as áreas, variando entre 8 e 10% na profundidade de 0 a 30 cm. O teor de umidade no solo é mais elevado sob a copa de baru e pequi no final do período chuvoso. O conteúdo de umidade disponível não é influenciado pela presença do baru e do pequi, contudo o período de umidade disponível para as plantas na profundidade de 0 a 10 cm é maior nas áreas sob as árvores

## Abstract

The influence of trees of two cerrado species *Dipteryx alata* Vog. (baru) and *Caryocar brasiliense* Camb. (pequi) on soil water content was evaluated in pasture of *Brachiaria decumbens*. The pasture, located in Goiás (15° 19' S and 47° 25' W), was sown in 1990 and used for continuous grazing. Lime and fertilizers were not applied during the establishment of the pasture or later. Soil water content was measured under the canopies and in an open area at 30-day intervals in the dry period and at 15 days during the wet season at three depths (0-10, 10-20 and 20-30cm), with six replications at each depth. The water holding capacity of the soil was determined by the centrifuge method. The average content of moisture under the canopies (baru and pequi) and the open area did not differ significantly among the three areas. A comparison of the soil moisture by month showed that there was more water under the trees than in the open area. The available soil moisture was not significant different among the three areas and varied from 8 to 10% at 0-30cm depth. The presence of trees had a beneficial effect extending the period that water was retained below the permanent wilting point (1.5 MPa).

## Introdução

Na região do cerrado a formação de pastagens cultivadas é feita substituindo a vegetação nativa por gramíneas africanas. Nesta operação poucas espécies lenhosa são poupadas, e quando o são, o objetivo único é o de fornecer sombra para os animais. Contudo, as informações sobre a influência das árvores sobre o solo é pouco conhecida.

Em outros ecossistemas savânicos observa-se que a presença de árvores influencia as características químicas e físicas do solo, manifestas nos seus teores de umidade e fertilidade.

A presença de árvores altera a dinâmica de umidade do solo sob sua copa, em função de três elementos: a) a precipitação que chega ao solo; b) o armazenamento de água no solo; e c) as perdas de água por evapotranspiração (Jofre & Rambal, 1988).

A interceptação da precipitação por lenhosas pode reduzir o volume de água que chega ao solo, sob a copa das árvores, modificando o balanço hídrico (Thurrow *et al.*, 1987). A redistribuição das chuvas ocorre via escoamento pelo tronco e gotejamento através das folhas. Os fatores que influenciam a magnitude deste fenômeno são: a arquitetura do dossel, área foliar e morfologia das folhas das árvores, assim como a intensidade e frequência de chuvas (Nascimento, 1992; Ko & Reich, 1993). Os valores variam de acordo com a intensidade de precipitação e densidade de folhas das árvores. Assim é que para árvores totalmente folhadas de *Quercus virginiana* Mill., a redução da precipitação é de 10% em relação às áreas abertas, enquanto que para as árvores que estão emitindo folhas é 4%, e em chuvas de baixa intensidade (em torno de 23 mm) a interceptação é total (Jackson *et al.*, 1990). Ko & Reich (1993) observaram que em chuvas com menos de 50 mm a interceptação resulta em redução média de 41%, enquanto que em chuvas com mais de 50 mm essa redução é de 26%.

Valores mais elevados de interceptação foram registrados para árvores ou arbustos em bosques, onde Thurrow *et al.* (1987) registraram que apenas 54% da precipitação chega ao solo sob a copa de *Quercus virginiana* Mill. Além do escoamento pelo tronco e gotejamento pelas folhas e galhos, a interceptação pela

liteira foi outro fator de redução da água que chega ao solo. Em gramíneas de porte médio e baixo a interceptação é 10% e 18%, respectivamente.

Em área de cerrado senso restrito não se observa redução significativa na precipitação pluviométrica coletada acima da vegetação e sob os estratos arbóreo e arbustivo, devido à descontinuidade da cobertura vegetal (Silva, 1983). Em outro trabalho, em área de cerrado senso restrito, observa-se que o coeficiente de interceptação das chuvas é 42%, com diferenças significantes entre espécies arbóreas, atribuídas à morfologia das folhas (Nascimento, 1992).

Em pastagens no sudeste da Espanha a umidade armazenada no solo sob árvores varia entre 215 e 266 mm, e entre 135 e 172 mm nas áreas abertas. O maior nível de umidade disponível sob árvores está associado à menor densidade aparente do solo e maiores teores de matéria orgânica (Jofre & Ramball, 1988).

Menores temperaturas do solo, reduzindo a evapotranspiração, podem determinar diferenças na disponibilidade de umidade sob árvores e em áreas abertas. Isto explica o fato de que, mesmo com a redução na pluviosidade sob a copa, estes ambientes registram maior disponibilidade de umidade do que as áreas abertas (Eastham & Rose, 1988; Ko & Reich, 1993). A presença de árvores em pastagem na zona mediterrânea do Chile atenua as temperaturas do solo e reduz a capacidade evaporativa do ar (Ovalle & Avendaño, 1994). Tiedmann & Klemmedson (1977) observaram que as temperaturas do solo até 7,5 cm de profundidade são mais altas nas áreas abertas do que sob a copa de *Prosopis spp.* Até a profundidade de 15 cm a umidade do solo sob a copa das árvores é mais elevada que nas áreas abertas, após chuvas intensas e no final do período chuvosos, com o início da secagem do solo. Esses autores concluem que a presença da liteira afeta positivamente a umidade do solo sob *Prosopis spp.*, através do aumento da infiltração e redução da evaporação.

Um outro aspecto decorrente da presença de árvores em savanas é a ocorrência do fenômeno de absorção de água pelas raízes nas camadas mais profundas do solo e posterior liberação dessa água nas camadas mais superficiais, à noite, para ser reabsorvida no dia seguinte. Caldweel & Richards (1989) comprovam esta observação em savanas úmidas, ao registrarem, através da utilização de água deuterizada como indicador, a presença de água absorvida pelas raízes profundas de *Artemisia tridentata*, em gramínea *Agropyron desertorum*.

O objetivo deste capítulo é quantificar a umidade gravimétrica e umidade disponível no solo de pastagens de *B. decumbens*, sob a copa das árvores, baru e pequi, e em área aberta, nas estações chuvosa e seca.

## Local de estudo

Esta pesquisa foi realizada em área de pastagem de *Brachiaria decumbens*, localizada numa fazenda particular no município de Formosa, GO. O município localiza-se no nordeste do Distrito Federal, a cerca de 79 km de Brasília, dentro da mesoregião do leste goiano (CODEPLAN, 1980), região do entorno de Brasília. A propriedade, denominada Fazenda Itiquira, está situada ao norte da sede do município, no vale do rio Paranã, latitude de 15° 19' S e longitude de 47° 25' W, a uma altitude aproximada de 600 m em relação ao nível do mar. Da hidrografia da região fazem parte rios perenes que compõem as bacias dos rios Araguaia/Tocantins e do rio São Francisco.

## Histórico da área

Na região do vale do Paranã, no município de Formosa, ocorre grande concentração de fazendas que desenvolvem atividades de pecuária bovina extensiva, utilizando-se de pastagens cultivadas, formadas por gramíneas exóticas, basicamente capins africanos, entre as quais se destacam *Brachiaria spp* e *Andropogon gayanus*, estabelecidas após desmatamento de cerrado arbóreo.

Na propriedade onde foi desenvolvido o estudo, são criados bovinos da raça Nelore em pastagens estabelecidas por volta de 1990, após desmatamento. Essas pastagens são formadas pelos capins *Andropogon gayanus*, *B. brizantha* e *B. decumbens*, para cujo estabelecimento, e no manejo subsequente, não foram realizadas correções de solo. De modo geral, a cada ano os pastos são "limpos" mecanicamente com uso de trator para controle da vegetação lenhosa.

Os pastos estão consorciados com espécies lenhosas nativas. A presença destas espécies advém da época de formação deste pastos, quando foram preservadas por ocasião do desmatamento. Daí não haver, neste consórcio, uma definição de espaçamento sistemático entre as árvores, o que promove grande variabilidade da distância entre elas. Atualmente, na época de limpeza do pasto, não são preservados indivíduos lenhosos jovens de nenhuma espécie nativa.

## Clima, vegetação e solos

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw, sendo caracterizado por verões chuvosos e invernos secos. Durante os últimos 30

anos a temperatura média anual foi 23 °C, e a média anual da precipitação pluviométrica foi de 1.140 mm, com a duração da estação seca variando entre 4 e 7 meses (PRODIAT, 1983; EMBRAPA, 1994).

A vegetação local está sob o domínio do cerrado em diversas fisionomias, seguindo um gradiente que vai do tipo arbóreo ao herbáceo arbustivo (CODEPLAN, 1980). Na área da Fazenda Itiquira, ocorrem as seguintes espécies lenhosas: pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), baru (*Dipteryx alata* Vog.), tingui (*Magonia pubescens* St.Hil), sucupira preta (*Bowdichia virgilioides* H. B.& K), sucupira branca (*Pterodon emarginatus* Vog.) e araticum (*Annona* sp). Estas espécies aparentemente possuem resistência ao fogo, visto ser comum à região a ocorrência de queimadas no período seco. Esta vegetação pode ser classificada como cerradão, de acordo com Ribeiro & Walter (1998), apresentando indicadores como a altura das árvores, entre 8 e 15 metros, e a presença de espécies remanescentes, tais como sobre (*Emmotum nitens*) e copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.).

Predominam na região os solos com horizonte B latossólico (não hidromórfico), representados principalmente por latossolo vermelho-amarelo do norte ao centro do município e por latossolo vermelho escuro ao sul e oeste, ao longo da Serra Geral do Paranã (EMBRAPA, 1983). Para a descrição e caracterização dos solos da área experimental, foi aberta uma trincheira com 1,5 m de profundidade e o perfil foi descrito de acordo com o manual de descrição e coleta de solo (SBCS/SNLCS, 1982). O solo, com as seguintes características químicas nos 30 cm superficiais: Al, 0,23; Ca, 0,2; Mg, 0,3; K, 0,7 meq.100g<sup>-1</sup>; P disponível, 1,4 mg.kg<sup>-1</sup>; C, 9,2 g.kg<sup>-1</sup>; N, 0,7 g.kg<sup>-1</sup>; C/N, 13 e pH em H<sub>2</sub>O, 5,3, foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro, argiloso (> 500 g de argila.kg<sup>-1</sup>). A descrição do perfil encontra-se no Apêndice 1.

## Métodos

Para a coleta de amostras foi selecionada uma área que permitisse a observação de árvores associadas à pastagem, num modelo de distribuição onde houvesse ambientes sombreados pelas árvores e áreas abertas onde não ocorresse sombreamento em nenhuma hora do dia.

Dentro da área sob tais condições, foram casualizadas as áreas abertas e as árvores, e sob a copa de cada uma das árvores, foram casualizados os pontos de amostragem. Considerou-se três ambientes: a) Pastagem em área aberta (AA) - local sem sombreamento em qualquer hora do dia; b) Pastagem sob a copa do

baru (**SB**); e c) Pastagem sob a copa do pequi (**SP**). Cada ambiente teve seis repetições.

As informações foram coletadas nas estações chuvosa e seca, entre abril de 1997 e abril de 1998. Foi utilizada uma área de 3 ha (cercada para evitar a entrada dos bovinos) de *B. decumbens*, gramínea considerada de média adaptação à sombra, com potencial para resposta a melhoria na fertilidade do solo e maior disponibilidade de umidade (Alvim *et al.*, 1986).

Considerou-se como parcela experimental uma área de 2,0 x 2,0 m sob a copa de cada árvore, e também para os locais abertos (AA). Dentro desta parcela foram realizadas as coletas de solo para determinação de umidade.

### Árvores utilizadas

Foram selecionados doze indivíduos adultos, remanescentes da época de formação da pastagem, sendo seis de cada uma das espécies: baru (*Dipteryx alata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*). Na definição destas espécies foi considerada a sua importância como fornecedoras de frutos e/ou madeira de boa qualidade. As distâncias mínimas entre as árvores, o diâmetro à altura do peito (DAP) e o diâmetro e altura da copa, estão descritos na Tabela 1.1.

**Tabela 1.1** - Distância mínima entre as árvores experimentais, altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e diâmetro da copa.

Espécie	nº	Dist. mínima (m)	Altura (m)	DAP (cm)	Diâmetro copa (m)
baru ( <i>Dipteryx alata</i> )	1	25,4	13,4	29,55	10,3
	2	12,3	8,2	40,50	10,0
	3	21,0	13,8	78,25	9,2
	4	20,5	14,2	35,20	8,2
	5	20,5	12,9	34,05	10,1
	6	19,4	11,6	34,20	11,0
pequi ( <i>Caryocar brasiliense</i> )	1	31,0	6,6	48,60	8,9
	2	18,9	10,9	39,50	10,4
	3	20,0	11,2	35,50	12,6
	4	14,0	9,3	34,65	14,5
	5	17,0	8,9	34,10	11,6
	6	15,0	9,1	60,20	13,6

**Baru** (*Dipteryx alata*) - Ocorre naturalmente nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Maranhão e Piauí. Pertencente à família *Leguminosae-Papilionoideae*, contudo não existe registro de nodulação nesta espécie (Faria *et al.*, 1989). Ocorre em cerrado, cerradão e floresta estacional semi-decídua. Árvore perenifólia a levemente caducifólia, heliófita. Ocorre naturalmente em solos secos, profundos ou não, calcários ou ácidos, sendo uma espécie pouco exigente em fertilidade de solo (Ratter *et al.*, 1978; Carvalho, 1994).

A frutificação inicia-se aos seis anos de idade, em plantios, e as sementes, parte utilizada para consumo humano, são obtidas através do despulpamento do fruto. Estas podem ser conservadas em sacos de papel, pelo período de um ano em local fechado, conservando sua cor, sabor, consistência e poder germinativo. A polpa dos frutos é aromática, sendo consumida pelo gado bovino e por animais silvestres (Pott, 1988; Carvalho, 1994). A madeira, resistente, utilizada em construções externas, construção naval e civil, fornece lenha de boa qualidade (Lorenzi, 1992; Carvalho, 1994).

A composição química da amêndoa do baru revela alto teor protéico (24,57%), lipídico (38,0%) e riqueza em P (364,2 mg.100g<sup>-1</sup>), Ca (189,9 mg.100g<sup>-1</sup>) e Mg. A polpa dos frutos do baru apresenta baixo teor em proteína (3,87%) e fibra (2,58%) e teores elevados de carboidratos totais (67,84%) (Almeida, 1998).

**Pequi** (*Caryocar brasiliense*) - Considerada uma das espécies mais importantes do cerrado, pertence à família *Caryocaraceae*, com oito espécies do gênero *Caryocar* ocorrendo no Brasil. Ocorre nos estados do Piauí, Ceará, Maranhão, Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e Amazonas (Fonseca & Muniz, 1992).

Planta semi-decídua, heliófita, seletiva xerófila, característica de cerrado e campo cerrado, ocorrendo em solos ácidos. A brotação do pequi ocorre no período de julho a novembro, a floração, entre outubro e novembro e a frutificação e dispersão dos frutos, de outubro a fevereiro (Fonseca & Muniz, 1992).

Esta espécie produz um fruto oleaginoso de grande valor nutritivo, a polpa é consumida pela população e a amêndoa utilizada para produção artesanal e industrial de óleos. A produção média por planta na região nordeste varia de 1.500 a 2.000 frutos e na Amazônia em torno de 7.000 frutos (Peixoto, 1973). Os frutos também são consumidos por animais domésticos e silvestres.

A polpa do pequi apresenta 19,66% de carboidratos totais e 11,6% de fibras, elevado teor lipídico (20,21%) e baixo teor protéico (2,64%) (Almeida, 1998).

### **Precipitação Pluviométrica**

Foram instalados em área aberta dentro do perímetro do experimento três pluviômetros, confeccionados com tubos PVC, com dimensões de

500 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro. As leituras foram realizadas semanalmente durante todo o período experimental.

### **Umidade do solo**

A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico, sob a copa de baru, sob a copa de pequi e nas áreas abertas, mensalmente no período seco e quinzenalmente no período chuvoso, nas profundidades de 0 a 10; 10 a 20 e 20 a 30 cm, profundidades nas quais ocorre elevada concentração das raízes de *B. decumbens*.

Foram coletadas duas amostras por parcela experimental, totalizando 36 amostras por coleta. As coletas foram realizadas com trado, modelo holandês, e o solo foi acondicionado em latas de alumínio. As amostras foram colocadas em estufa a 105 °C, até atingir peso constante. O teor de umidade foi calculado por diferença entre o peso antes e após a secagem.

### **Capacidade de Retenção**

A capacidade retenção de umidade no solo foi determinada pelo método da centrífuga (Freitas Jr. & Silva, 1984), em amostras indeformadas, nas tensões de 0,01; 0,06; 0,033; 0,1; 0,5 e 1,5 MPa. Em fevereiro/98, foram coletadas amostras de solo nos três ambientes, com 4 repetições por ambiente e por profundidade, seguindo as mesmas profundidades utilizadas para determinação da umidade gravimétrica. A umidade disponível foi calculada pela diferença entre os teores de umidade no solo a 0,006 MPa e 1,5 MPa (Santos, 1997).

Foram ainda realizadas análises de densidade global (Apêndice 2) (EMBRAPA, 1979).

### **Análise Estatística**

No tratamento estatístico dos dados de umidade gravimétrica, realizou-se regressão periódica, método descrito por Bliss (1958), Este método permite a descrição das tendências periódicas de fenômenos biológicos e climatológicos. Utilizou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_t = H_0 + H_1 + H_2 + E, \text{ onde:}$$

H0- Estima o teor médio de umidade no solo dos três ambientes

H1- Efeito do Harmônico 1;  $H1 = a1 \text{ sen } (2\pi/k) + b1 \text{ cos } (2\pi/k)$ ,

H2- Efeito do Harmônico 2 ;  $H2 = a2 \text{ sen } (2\pi/k)^2 + b2 \text{ cos } (2\pi/k)^2$ ,

k = meses (1 a 12)

E=Erro

O H1 estima os desvios da média, no caso de oscilação no teor de umidade no solo entre os meses no período de estudo. A adição do outro harmônico deveu-se ao número de oscilações do teor de umidade do solo nos meses de estudo

A equação representa o conteúdo de umidade no solo, nas épocas amostradas para cada profundidade nos três ambientes, sendo a hipótese nula  $h0: H0 \text{ AA} = H0 \text{ SB} = H0 \text{ SP}$ . Interessa também comparar o comportamento cíclico da umidade nos três ambientes, ou seja, a influência dos meses no teor de umidade do solo dentro do período de estudo sendo  $h0: H1 \text{ AA} = H1 \text{ SB} = H1 \text{ SP}$ , o mesmo teste para H2.

Determinou-se ainda a amplitude na disponibilidade de umidade nas profundidades estudadas. A amplitude (A), que representa a semi-amplitude ou a metade da variação do y máximo e mínimo, é determinada a partir dos coeficientes da equação:

$$A = 2\sqrt{a^2 + b^2}$$

O programa Profile (Colwell & Morton, 1984) foi utilizado para comparar os ambientes dentro de cada época de amostragem nas profundidades observadas, através do ajuste de uma regressão ortogonal:

$$Y = p_0$$

onde y é o teor de umidade do solo e X os valores das profundidades observadas. O coeficiente  $p_0$  exprime a tendência média, ou seja, a média geral, considerando as três profundidades e seis repetições.

Neste trabalho compara-se  $p_{0j}$ , onde j = ambientes: AA, SB e SP. A hipótese de nulidade testa  $h0: p_{01} = p_{02} = p_{03}$ .

Para estimar as diferenças entres os ambientes, dentro de cada mês, utilizou-se o teste t, ao nível de 5% de significância.

# Resultados e Discussão

## Umidade no solo

A Figura 1.1 mostra uma curva de dois termos, ajustada para o teor de umidade na área de estudo. Esta curva representa a tendência periódica dos teores de umidade no solo, a partir da média dos três ambientes, que não diferiram significativamente entre si (Apêndice 3).

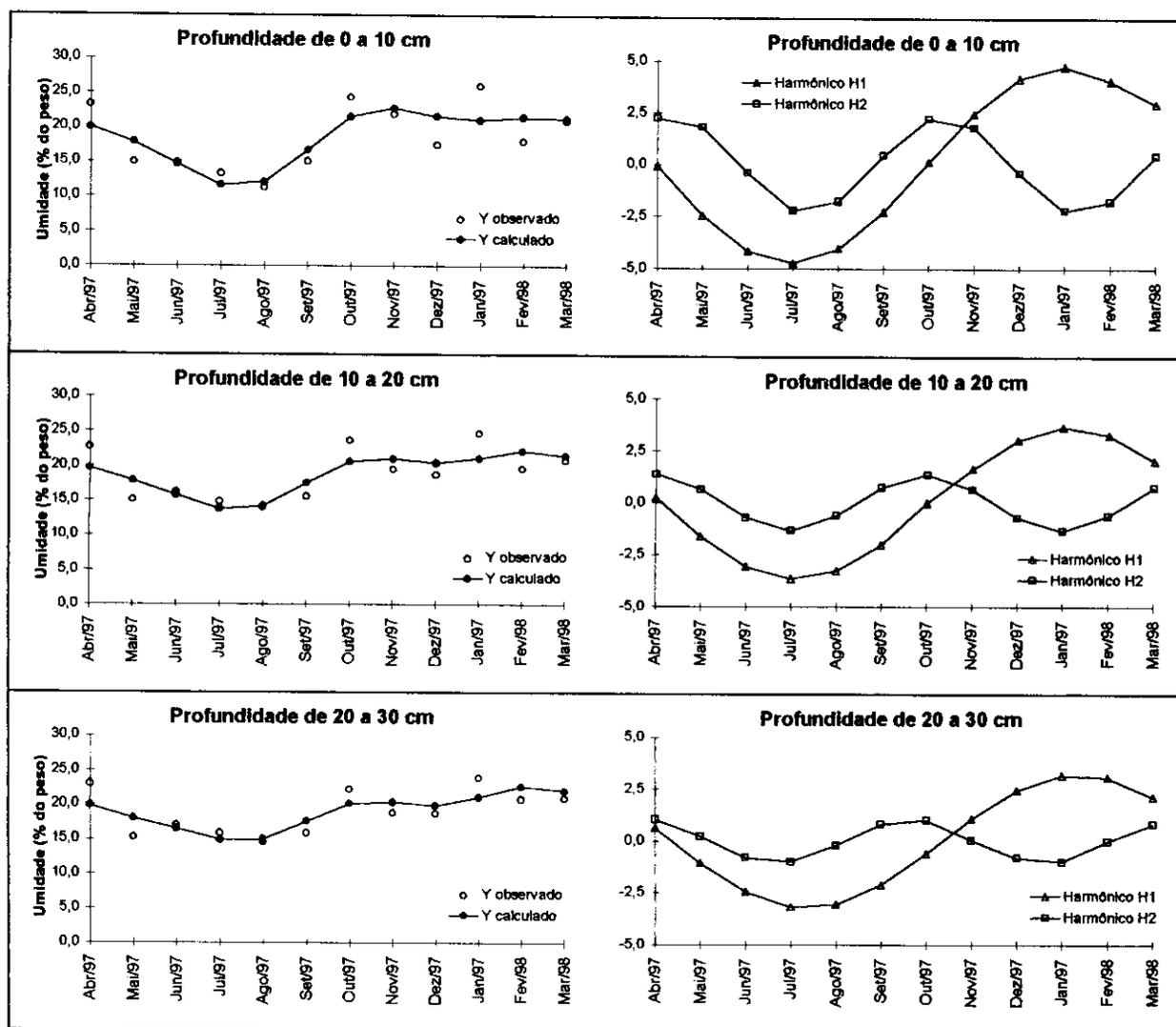


Figura 1.1 - Média da umidade do solo entre os ambientes (área aberta, sob baru e sob pequi), nas diferentes profundidades, com curva de ajuste para dois termos (H1 e H2).

Os valores da umidade no solo nas três profundidades (Y) foram plotados na curva com as médias mensais observadas. Na Figura 1.1 também estão

plotadas as curvas do primeiro termo (H1) e do segundo termo (H2), que mostram as oscilações no teor de umidade no solo em torno da tendência média, no período de estudo.. Ambos os termos foram significativos ( $P < 0,05$ ) (Apêndice 3).

A significância do primeiro termo mostra as diferenças no teor de umidade do solo entre a época seca e a época chuvosa, indicando a forte sazonalidade na disponibilidade de umidade no solo nos três ambientes. O acúmulo de umidade no solo ocorre associado ao início do período chuvoso (outubro). Neste caso a diferença entre meses é superior à diferença entre os ambientes dentro do período observado.

A significância do segundo termo indica diferenças entre meses dentro das duas épocas. A irregularidade na precipitação e as diferenças entre os ambientes dentro de cada mês são fatores que definem esta tendência.

As amplitudes dos teores de umidade nos três ambientes mostraram uma tendência não significativa de diminuição com a profundidade, o valor para a profundidade de 0 a 10 cm, foi 9,78%, de 10 a 20 cm, 7,36% e de 20 a 30 cm, 6,48 %.

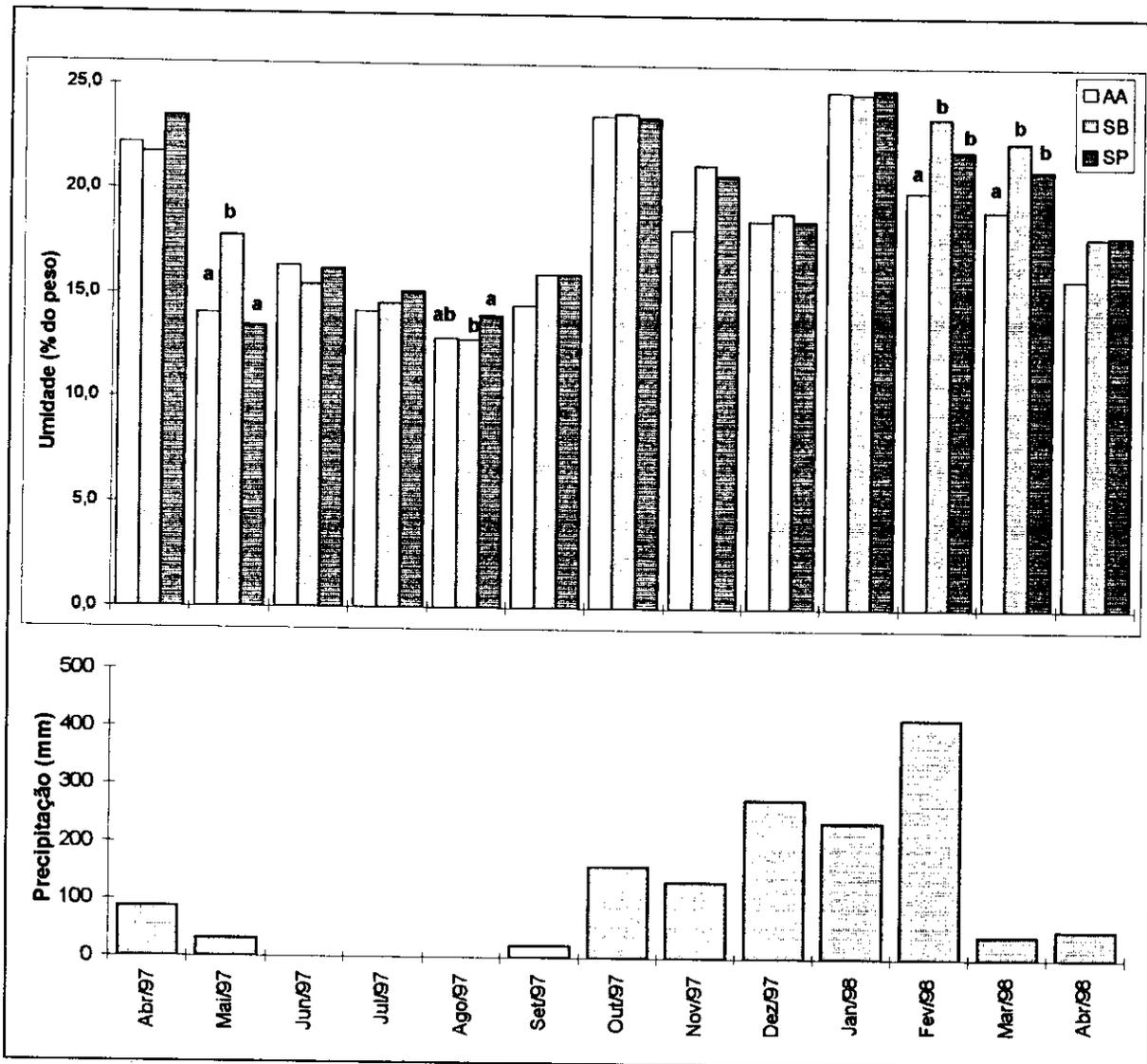
A distribuição mensal da precipitação pluviométrica, medida na área experimental, e os teores de umidade no solo na profundidade de 0 a 30 cm (p0), nos três ambientes, são apresentados na Figura 1.2. A precipitação acumulada no período de abril/97 a abril/98 foi de 1.377 mm, com cerca de 70% ocorrendo entre dezembro e fevereiro, sendo nula a precipitação nos meses de junho a agosto. Os menores valores ocorreram em agosto/97 e os maiores em janeiro/98. O elevado valor observado em abril/97 reflete a diferença de padrão de pluviosidade entre março e abril/97 (381,4 mm) e estes meses em 1998 (215,4 mm), segundo informação fornecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Na profundidade de 0 a 30 cm os valores médios (p0) de umidade na AA variaram, ao longo do ano, de 13,5% a 26,1%, registrados em agosto e janeiro, respectivamente. Nas áreas sob as árvores, os menores (13%) e maiores valores (25%) também ocorreram nas mesmas épocas.

A comparação, dentro de cada mês, dos teores médios de umidade do solo entre os ambientes, e nas profundidades observadas, mostrou que entre as 12 épocas amostradas ocorreram diferenças significativas entre os ambientes, nos meses de maio e agosto/97, fevereiro e março/98. Em todas as épocas observadas o teor de umidade do solo sob as árvores não foi significativamente inferior ao das áreas abertas.

Em maio o teor de umidade do solo SB foi significativamente superior à AA e SP, sendo que AA e SP não diferiram. Em agosto, quando ocorreram

os menores teores de umidade do solo, não houve diferença entre AA e áreas sob árvores, contudo SP foi significativamente superior à área SB.



**Figura 1.2** - Umidade média mensal no solo em área aberta (AA), sob baru (SB) e sob pequi (SP) e precipitação pluviométrica mensal na área de estudo. Para letras diferentes nas colunas, valores que diferem significativamente pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ).

Os menores teores de umidade SP, em maio, aconteceram possivelmente, devido à maior exposição do solo, com a queda das folhas do pequi, entre março e julho. Em agosto, este padrão repetiu-se SB e, mesmo estando o solo com baixos teores de umidade na pastagem, a queda das folhas influenciou a umidade nestas áreas. Observou-se, portanto, que o menor teor de umidade pode estar indicando maior exposição do solo à radiação solar, causando, conseqüentemente, maiores perdas por evaporação.

Nos meses de fevereiro e março o teor de umidade no solo nas áreas sombreadas foi significativamente superior à AA, embora os registros mostrem

que neste mês ocorreu a maior pluviosidade. Janeiro foi o mês em que foram registrados os maiores teores de umidade, e em fevereiro estes valores começaram a cair.

Nos ambientes sombreados a secagem do solo no final do período chuvoso foi mais lenta. SB registrou-se este comportamento em maio/97, repetindo-se em fevereiro e março/98. SP, este fato não foi observado em maio/97. Provavelmente a diferença entre esses anos deve-se às diferenças nas épocas de queda das folhas.

Não foram observadas diferenças entre as áreas na época seca. Possivelmente a sombra das árvores não foi suficiente para reduzir o potencial de evaporação durante esta época, pois, embora o pequi apresentasse queda de folhas, o baru encontrava-se totalmente folhado. Segundo Tiedmman & Klemmedson (1977), o total de energia acumulada sob o dossel é menos reduzido que a radiação fotossinteticamente ativa, uma vez que grande parte da energia provém de áreas circunvizinhas na forma de ar quente.

A similaridade entre os ambientes, na maioria dos meses, mostra que os processos de interceptação que interferem na redistribuição da chuva sob a copa das árvores, através do escoamento pelo tronco e do gotejamento através das folhas (Jofre & Rambal, 1988), não atuaram nas medições realizadas na área de estudo. Diversos autores registraram que a interceptação da chuva reduz a precipitação sob a copa das árvores (Jackson *et al.*, 1990; Nascimento, 1992; Ko & Reich, 1993). Por outro lado, o escoamento pelo tronco pode aumentar o teor de umidade em pequenas áreas na base do tronco (Thurow *et al.*, 1987). Neste trabalho as coletas para determinação da umidade ocorreram à meia distância entre a base do caule e o final da copa, aproximadamente a 2,0 m do tronco, evitando a interferência do maior nível de umidade que ocorre na base do caule.

A redução do efeito da interceptação de chuva provavelmente deveu-se à sua intensidade, pois chuvas de elevada intensidade reduzem o efeito da interceptação pela copa das árvores. Em chuvas com menos de 50 mm a redução é de 41%, enquanto que nas de 50 mm a redução é de 26%, registros com intervalo de 12 horas em savanas de *Quercus* nos Estados Unidos (Ko & Reich, 1993). Registros de 35 anos de observação em Formosa - GO mostram que no período de outubro a abril as precipitações máximas em 24 horas variaram de 77,8 a 124,9 mm (Goedeert *et al.*, 1980). Essas observações sugerem que a interceptação não exerceu um papel preponderante no conteúdo de umidade no solo na associação do baru e do pequi com a pastagem de braquiaria.

Nas três profundidades o teor de umidade do solo não foi menor nos locais sob baru e pequi, durante o período chuvoso (Figura 1.1) e a análise da tendência p0 (Figura 1.2), mostrou menores valores nas áreas abertas, isto sugere que a presença da árvore não está concorrendo para uma redução de umidade na profundidade de 0 a 30 cm, o que poderia afetar o estrato herbáceo.

### Umidade Disponível

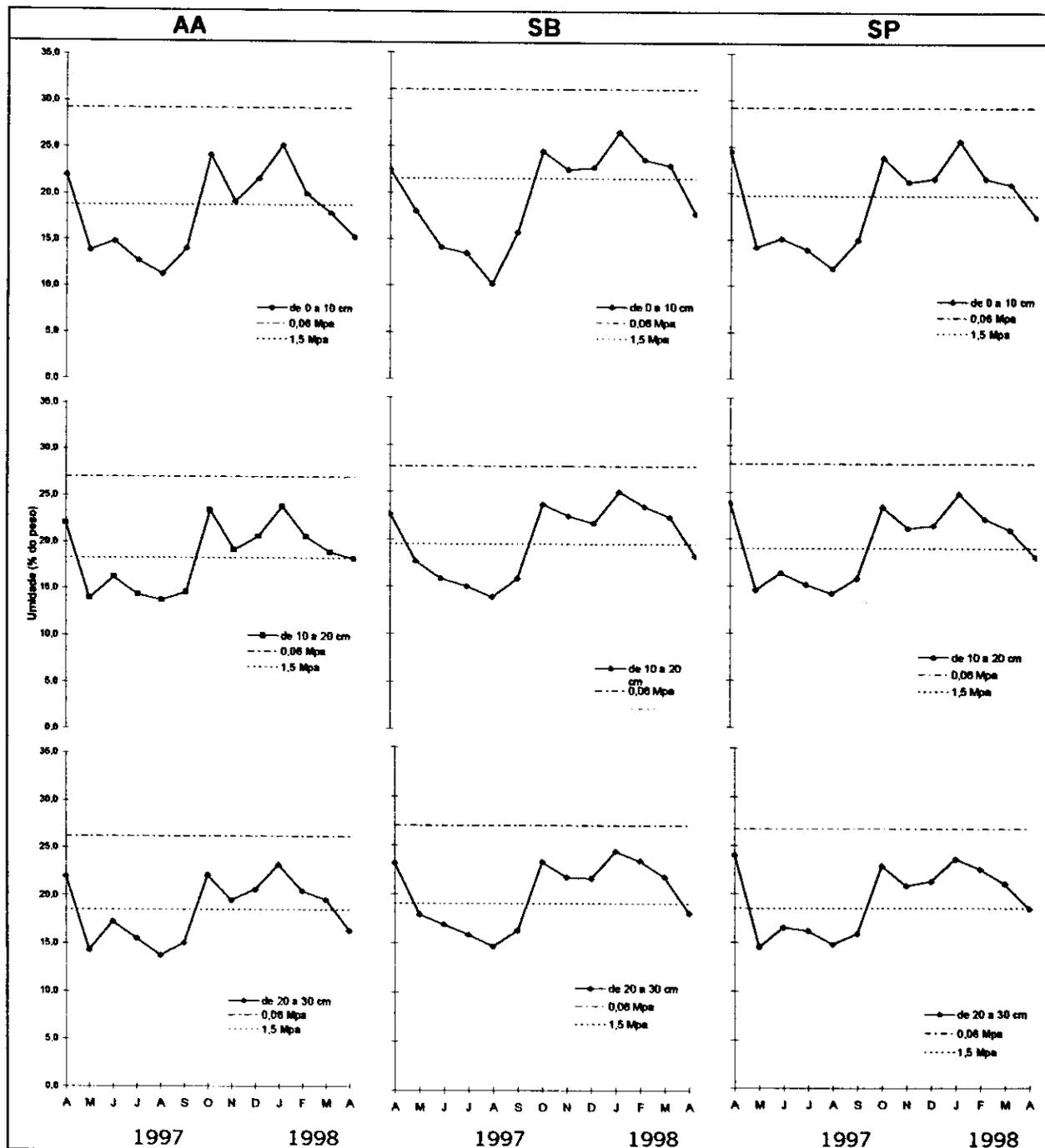
O conteúdo de umidade no solo, na AA, SB e SP, obtido nos potenciais de 0,0; 0,006; 0,033; 0,1 e 1,5 MPa são mostrados na Tabela, 1.2.

**Tabela 1.2** - Teor de umidade no solo, expresso em porcentagem do peso, nas tensões de 0,0 a 1,5 MPa, em pastagem de *Brachiaria decumbens*, em área aberta(AA) sob baru(SB) e pequi (SP).

Prof.(cm)		Tensão de umidade (MPa)				
		0,0	0,006	0,033	0,1	1,5
AA	0 - 10	44,7	29,2	25,5	23,5	18,7
	10 - 20	48,5	28,5	23,5	21,7	18,5
	20 - 30	45,2	26,2	23,5	22,5	18,5
SB	0 - 10	39,2	31,0	28,8	26,5	21,5
	10 - 20	47,0	27,7	25,0	23,0	19,5
	20 - 30	44,2	27,0	24,2	22,2	19,0
SP	0 - 10	39,2	29,0	26,2	24,7	20,0
	10 - 20	45,0	28,0	24,7	23,0	19,0
	20 - 30	44,0	26,7	23,7	22,0	18,5

Os maiores teores de umidade no solo dos três ambientes estão entre 0 e 0,1 MPa. A tendência aparente é de que no solo sob a copa das árvores a umidade retida aumenta nas tensões maiores, principalmente na área SB, em relação a AA. O conteúdo de umidade do solo da AA na tensão de 1,5 MPa ficou abaixo de 19% nas três profundidades observadas. Na área SB, variou de 19 a 21 % e SP de 18,5 a 20,0 %, sendo mais elevada na profundidade de 0 a 10 cm.

Na Figura 1.3 é demonstrada a evolução temporal da umidade do solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm.



**Figura 1.3** - Evolução temporal da umidade no solo de pastagem de *B. decumbens*, em área aberta (AA), sob baru (SB) e sob pequi (SP).

Nos ambientes sob a copa das árvores a umidade do solo abaixo da tensão de 1,5 MPa, foi medida entre maio e setembro de 1997 e abril de 1998, nas áreas abertas, entre maio e setembro de 1997 e março e abril de 1998, na profundidade de 0 a 10 cm. Entre 10 e 30 cm, o comportamento foi similar entre os ambientes, com a umidade do solo atingindo ponto de murcha permanente em maio de 1997 e abril de 1998. Esta defasagem entre os ambientes aumentou em cerca de 30 dias o período de umidade disponível para a vegetação herbácea nas áreas sob a

copa das árvores em 1998, este comportamento não foi observado no ano anterior. O aumento no período de umidade disponível no solo sob árvores, em relação à área aberta, também foi observado por Jofre & Ramball (1988) e Ovalle & Avendano (1994).

Possivelmente esta diferença deveu-se ao sombreamento das árvores como fator redutor da temperatura no solo. Neste caso quando a umidade relativa do ar não é tão reduzida como nos períodos de seca. Quando ocorreu a redução da umidade relativa do ar e o aumento da temperatura, a sombra das árvores não foi suficiente para reduzir a evaporação. Registros de 35 anos no município de Formosa mostram que a umidade relativa do ar no período seco variou entre 61 e 49%, entre junho e agosto (Goedert, *et al.* 1980). Este fato concorda com os resultados de Tiedmann & Klemmedson (1977), que não encontraram diferenças significativas na umidade do solo entre áreas sob árvores e áreas sob sombreamento artificial nos meses mais quentes.

Outro aspecto que pode ter influenciado a disponibilidade de umidade no solo foi a redução da taxa de evapotranspiração do estrato herbáceo provocada pelo sombreamento (Eastham & Rose, 1988).

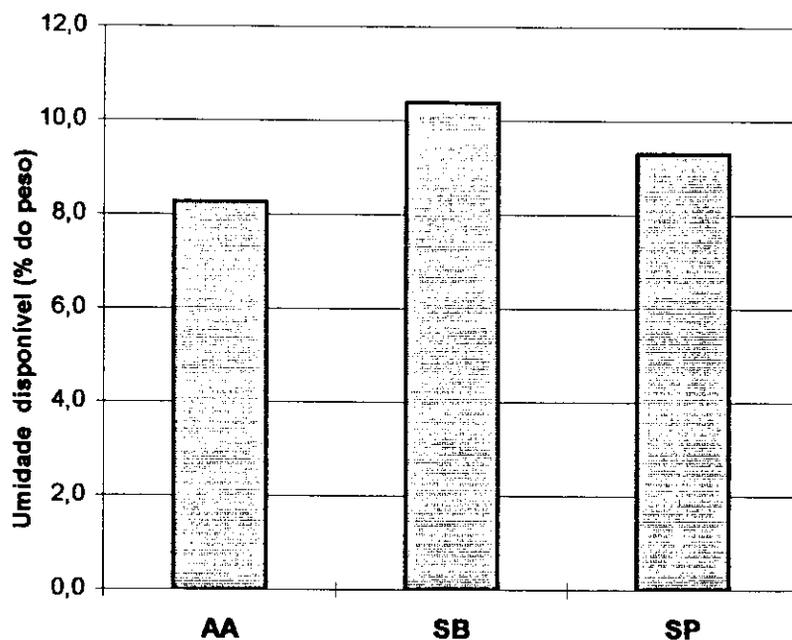
Uma vez que as diferenças entre os ambientes ocorreram no final do período chuvoso, quando a umidade do solo começa a cair, é provável que a presença da liteira das árvores tenha afetado a evaporação. Nas duas espécies foi registrada a presença de liteira, sendo mais intensa sob pequi.

Os valores médios de umidade disponível nos três ambientes, na profundidade de 0 a 30 cm foram, 8,2% na AA, 10,4% SB e 9,3% SP (Figura 1.4), não havendo diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os ambientes, embora os valores nas áreas sob a copa das árvores tenham sido mais elevados, SB foi cerca de 20% maior que na AA.

A maior disponibilidade de umidade no solo está associada a uma melhor estrutura física, macroporosidade, menor densidade aparente e a maior quantidade de matéria orgânica (Killham, 1995). Diversos autores têm registrado que os solos sob árvores apresentam menor densidade aparente e maior teor de matéria orgânica (Kennard & Walker, 1973; Jofre & Rambal, 1988; Ko & Reich, 1993).

Neste trabalho, os valores para a densidade global foram bastante próximos entre os ambientes (Apêndice 2), contudo o teor de C orgânico no solo foi mais elevado nas áreas sob árvores (Capítulo 2), o que pode ter influenciado a tendência de maiores valores de umidade disponível nestes ambientes. Os valores de umidade disponível encontrados neste trabalho estão mais próximos aos observados para cerrado senso restrito (10,85%) e inferiores aos registrados em pastagem

cultivada na região do cerrado (15,08%). A maior porosidade verificada nas pastagens foi considerada como fator determinante da superioridade deste sistema em relação às áreas com plantio direto, plantio de eucalipto e cerrado natural (Santos, 1997).



**Figura 1.4** - Médias de umidade disponível no solo, em pastagem de *B. decumbens*, em área aberta (AA), sob baru (SB) e sob pequi (SP), na profundidade de 0 a 30 cm.

## **Conclusões**

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que o teor de umidade no solo sob a copa de baru e pequi é mais elevado que na área aberta no final do período chuvoso, não havendo diferenças entre as áreas nas outras épocas do ano.

O conteúdo de umidade disponível no solo, não é influenciado pela presença do baru e do pequi, contudo o período de umidade disponível para as plantas na profundidade de 0 a 10 cm é maior nas áreas sob as árvores.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, S. P., 1998. Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S.M & ALMEIDA, S.P. (eds). Cerrado: Ambiente e Flora. EMBRAPA - CPAC.pp: 247 - 285.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; NOVELLY, P. E.,1986. Produção de gramíneas tropicais e temperadas irrigadas na época seca. Rev. Soc. Bras. Zoot., 15: 384-392.
- BLISS, C. I., 1958. Periodic Regression in Biology and Climatology. Connecticut Agricultural Experiment Station. New Haven. 54p. ( Bulletin 615).
- CALDWELL, M. M.; RICHARDS, J. H., 1989. Hydraulic lift: water efflux from upper roots improves effectiveness of water uptake by deep roots. Oecologia, 79: 1-5.
- CARVALHO, P. E. R., 1994. Espécies Florestais Brasileiras. Recomendações Silviculturais, Potencialidades e Uso de Madeira. Curitiba: EMBRAPA -CNPQ/SPI. 640 p.
- CODEPLAN - Companhia de Desenvolvimento e Planejamento. 1980. Estudo das potencialidades dos municípios da região geo - econômica de Brasília. vol. II - Formosa - GO.
- COLWELL, J.D.; MORTON, R., 1984. Development and evaluation of general or transfer models of relationships between wheat yields and fertilizer rates in southern Australia. Aust. J. Soil Res. 22: 191-205.
- EASTHAM, J.; ROSE, C. W., 1988. Pasture evapotranspiration under varying tree planting density in an Agroforestry Experiment. Agricultural Water Management, 15: 87-105.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1979. Manual de Métodos de Análises de Solos. RJ. (EMBRAPA - CNPS. Documentos, 1). 212 pp.
- \_\_\_\_\_. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1983. Mapa de reconhecimento de baixa intensidade dos solos. Parte da região geo-econômica de Brasília.
- \_\_\_\_\_. 1994. Chuva no Cerrado: Análise e Espacialização In: ASSAD, E.D.(coord.). Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado. Brasília .EMBRAPA/CPAC, 423 pp.
- FARIA, S. M.; LEWIS, G. P.; SPRENT, J. I.; SUTHERLAND, J. M., 1989. Occurrence of nodulation in the leguminosae. New Phytology, 11: 607-619.
- FONSECA, A. G.; MUNIZ, I. A. F., 1992 .Informações sobre a cultura de espécies nativas da região do Cerrado. Inf. agropec. bras. ,16: 12-17.
- FREITAS Jr, E.; SILVA, E. M., 1984. Uso da centrífuga para a determinação da curva de retenção de água do solo, em uma única operação. Pesq. agropec. bras., 19: 1423-1428.
- GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; WAGNER, E., 1980. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. Pesq. agropec. bras., 15: 1-17.
- LORENZI, H., 1992. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Nova Odessa. 352p.
- KENNARD, D. G.; WALKER, B. H., 1973. Relationships between tree canopy cover and *Panicum maximum* in the vicinity of Fort Victoria. Rhod. J. Agric. Res. 11: 145-152.

- KILLHAM, K., 1995. Soil Ecology. Ed. Cambridge. 242pp.
- KO, L. J.; REICH, P. B., 1993. Oak tree effects on soil and herbaceous vegetation in savannas and pastures in Wisconsin. *Am. Midl. Nat.* 130: 32-42.
- JACKSON, L. E.; STRAUSS, R. B.; FIRESTONE, M. K.; BARTOLOME, J. W., 1990. Influence of tree canopies on grassland productivity and nitrogen dynamics in deciduous oak savanna. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 32: 89-105.
- JOFRE, R.; RAMBAL, S., 1988. Soil Water improvement by trees in the rangelands of southern Spain. *Acta Oecologica Oecol. Plant.*, 9: 405-422.
- NASCIMENTO, N. M. P., 1992. Interceptação de Chuva pela Vegetação do Cerrado. Universidade de Brasília. 103p. (Dissertação M.S.)
- OVALLE, M. C.; AVENDAÑO, R. J., 1994. Influencia del árbol sobre la vegetación pastoral en los espinales (*Acacia caven*), de la zona mediterránea de Chile. In: Congresso Brasileiro Sobre Sistemas Agroflorestais. Anais do I Encontro sobre Sistemas Agroflorestais nos Países do Mercosul, Porto Velho. p: 151-172.
- PEIXOTO, A. R., 1973. Plantas Oleaginosas Arbóreas. São Paulo. Nobel. 284p.
- POTT, A., 1988. Forrageiras não gramíneas dos cerrados e campos do pantanal Mato-Grossense. In: Anais do VI Simpósio Sobre o Cerrado.- Savanas; Alimento e Energia. EMBRAPA . Planaltina. p. 381-388.
- PRODIAT - Projeto de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Araguaia e Tocantins. 1983.. Descrição e Caracterização da área. Ministério do Interior - Organização dos Estados Americanos. 129p.
- RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R., 1978. Observations on forest of some mesotrophic soils in Central Brazil. *Rev. Bras. Bot.* 1: 47-58.
- RIBEIRO, F. J.; WALTER, B. M. T., 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado In: SANO, S. M & ALMEIDA, S. P (Eds).Cerrado: Ambiente e Flora EMBRAPA -CPAC,pp: 89 - 156.
- SANTOS, M. N., 1997. Influência de Diferentes Sistemas de Manejo nos Teores de Carbono Orgânico e de Nutrientes e no Tamanho e Distribuição de Poros em Latossolo Vermelho-Escuro Argiloso na Região dos Cerrados. Universidade de Brasília. 133p. ( Dissertação M.S.).
- SBCS/SNCLS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1982. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Campinas. 45p.
- SILVA, I. S., 1983. Alguns Aspectos da Ciclagem de Nutrientes em uma Área de Cerrado (Brasília,DF): Chuva, Produção e Decomposição de Litter. Universidade de Brasília . 87p. (Dissertação M.S.).
- THUROW, T. L.; BLACKBURN, W. H.; WARREN, S. D.; TAYLOR Jr, C. A., 1987. Rainfall interception by midgrass, shortgrass and live oak mottes. *Journ. Range Management*. 40: 455-460.
- TIEDMANN, A. R.; KLEMMEDSON, J. O., 1977. Effect of mesquite trees on vegetation and soils in the desert grassland. *Journ. Range Management*. 30: 361-367.

## Capítulo 2

### **Nutrientes no solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf, em três ambientes: área aberta, sob a copa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) e sob a copa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).**

#### **Resumo**

A influência da presença de baru (*Dipteryx alata* Vog.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) nas propriedades do solo foram estudadas no período seco (julho), início, meados e final do período chuvoso (outubro, dezembro e março), em pastagem de *Brachiaria decumbens*. Sob o domínio do ecossistema Cerrado, a pastagem localizada em Goiás (15° 19' S e 47° 25' W) foi estabelecida em 1990 e manejada sob pastejo contínuo, não tendo sido realizada correção da acidez do solo, nem adubações. As coletas de amostras foram realizadas sob a copa das árvores e em área aberta nas profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 15 e 15 a 30 cm, com seis repetições por profundidade. Nas áreas sob árvores o solo apresentou maior teor de C orgânico, N total, Ca, Mg K e Mn. Estas diferenças aconteceram na maioria das épocas sob baru, e em outubro, sob pequi. Os teores de Al foram baixos e não diferiram entre as áreas sob baru e área aberta, entretanto maiores valores foram registrados sob pequi. Em todas as áreas as maiores concentrações de nutrientes e menores valores de pH ocorreram na profundidade de 0 a 5 cm. A produção de liteira de baru e pequi, em onze meses, foi cerca de 300g.m.<sup>-2</sup>, a queda da liteira do baru ocorreu entre o final do período seco e início do chuvosos e a do pequi durante o período seco. Maiores teores de Ca e P são observados na liteira do baru. As quantidades de C orgânico foram significativamente maiores sob a copa das árvores (cerca de 50% mais elevadas sob baru e 27% sob pequi) em relação à área aberta (535,2 g.m.<sup>-2</sup>). Quanto ao N, o conteúdo no solo sob baru e pequi foi 18% e 12%, respectivamente, maior que na área aberta (94,2 g.m.<sup>-2</sup>), contudo a diferença foi significativa apenas sob baru. A presença de baru e pequi nas pastagens de *B. decumbens* cria áreas com maior fertilidade de solo, sob a copa de baru apresenta melhores níveis de fertilidade do que sob pequi. A liteira contribui para a maior

fertilidade do solo sob as árvores. Maiores quantidades de C orgânico no solo, indicam áreas de maior acumulação sob baru e pequi.

## Abstract

The influence of trees of two native cerrado species *Dipteryx alata* Vog. (baru) and *Caryocar brasiliense* Camb. (pequi) on soil properties was evaluated in pasture of *Brachiaria decumbens*. The pasture, located in Goiás (15° 19' S and 47° 25' W), was sown in 1990 and managed under continuous grazing. Lime and fertilizers were not applied during the establishment of the pasture or later. Soil samples were collected at four depths (0-5, 5-10, 10-15 and 15-30cm) with six replications at each depth. Soil organic C, total N, Ca, Mg, K and Mn were higher under the trees of baru than in the open areas. In all three areas, soil nutrients were higher and pH was lower at the 0-5cm depth. Under the canopies and in the open areas, Al concentrations were low and did not differ between the areas under baru and the open area. Higher values of Al were registered under pequi. Total production of litter of baru and pequi during 11 months (from September to July) reached 300g/m<sup>2</sup>. Under baru litter fell between the end of the dry season and the beginning of the rains and under pequi litter fell only during the dry period. Ca and P were higher in the litter of baru as compared to the litter of pequi. Trees of baru and pequi showed a beneficial effect on soil nutrients and soil carbon in pasture of *B. decumbens*.

## Introdução

O efeito de árvores isoladas no ambiente sob a sua copa vem sendo investigado em diversos ecossistemas e agroecossistemas (Kellman, 1974; Isichei & Muoghalu, 1992; Belsky & Canham, 1994; Garcia-Miragaya *et al.* 1994; Carvalho *et. al.*,1994). Os resultados dessas pesquisas fornecem subsídios para a utilização de árvores associadas a culturas e pastagens (sistemas agroflorestais).

O principal argumento para a adoção dos sistemas agroflorestais é que as árvores mantêm a fertilidade do solo (Palm, 1995). O benefício da presença das árvores nestes sistemas baseia-se nas suas características biofísicas (Young, 1989) e nas características químicas e físicas do solo (Szott *et al.*, 1991).

Em ecossistemas savânicos, onde naturalmente ocorrem árvores isoladas associadas à vegetação herbácea, o solo sob a copa das árvores apresenta melhores condições de fertilidade que as áreas abertas (Kellman, 1974; Isichei & Muoghalu, 1992; Belsky & Canham, 1994; Garcia-Miragaya *et al.*, 1994).

Em savanas sub-úmidas, na África, a maior quantidade de nutrientes existentes na área sob o dossel deve-se à entrada destes pela via da precipitação pluviométrica, descartando-se a possibilidade de as raízes profundas atuarem como captadores de nutrientes a maiores profundidades (Kellman, 1974). Em ecossistemas mais áridos, as raízes laterais atuam redistribuindo nutrientes num extenso raio sob o dossel. *Parkia biglobosa*, leguminosa nativa das savanas africanas, apresenta um sistema radicular que pode explorar o solo num raio de 7,0 m, podendo estender-se até uma distância de 20 m do tronco das árvores (Tiedmann & Klemmedson, 1977; Tomlinson *et al.*, 1995).

A produção de liteira é o principal processo pelo qual carbono e nutrientes são transferidos da vegetação para o solo (Szott *et al.* 1991). Os processos de produção de liteira, decomposição e transformação da matéria orgânica são componentes das interações positivas provocadas pela presença de árvores. Contudo, alguns fatores interferem nas taxas de decomposição da liteira e da matéria orgânica, entre eles a qualidade da liteira, o teor de umidade e a temperatura do solo (Palm, 1995).

A produção e decomposição de liteira foi observada como principal fator de enriquecimento do solo sob o dossel de *Quercus douglassii*, em savana pastejada por bovinos, na Califórnia (Jackson *et al.*, 1990). Maiores teores de nitrogênio inorgânico foram atribuídos à mineralização da liteira de *Q. douglassii*,

uma vez que quantidades similares de liteira aérea e subterrânea da vegetação herbácea foram observadas sob o dossel e em área aberta. A presença da espécie lenhosa possibilitou um reservatório de nitrogênio orgânico no solo, que pode ser rapidamente perdido com a remoção dessa espécie.

A qualidade da liteira das árvores, com uma elevada relação C/N, pode gerar formas de matéria orgânica com decomposição mais lenta, propiciando aumento dos teores de C e N no solo (Garcia-Miragaya *et al.*, 1994) e redução de perdas através de lixiviação e volatilização. Em sistema silvipastoril na Costa Rica, o aporte de N através da liteira foi mais elevado no consórcio com leguminosas, contudo o aporte de P foi mais elevado em espécies não leguminosas (Giraldo *et al.*, 1995).

A velocidade de decomposição da liteira em cerrado senso restrito varia com a espécie. As espécies decíduas e com folhas não escleromórficas (*Caryocar brasiliense* e *Qualea parviflora*) têm maior taxa de decomposição ( $0,109\% \cdot \text{dia}^{-1}$  e  $0,099\% \cdot \text{dia}^{-1}$ ) do que as espécies sempreverdes e com folhas escleromórficas (*Ouratea hexasperma* e *Vochysia elliptica*), com  $0,093\% \cdot \text{dia}^{-1}$  e  $0,053\% \cdot \text{dia}^{-1}$ , respectivamente (Silva, 1983).

Excrementos de aves e de mamíferos também são, potencialmente, responsáveis pela melhoria do solo sob dossel de árvores que são utilizadas como abrigo e poleiro (Belsky & Canham, 1994; Tomlinson *et al.*, 1995).

As raízes, através da produção e renovação, influenciam o enriquecimento do solo em matéria orgânica e outros nutrientes, a manutenção da biomassa do solo e o aumento da ciclagem de nutrientes sob a copa de árvores (Scroth, 1995).

A decomposição de raízes pode ser uma fonte de nutrientes para as plantas, uma vez que a translocação dos nutrientes pode ser menor do que a observada na parte aérea. Em experimento com plântulas de espécie lenhosa, Sitka spruce, observou-se uma translocação de 23% de N das raízes (Ferrier & Alexander, 1991).

O enriquecimento do solo sob árvores é também dependente das espécies presentes. Garcia-Miragaya *et al.* (1994) observaram que no solo sob a copa de espécies sempreverdes (*Byrsonima crassifolia* e *Bowdichia virgilioides*), as concentrações de MO, CTC e K trocável foram significativamente mais elevadas que sob espécies decíduas (*Godmania macrocarpa* e *Cochlospermum vitifolium*).

Comparando o efeito da presença de árvores nativas de savana, em pastagem cultivada e em savana protegida, Ko & Reich (1993) observaram, em ambos os sítios, que os teores de K trocável e MO decrescem com o distanciamento

pastagens. Os autores atribuem essa diferença à deposição de fezes dos animais nas áreas sob árvores.

A possibilidade de melhoria do solo, devido à presença de árvores associada a pastagens e culturas, será também definida pelo grau de competição entre os dois estratos. Árvores com porte ereto, copa aberta e perda de folhas na época chuvosa podem apresentar menor grau de competição com as culturas (Rhoades, 1997).

A presença de árvores em solos de baixa fertilidade tem atuação limitada no aumento da disponibilidade de nutrientes, comparativamente aos solos férteis, onde sua presença permite a exploração de grandes volumes de solo, resultando na entrada de nutrientes no sistema. Entretanto, em ambos os casos as árvores desempenham papel importante na redução de perda de nutrientes do solo. Nos ambientes de baixa fertilidade, uma fonte importante de nutrientes provém da atmosfera, através de chuvas e poeira. As copas das árvores funcionam como cortinas na interceptação de poeira (Szott *et al.*, 1991).

No cerrado, as informações sobre a ciclagem de nutrientes apontam a importância das árvores na interceptação de nutrientes da atmosfera e na lixiviação das folhas das árvores como fonte de nutrientes para o solo, a quantidade total de K, Ca e Mg na precipitação pluviométrica até 1,2 m do solo foi: 5,7, 1,6 e 2,9 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, respectivamente (Silva, 1983).

Informações sobre o papel das raízes na ciclagem de nutrientes em cerrado natural são escassas, contudo a grande biomassa de raízes nas diversas fitofisionomias do cerrado sugerem a importância deste compartimento. A biomassa de raízes em kg.ha<sup>-1</sup>, foi 16.713 em campo limpo e 52.907 em cerrado denso, sendo que a porcentagem de raízes finas foi de 56% e 29%, para as duas fitofisionomias, respectivamente. A proporção da biomassa total de raízes nos primeiros 20 cm variou 63% para o campo limpo a 62% para cerrado denso (Castro, 1996).

O conteúdo mineral em liteira de gramíneas e não gramíneas, em três áreas de cerrado senso restrito, mostram valores com uma sugestiva tendência para maiores conteúdos de nutrientes no material classificado como não gramíneas. O conteúdo por m<sup>2</sup> foi estimado em 174 mg de K, 35 mg de P, 183 mg de Ca e 87 mg de Mg na liteira de gramíneas e 240 mg de K, 83 mg de P, 954 mg de Ca e 240 mg de Mg para o componente não gramíneas (Constantino, 1988).

A perspectiva ecológica das manchas de solo sob árvores é de funcionarem como reservas de nutrientes, local e regional, influenciando a estrutura da comunidade e o funcionamento do ecossistema (Rhoades, 1997).

O objetivo do presente trabalho é investigar o efeito da presença de baru (*Dipteryx alata*) e de pequi (*Caryocar brasiliense*), sobre as propriedades do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens*, no período seco (julho) e no período chuvoso (outubro, dezembro e março).

## Material e métodos

Esta pesquisa foi realizada em área de pastagem de *Brachiaria decumbens* associada a árvores de espécies nativas, localizada numa fazenda particular no município de Formosa, GO ( 15° 19' S e 47° 25' W). A área está sob o domínio de ecossistema cerrado, a vegetação local pode ser classificada como cerradão, de acordo com Ribeiro & Walter(1998), o clima local é Aw, segundo classificação de Köppen, durante os últimos 30 anos a temperatura média anual foi 23 °C, e a média anual da precipitação pluviométrica foi de 1.140 mm, com a duração da estação seca variando entre 4 e 7 meses (PRODIAT, 1983; EMBRAPA, 1994). O solo classificado como latossolo vermelho escuro, argiloso (> 500 g de argila.kg<sup>-1</sup>) nos 30 cm superficiais, com as seguintes características químicas: Al, 0,23; Ca, 0,2; Mg, 0,3; K, 0,7 meq.100g<sup>-1</sup>; P disponível, 1,4 mg.kg<sup>-1</sup>; C, 9,2 g.kg<sup>-1</sup>; N, 0,7 g.kg<sup>-1</sup>; C/N, 13 e pH em H<sub>2</sub>O, 5,3. A descrição do perfil encontra-se no Apêndice 1.

Na propriedade são criados bovinos da raça Nelore em pastagens estabelecidas em 1990, após desmatamento. No estabelecimento, e no manejo subsequente, não foram realizadas correções de solo. De modo geral, a cada ano os pastos são "limpos" mecanicamente para controle da vegetação lenhosa. As espécies arbóreas presentes na pastagem foram preservadas por ocasião do desmatamento. Daí não haver, neste consórcio, uma definição de espaçamento sistemático entre as árvores, o que promove grande variabilidade da distância entre elas. Atualmente, na época de limpeza do pasto, não são preservados indivíduos lenhosos jovens de nenhuma espécie nativa.

Neste trabalho utilizou-se baru (*Dipteryx alata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*), na escolha destas espécies foi observada a sua importância como fornecedoras de frutos e/ou madeira de boa qualidade. Foram selecionados doze indivíduos adultos, remanescentes da época de formação da pastagem, sendo seis de cada uma das espécies. A distância mínima entre as árvores experimentais, variou de 12,3 a 25,4m para baru e de 14,0 a 31,0m para pequi. A altura e diâmetro da copa variou de 8,2 a 14,2m e 8,2 a 11,0m para baru; 6,6 a 11,2m e 8,9 a 14,5m para

pequi. Maiores detalhes sobre o local do trabalho e árvores utilizadas, estão descritos no Capítulo 1.

Para a coleta de amostras foi selecionada uma área que permitisse a observação de árvores associadas a pastagem, num modelo de distribuição onde houvesse ambientes sombreados pelas árvores e áreas abertas numa distância das árvores onde não ocorresse sombreamento em nenhuma hora do dia.

Dentro da área sob tais condições, foram casualizadas as áreas abertas e as árvores, e sob a copa de cada uma das árvores, foram casualizados os pontos de amostragem. Foram considerados três ambientes: a) Pastagem em área aberta (**AA**) - local sem sombreamento em qualquer hora do dia; b) Pastagem sob a copa do baru (**SB**); e c) Pastagem sob a copa do pequi (**SP**). Cada ambiente teve seis repetições.

As informações foram coletadas nas estações chuvosa e seca, entre abril de 1997 e abril de 1998. Foi utilizada uma área de 3 ha (cercada para evitar a entrada dos bovinos) de *B. decumbens*, gramínea considerada de média adaptação à sombra, com potencial para resposta a melhoria na fertilidade do solo e maior disponibilidade de umidade (Alvim *et al.*, 1986).

Considerou-se como parcela experimental uma área de 2,0 x 2,0 m sob a copa de cada árvore, e também para os locais abertos (AA). Dentro desta parcela foram realizadas as coletas de solo para determinação das características químicas do solo.

As amostras de solo foram coletadas nas profundidade de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 15 e 15 a 30 cm, em quatro épocas: ao final do período seco e início, meados e final do período chuvoso, correspondendo aos seguintes meses: julho/1997, outubro/1997, dezembro/1997 e março/1998, respectivamente.

Após a coleta, as amostras foram deixadas em local seco e ventilado até a completa secagem ao ar e posteriormente destorroadas em peneira com malha de 2,0 mm.

Foram determinados os teores de matéria orgânica, N total, N-NO<sub>3</sub> e N-NH<sub>4</sub>, P, Ca, Mg, K, Al, Cu, Mn, Fe, Zn e os níveis de pH. Os elementos Ca, Mg e Al foram extraídos do solo com uma mistura de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,025 N e HCl 0,05 N. Os teores de Ca e Mg foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica e o Al, através de titulação com NaOH 0,025 N.

Os elementos K, P, Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos com KCl 1N. À exceção de P, determinado por colorimetria, os demais elementos foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica. O pH foi determinado em

água e KCl, e o carbono orgânico, pelo método de Walkey e Black (1934) (EMBRAPA, 1979).

O N total foi determinado pelo método de Kjeldahl (Silva, 1990) e os teores de  $\text{NH}_4$  pelo método de Nessler. O  $\text{NO}_3$  foi determinado seguindo metodologia de Meier (1990).

A determinação da textura do solo nas amostras do perfil foi feita através do método de Bouyocous (Kiehl, 1979).

### **Liteira**

Coletou-se a liteira no período de setembro/97 a julho/98, com a utilização de cestas colocadas sob a copa das árvores experimentais. As cestas, com área de  $0,25 \text{ m}^2$ , foram dispostas da seguinte forma: duas bandejas sob a copa de cada árvore de baru e pequi ( $N= 12$ ), seguindo de modo alternado as orientações: norte - sul e leste - oeste.

Foram realizadas coletas a cada 28 dias; a liteira colhida foi pesada e posteriormente triturada para a formação de amostras compostas por espécies e meses, para determinação da produção, com base na MS. Uma amostra composta por meses foi utilizada na determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Ca, Mn, Zn, Fe, Al e Cu.

A determinação do N foi realizada segundo o método de Kjeldahl (Silva, 1990). O extrato para determinação de P, K, Ca, Mg, Al, foi obtido mediante uma digestão com uma mistura de ácido sulfúrico, nítrico e clorídrico.

A concentração de P foi determinada por colorimetria em espectrofotômetro e os outros nutrientes em espectrofotômetro de absorção atômica (Embrapa, 1979).

### **Análise estatística**

Foi utilizado o programa Profile (Colwell & Morton, 1984) para diferenciação estatística dos ambientes, ao nível de 5% de significância pelo teste t. Ajustou-se uma regressão ortogonal, estabelecendo os valores para os parâmetros de um polinômio:

$$Y_i = p_0 + p_1 X_i$$

onde  $Y_i$  é a variável resposta das características químicas do solo e  $X$  são os valores nas profundidades observadas. Os coeficientes  $p_0$ ,  $p_1$  exprimem as tendências: média e linear.

Quando  $X=0$ , exprimiui-se a média geral,  $Y_i = p_0$ , considerando-se as quatro profundidades e seis repetições;  $p_1$  é o coeficiente da equação que indica a taxa linear de aumento ou redução das características químicas do solo por unidade de profundidade (cm).

Neste trabalho compara-se  $p_{0j}$ , onde  $j =$  ambientes AA, SB e SP, para cada característica química do solo. A hipótese de nulidade testa  $h_0: p_{01} = p_{02} = p_{03}$ . E compara também se as inclinações da curva  $p_{1j}$  (linearidade) são iguais ou diferentes, sendo a hipótese de nulidade  $h_0: p_{1AA} = p_{1SB} = p_{1SP}$ , indicando a faixa de mudança em profundidade se negativa (decréscimo) ou positiva (acréscimo).

## Resultados e Discussão

Para as características do solo nas áreas AA, SB, e SP, em julho/97, outubro/97, dezembro/97 e março/98, são mostradas as Figuras 2.1 a 2.5, com o comportamento no perfil. As análises de diferenças entre os ambientes, dentro de cada época, são feitas a partir da análise da tendência média ( $p_0$ ), valores médios entre as profundidades de 0 a 30 cm (Tabela 2.1). Para a tendência linear ( $p_1$ ) comenta-se aumento ou redução ao longo do perfil dentro de cada ambiente (Apêndice 4).

As concentrações de P no solo, na pastagem de *Brachiaria decumbens*, foram muito baixas. No mês de julho, para todos os ambientes e profundidades, os valores ficaram abaixo de  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  de solo. Em outubro, dezembro e março, na profundidade de 0 a 10 cm, para todos os ambientes as concentrações variaram entre  $1,0$  e  $2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  de solo, exceto SP em outubro, cujos valores ficaram abaixo de  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ , valores também registrados nas profundidades de 10 a 30 cm. Resultados similares foram observados por Araújo (1994), que encontrou valores de P entre  $1,0$  e  $2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ , apenas na faixa de 0 a 15 cm, em solo mesotrófico.

Os valores obtidos para pH em KCl foram menores que os obtidos em água em todos ambientes e épocas. A média na profundidade de 0 a 30 cm variou entre 4,0 e 4,2 para AA, 4,2 a 4,4 SB e 4,0 a 4,2 SP. Estes dados e os de P não foram submetidos a análise estatística.

Com relação ao pH em água, os valores mais elevados (entre 5,0 e 5,7) ocorreram na profundidade de 0 a 5,0 cm. Em dezembro o pH ficou maior que 5,0 em todos os ambientes e profundidades (Figura 2.1).

Na área aberta os valores médios ( $p_0$ ) variaram entre 4,9 a 5,3 na AA, entre 5,3 a 5,6 SB e 4,9 a 5,3 SP. A análise desta tendência não mostrou diferenças significativas entre as áreas sob a copa das árvores e área aberta em todas as épocas observadas. As áreas sob as árvores diferiram significativamente entre si ( $P < 0,05$ ), na área SB, os valores foram mais elevados que SP no período chuvoso (outubro e dezembro) (Tabela 2.1). Na área SB a variação nos meses observados estão no intervalo da faixa de acidez mediana (Silva, 1995), os valores de pH neste ambiente estão superiores a média encontrada para o cerrado, 5,0 (Lopes & Cox, 1977).

**Tabela 2.1-** Valores médios das características químicas do solo em quatro épocas, na profundidade de 0 a 30 cm, em pastagem de *Brachiaria decumbens* nos ambientes área aberta (AA), sob baru (SB) e sob pequi (SP).

Característica	Trat.	Jul/97	Out/97	Dez/97	Mar/98
<b>pH</b>	AA	5,06 <sup>a</sup>	5,11 <sup>ab</sup>	5,31 <sup>ab</sup>	4,95 <sup>a</sup>
	SB	5,28 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>	5,58 <sup>a</sup>	5,20 <sup>a</sup>
	SP	5,10 <sup>a</sup>	5,04 <sup>b</sup>	5,34 <sup>b</sup>	4,95 <sup>a</sup>
<b>Al</b> (meq.100g <sup>-1</sup> )	AA	0,74 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,74 <sup>ab</sup>
	SB	0,50 <sup>a</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>
	SP	0,81 <sup>a</sup>	0,69 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,79 <sup>b</sup>
<b>N</b> (g.kg <sup>-1</sup> )	AA	0,85 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,02 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>
	SB	1,43 <sup>b</sup>	1,47 <sup>b</sup>	1,33 <sup>b</sup>	1,45 <sup>a</sup>
	SP	1,05 <sup>a</sup>	1,36 <sup>b</sup>	1,12 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>
<b>C</b> (g.kg <sup>-1</sup> )	AA	11,84 <sup>a</sup>	9,81 <sup>a</sup>	11,39 <sup>a</sup>	7,11 <sup>a</sup>
	SB	16,15 <sup>b</sup>	14,33 <sup>b</sup>	14,86 <sup>b</sup>	13,36 <sup>b</sup>
	SP	13,68 <sup>ab</sup>	12,82 <sup>b</sup>	13,20 <sup>b</sup>	9,65 <sup>c</sup>
<b>C/N</b>	AA	13,83 <sup>a</sup>	8,19 <sup>a</sup>	11,43 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>
	SB	11,15 <sup>b</sup>	9,62 <sup>a</sup>	11,37 <sup>a</sup>	9,31 <sup>b</sup>
	SP	13,10 <sup>ab</sup>	9,38 <sup>a</sup>	12,11 <sup>a</sup>	7,97 <sup>ab</sup>
<b>NO<sub>3</sub></b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	AA	3,31 <sup>a</sup>	4,31 <sup>a</sup>	3,35 <sup>a</sup>	3,11 <sup>a</sup>
	SB	3,44 <sup>a</sup>	4,69 <sup>a</sup>	3,36 <sup>a</sup>	4,32 <sup>b</sup>
	SP	3,36 <sup>a</sup>	4,69 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>	3,85 <sup>a</sup>
<b>NH<sub>4</sub></b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	AA	21,63 <sup>a</sup>	33,38 <sup>a</sup>	25,25 <sup>a</sup>	25,50 <sup>a</sup>
	SB	31,56 <sup>b</sup>	34,81 <sup>a</sup>	21,56 <sup>a</sup>	30,50 <sup>b</sup>
	SP	28,94 <sup>ab</sup>	33,94 <sup>a</sup>	25,06 <sup>a</sup>	28,94 <sup>ab</sup>
<b>Cu</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	AA	1,14 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>	2,06 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>
	SB	1,40 <sup>b</sup>	1,29 <sup>ab</sup>	2,03 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>
	SP	1,43 <sup>b</sup>	1,44 <sup>b</sup>	2,14 <sup>a</sup>	1,23 <sup>a</sup>
<b>Fe</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	AA	60,19 <sup>a</sup>	50,37 <sup>a</sup>	80,31 <sup>a</sup>	65,97 <sup>a</sup>
	SB	90,91 <sup>b</sup>	79,58 <sup>a</sup>	101,52 <sup>a</sup>	74,75 <sup>a</sup>
	SP	90,51 <sup>b</sup>	76,48 <sup>a</sup>	81,92 <sup>a</sup>	72,06 <sup>a</sup>
<b>Zn</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	AA	1,02 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>
	SB	1,52 <sup>b</sup>	1,08 <sup>a</sup>	1,01 <sup>a</sup>	1,35 <sup>b</sup>
	SP	1,45 <sup>b</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,98 <sup>a</sup>	1,56 <sup>b</sup>
<b>Mn</b> (mg.kg <sup>-1</sup> )	AA	12,42 <sup>a</sup>	9,51 <sup>a</sup>	11,54 <sup>a</sup>	11,27 <sup>a</sup>
	SB	22,99 <sup>b</sup>	19,16 <sup>b</sup>	21,59 <sup>b</sup>	22,33 <sup>b</sup>
	SP	13,13 <sup>a</sup>	11,62 <sup>a</sup>	11,76 <sup>a</sup>	11,30 <sup>a</sup>
<b>Ca</b> (meq.100g <sup>-1</sup> )	AA	0,10 <sup>a</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	SB	0,50 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,41 <sup>b</sup>	0,31 <sup>b</sup>
	SP	0,19 <sup>ab</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,22 <sup>ab</sup>	0,15 <sup>a</sup>
<b>Mg</b> (meq.100g <sup>-1</sup> )	AA	0,30 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>
	SB	0,61 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,73 <sup>b</sup>	0,53 <sup>b</sup>
	SP	0,38 <sup>a</sup>	0,32 <sup>c</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>
<b>K</b> (meq.100g <sup>-1</sup> )	AA	0,30 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>
	SB	0,67 <sup>b</sup>	0,77 <sup>b</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,68 <sup>b</sup>
	SP	0,47 <sup>ab</sup>	0,50 <sup>ab</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,39 <sup>ab</sup>
<b>Valor S</b> (meq.100g <sup>-1</sup> )	AA	0,70 <sup>a</sup>	0,72 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>
	SB	1,77 <sup>b</sup>	1,89 <sup>b</sup>	1,85 <sup>b</sup>	1,52 <sup>b</sup>
	SP	1,04 <sup>ab</sup>	1,09 <sup>b</sup>	1,23 <sup>ab</sup>	0,84 <sup>a</sup>

Obs.: Para cada característica, letras iguais na mesma coluna indicam valores que não diferem estatisticamente entre os ambientes, pelo teste t ( $P \leq 0,05$ ).

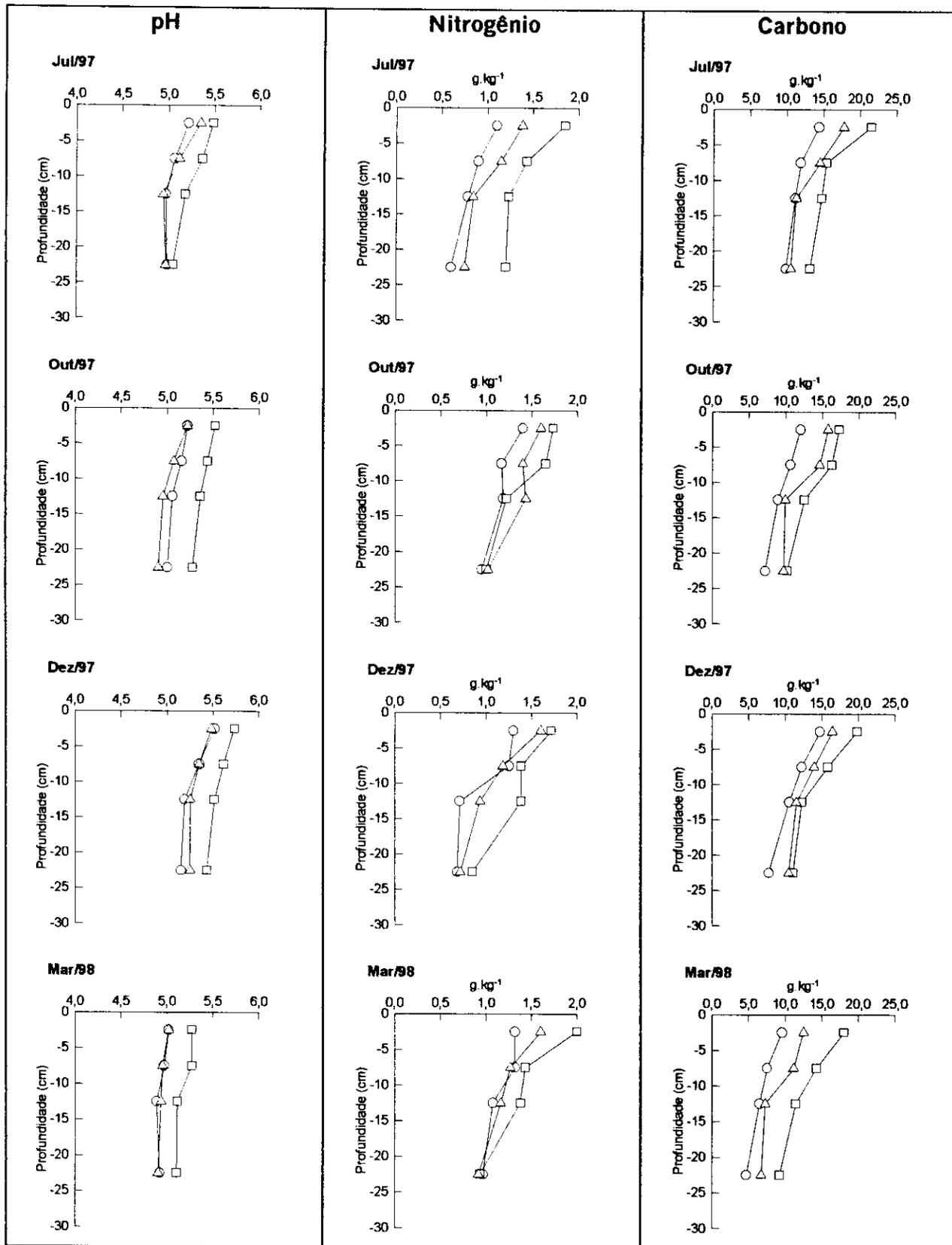
A tendência linear (p1) mostrou redução do pH com a profundidade em todos os ambientes e épocas (Apêndice 4).

A concentração de Al foi menor na profundidade de 0 - 5 cm sob a copa das árvores e áreas abertas em todas as épocas, variando de 0,25, SB a 0,54 na AA (Figura 2.1). A tendência linear (p1) foi de aumento do teor de Al com a profundidade em todas as épocas (Apêndice 4). Os teores médios (p0) de Al nos três ambientes ficaram no intervalo de 0,4 a 0,8 meq.100g<sup>-1</sup> de solo, de modo geral, registraram-se os maiores valores em julho. Não houve diferenças significativas entre a AA, e as áreas sob a copa das árvores, contudo, os teores SB foram menores que SP, em outubro, dezembro e março (período chuvoso) (Tabela 2.1). Os valores observados nos três ambientes da pastagem são considerados baixos (< 0,8 meq.100g<sup>-1</sup>), segundo Silva (1995).

A concentração de N foi mais elevada na profundidade de 0 a 5 cm, com tendência ao decréscimo (p1) com a profundidade em todas as áreas (Figura 2.1) (Apêndice 4). Os teores médios (p0) na AA variaram de 0,8 a 1,2 g.kg<sup>-1</sup>, SB, entre 1,3 e 1,5 g.kg<sup>-1</sup> e SP, entre 1,0 e 1,4 g.kg<sup>-1</sup> (Tabela 2.1). Foram encontradas diferenças significativas (P < 0,05) entre as áreas Na área SB a concentração de N foi mais elevada que na AA em julho, outubro e dezembro, na área SP foi mais elevada que na AA apenas em outubro, não diferindo nos outros meses. Em outubro registraram-se os maiores valores em todas as áreas, o aumento em relação a julho foi mais intenso na AA, cerca de 20%, posteriormente não variou entre outubro e março, sob árvores, não observou-se um padrão definido nos meses de estudo. Os valores de concentração média foram superiores ao registrado em pastagem de braquiária, como monocultura e consorciada com leguminosas, em solo Ultisol, na profundidade de 0 a 30 cm, região de mata atlântica, (0,8 g.kg<sup>-1</sup>) (Cantarutti, 1996).

Maiores valores de N sob as árvores, principalmente sob baru sugerem maior potencial de crescimento para gramíneas nestes ambientes, este fato assume importância para o cerrado onde a baixa concentração de N no solo é um dos principais problemas para a manutenção das pastagens, segundo Oliveira *et. al.* (1997).

Os teores de C orgânico decresceram com o início do período chuvoso nas três áreas (Figura 2.1). As concentrações médias (p0) de C (g.kg<sup>-1</sup> de solo) variaram de 7,1 a 11,8 na AA; 13,4 a 16,1 SB e 9,6 a 13,7 SP, diferindo significativamente (P < 0,05) entre as áreas, sendo mais elevadas sob a copa das árvores que na AA, em todos os meses exceto julho, quando SP foi similar a AA. (Tabela 2.1). A tendência linear (p1) foi de redução nos teores de carbono com a profundidade em todas as épocas e ambientes (Apêndice 4)



**Figura 2.1** - pH e concentração de N e C no solo de pastagem de *Brachiaria decumbens*, em área aberta (o), sob baru (□) e sob pequi (Δ), ao longo da profundidade de 30 cm, em quatro épocas.

Araújo, 1984, não encontrou diferenças nas concentrações de matéria orgânica observadas em solos mesotrófico e distrófico, sob cerradão, que variaram de 8,0 a 48,0 g.kg<sup>-1</sup> de solo. Lopes & Cox (1977) observaram num universo de 518 amostras de solo do cerrado um valor médio de 22 g.kg<sup>-1</sup>, apenas na área SB os teores de MO (22,8 a 27,4 g.kg<sup>-1</sup>) estão acima do valor médio encontrado por esses autores.

A relação C/N mostrou comportamento sazonal, com estreitamento da relação no início e final do período chuvoso (Figura 2.1). A tendência média dessa relação, ficou no intervalo de 6 a 13,8, dentro da faixa onde existe, potencialmente, mineralização de nutrientes no solo (Killham, 1994). As áreas diferiram significativamente ( $P < 0,05$ ) entre si, em julho a relação C/N foi mais elevada na AA que SB, ocorrendo o contrário em março, quando na área SB foi mais elevada que na AA (Tabela 2.1). Não houve diferenças significativas entre a AA e SP e entre as áreas sob a copa das árvores, em nenhuma época.

Os valores mais elevados para relação C/N no final do período chuvoso nas áreas sob as árvores em relação a AA (embora tenha diferido significativamente apenas na áreas SB, na área SP esta relação foi cerca de 25% mais elevada que na AA) sugere que nestes ambientes, ocorre maior acúmulo de C no final do período chuvoso.

A tendência linear ( $p_1$ ) mostrou diferenças entre os ambientes, na AA essa tendência foi de redução em todas as épocas, na área SB e SP, a tendência foi de aumento em julho e outubro (Apêndice 4).

Os maiores teores de C e N total observados nas áreas sob as copas devem refletir a maior quantidade de liteira produzida pelas árvores, e o seu maior conteúdo em nutrientes, além de taxas de decomposição mais lenta (Scholes & Archer, 1997), devido à redução de temperatura do solo (Ko & Reich, 1993). Além disso a biomassa de raízes, que também atuam como componente importante no aumento de C e outros nutrientes no solo, através dos processo de renovação de raízes e redução nos processos de lixiviação (Schroth, 1995).

Os teores de NO<sub>3</sub> e NH<sub>4</sub> mostram comportamento sazonal nos três ambientes, aumentando no início do período chuvoso (Figura 2.2). A tendência média ( $p_0$ ) mostrou variação na concentração de NO<sub>3</sub> entre 3,1 a 4,7 mg.kg<sup>-1</sup>. Em outubro foram registrados os maiores valores nas três áreas e, em dezembro, uma redução em todas as áreas em relação a outubro, sendo de 22% na AA, 28% SB e 30% SP. Diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) foram observadas somente em março, quando os teores na AA, foram inferiores ( $P < 0,05$ ) a área SB (Tabela 2.1). A

tendência linear (p1) foi de redução dos teores de  $\text{NO}_3$  com a profundidade em todas as áreas e épocas observadas.

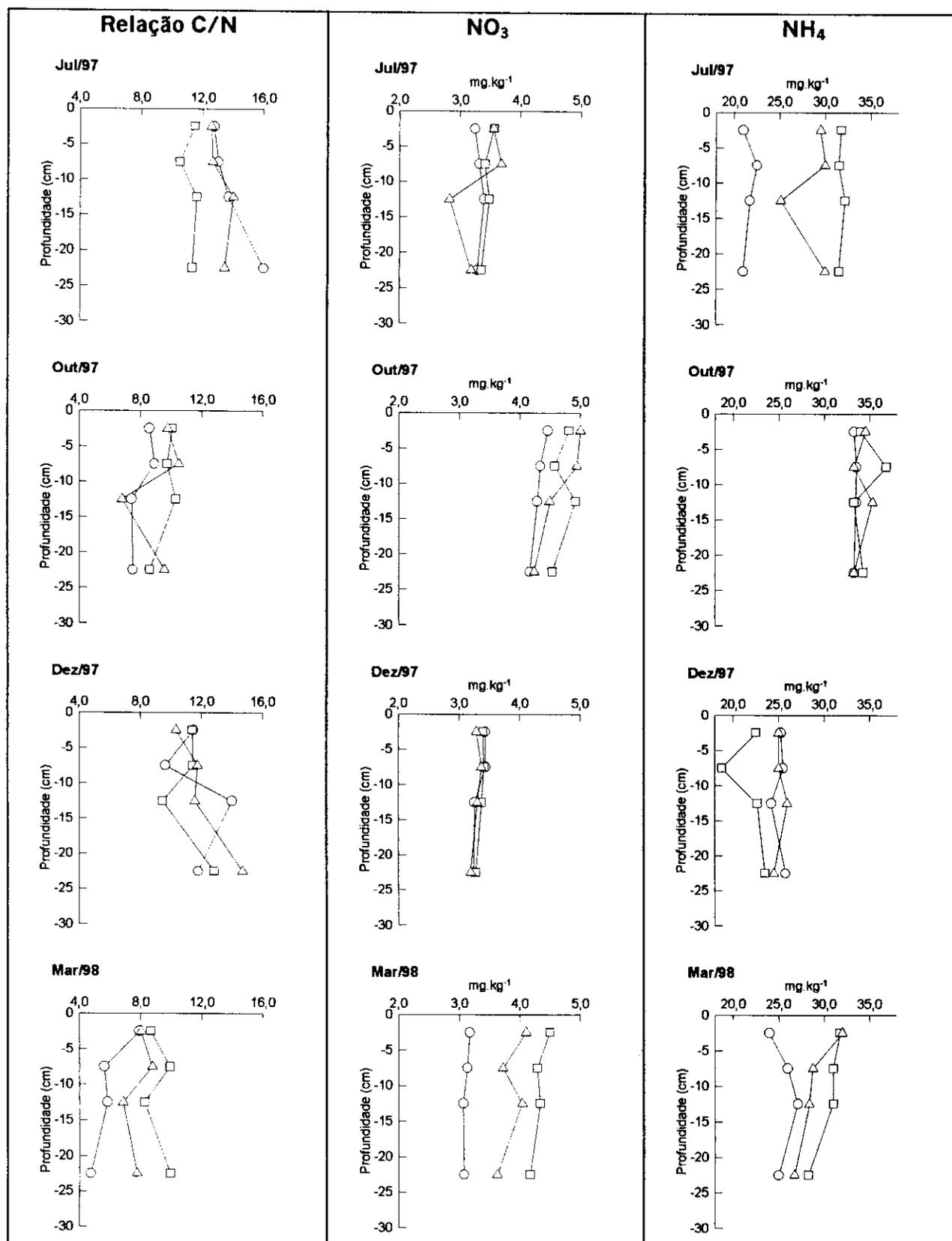


Figura 2.2 - Relação C/N e concentração  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4$  no solo de pastagem de *Brachiaria decumbens*, em área aberta (o), sob baru (□) e sob pequi (Δ), ao longo da profundidade de 30 cm, em quatro épocas.

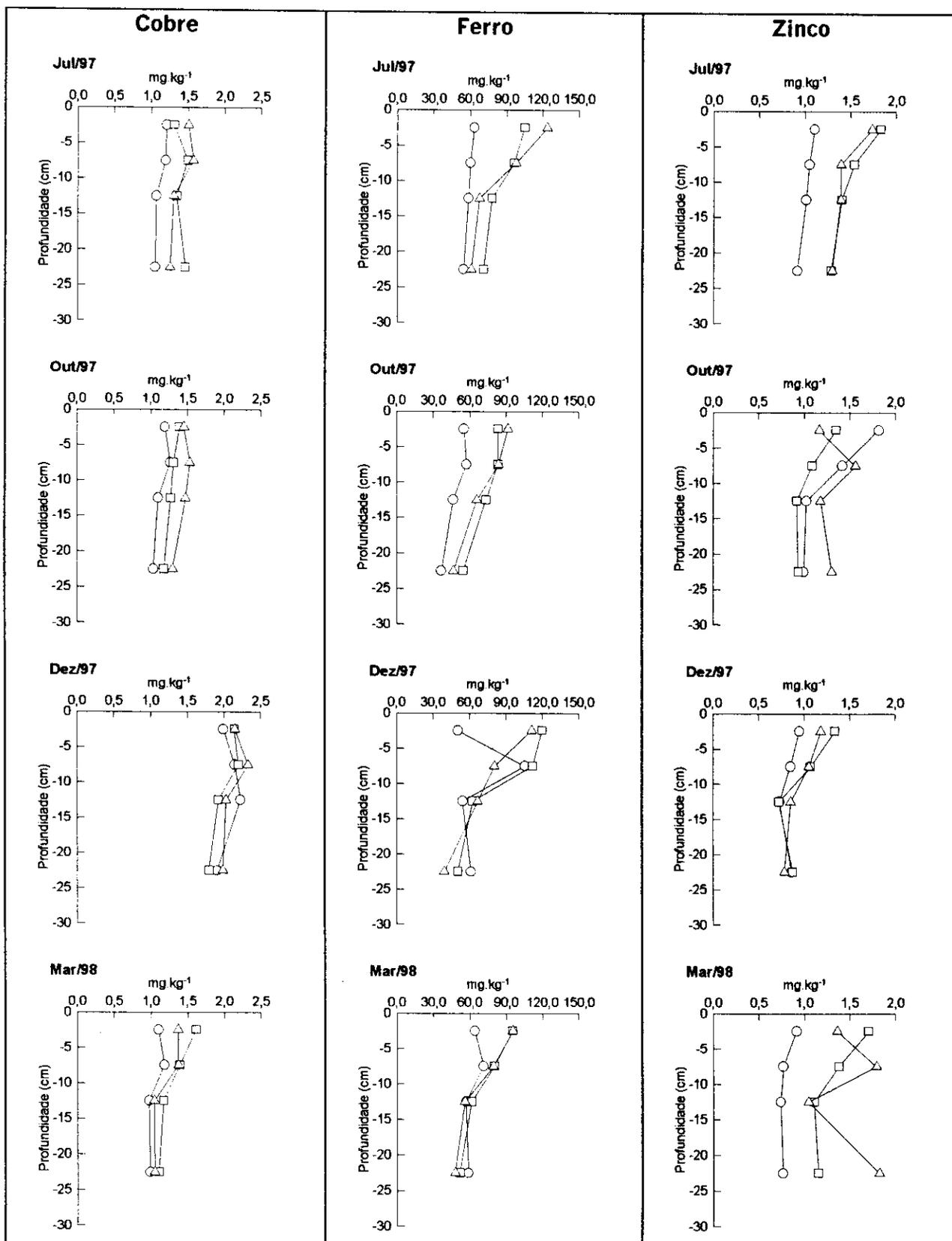
Os teores médios ( $p_0$ ) de  $\text{NH}_4$  variaram de 21,6 a 34,8  $\text{mg.kg}^{-1}$ , em outubro ocorreram os maiores valores nas três áreas, e em dezembro registrou-se diminuição dos teores de  $\text{NH}_4$  em todas as áreas em relação a outubro, sendo de 24% na AA, e cerca 38% SB e 26% SP. A análise da tendência média mostrou que SB, os valores foram superiores ( $P < 0,05$ ) a AA, em julho e março (Tabela 2.1). A tendência linear ( $p_1$ ) mostrou comportamento diferentes entre os ambientes, na AA e SB, a tendência foi de aumento com a profundidade, a exceção ocorreu em outubro na AA e em março SB. Na área SP, mediu-se aumento dos teores de  $\text{NH}_4$  com a profundidade do solo em julho e dezembro e redução em outubro e março (Apêndice 4)

Em dezembro a redução na concentração de  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4$ , pode estar associada às maiores taxas de crescimento de braquiária nas áreas sob as árvores, observadas neste mês. A similaridade entre AA e sob a copa das árvores nos teores de N-mineral, não obstante os maiores valores de N total para os solos sob árvores, sugere menores taxas de mineralização nestes ambientes.

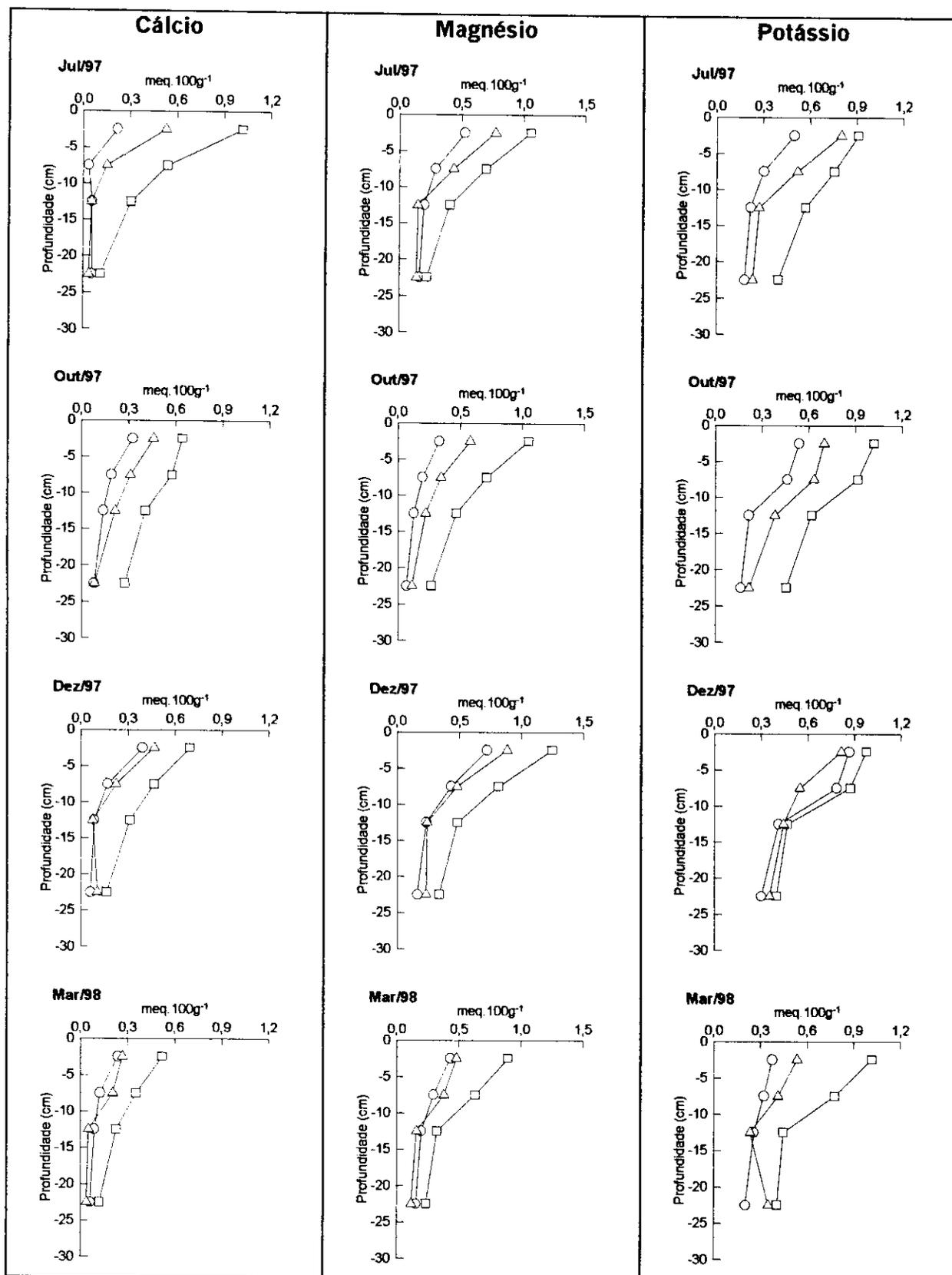
A estimativa de N-mineral no solo das pastagens, nos três ambientes, mostra valores mais elevados que os observados para pastagem pura e consorciada com leguminosa em região da mata atlântica, 0,1 a 3,0  $\text{mg.kg}^{-1}$  de  $\text{NO}_3$  e 1,5 a 15  $\text{mg.kg}^{-1}$  de  $\text{NH}_4$  (Cantarutti, 1996), e em cerrado senso restrito, onde os teores de  $\text{NO}_3$  variaram de 2,7 a 4,4  $\text{mg.kg}^{-1}$  e de  $\text{NH}_4$  próximos a 15  $\text{mg.kg}^{-1}$  na profundidade de 0 a 20 cm (Kosovits *et al.*, 1997). Valores superiores aos observados neste trabalho foram encontrados para  $\text{NO}_3$ , após o início das chuvas, em latossolo vermelho escuro sob vegetação de cerrado, na profundidade de 0 a 15 cm, cerca de 25  $\text{mg.kg}^{-1}$  (Goedert *et al.*, 1980).

Os valores de N-mineral aqui encontrados podem estar superestimados em decorrência da metodologia utilizada. A secagem do solo e desagregação, em consequência da utilização de peneira para destorroamento das amostras, induz um ruído nos resultados devido à influência do processo de secagem e ruptura dos agregados do solo no processo de mineralização (Klausner *et al.*, 1990). Entretanto, como as amostras para todos os ambientes foram submetidas a esta metodologia, as tendências apresentadas nos ambientes devem-se à especificidade de cada local.

Maiores concentrações de Cu, Fe, Zn e Mn foram medidas nas áreas sob as árvores, principalmente SB (Figuras 2.3 e 2.4). Os teores médios ( $p_0$ ) de Cu ( $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo), nos três ambientes, variaram de 1,1 a 2,1. Em julho o valor SB (1,4) foi maior ( $P < 0,05$ ) que na AA e em julho e outubro o valor SP (1,4) foi superior ( $P < 0,05$ ) a AA (1,2). As áreas sob árvores não diferiram significativamente entre si (Tabela 2.1).



**Figura 2.3** - Características químicas (concentrações de Fe, Cu e Zn) no solo de pastagem de braquiaria, em área aberta (o), sob baru (□) e sob pequi (Δ), ao longo da profundidade de 30 cm, em quatro épocas.



**Figura 2.4** - Concentrações de Ca, Mg e K no solo de pastagem de *Brachiaria decumbens*, em área aberta (o), sob baru (□) e sob pequi (Δ), ao longo da profundidade de 30 cm, em quatro épocas.

Os teores médios de Fe ( $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo) na AA (50,4 a 80,3), SB (74,7 a 101,5) e SP (72,1 a 90,5), diferiram significativamente entre as áreas em julho e outubro os teores sob as árvores foram maiores que na AA. Os teores de Mn ( $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo), na AA (9,5 a 12,4) e SP (11,3 a 13,1) foram inferiores aos da área SB (19,2 a 23,0), em todos os meses observados. Os teores médios de Zn ( $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo), sob as árvores, SP (1,0 a 1,6) e SB (1,0 a 1,5) foram mais elevados que na AA (0,8 a 1,3) em julho e março, não diferindo significativamente entre as áreas nos outros meses.

No período chuvoso foram registrados maiores concentrações de Cu, Fe e Zn na AA; Cu e Zn SB e Cu e Fe SP. No período seco, a concentração de Mn foi mais elevada na AA; Mn e Zn SB e Mn e Fe SP.

A tendência de redução com a profundidade (p1) foi predominante, para Cu, Fe, Zn e Mn, em todas as áreas e épocas. As exceções, ou seja, aumento na concentração com a profundidade, foram para o Fe, na AA e SB, Cu na área SP e Zn na AA (Apêndice 4)

Os valores de Fe na pastagem de braquiaria estão mais próximos aos observados sob cerradão em solo distrófico (15 a 180  $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo), do que em solo mesotrófico (15 a 60  $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo). Os valores de Cu estão dentro da faixa registrada para solo sob cerradão mesotrófico (1 a 3,5  $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo) e Zn e Mn numa faixa intermediária nestes dois solos. O teor de Zn no solo distrófico foi próximo a 1,0  $\text{mg.kg}^{-1}$  de solo, e no mesotrófico, entre 1,0 e 3,0  $\text{mg.kg}^{-1}$  (Araújo, 1984).

As maiores concentrações de Ca, Mg e K foram medidas nas camadas mais superficiais do solo em todos os ambientes e meses observados (Figura 2.4), a tendência linear (p1) foi de decréscimo com o aumento da profundidade (Apêndice 4). O conteúdo médio (p0) de Ca variou entre 0,10 e 0,50  $\text{meq.100g}^{-1}$  e diferiu significativamente ( $P < 0,05$ ) entre as áreas, foi mais elevado SB do que na AA, que não diferiu da área SP. As áreas sob as árvores diferiram apenas em março, quando o teor de Ca SB foi maior que SP (Tabela 2.1).

Os teores médios (p0) de Mg ( $\text{meq.100g}^{-1}$ ) variaram entre 0,2 e 0,4 na AA, 0,5 a 0,7 SB e 0,3 a 0,5 SP e diferiram significativamente entre as áreas. No período chuvoso (outubro, dezembro e março) os valores na AA foram menores que na área SB e SP em outubro. Nas áreas sob a copa das árvores, SB foi superior à área SP em julho e dezembro (Tabela 2.1).

O conteúdo médio (p0) de K variou de 0,3 a 0,8  $\text{meq.100g}^{-1}$ , na área SB, os valores foram superiores ( $P < 0,05$ ) a AA no período seco e no início e final do período chuvoso. Não houve diferenças significativas entre estes ambientes

em dezembro, quando se registraram os maiores valores de K, nem nos outros meses entre AA e SP e entre as áreas sob árvores (Tabela 2.1).

Os valores de K nos três ambientes estão dentro da faixa observada para solos mesotróficos sob cerradão: 0,1 a 0,6 meq.100g<sup>-1</sup>. Os valores de Ca, contudo, são superiores aos de solo distrófico (próximos a zero), e inferiores aos observados para solo mesotrófico (0,4 a 0,24 meq.100g<sup>-1</sup>). Isto também ocorreu com Mg, com valores próximos a zero no solo distrófico e 0,6 a 1,8 meq.100g<sup>-1</sup> no solo mesotrófico (Araújo, 1984).

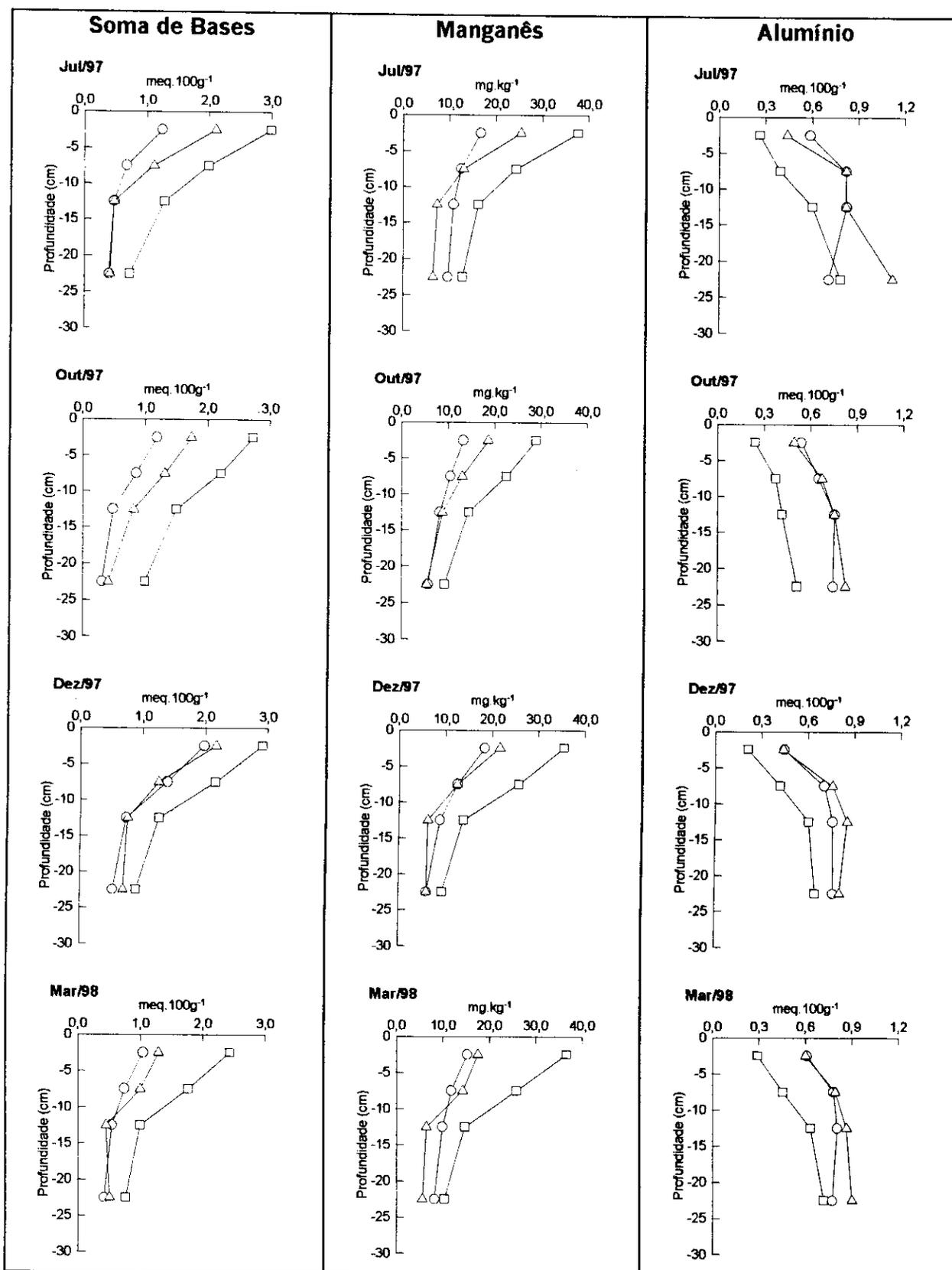
Os valores para soma de bases nos três ambientes (0,7 a 1,9 meq.100g<sup>-1</sup> de solo) foram baixos (Figura 2.5). A maior contribuição para o total de bases deveu-se a Mg e K, enquanto Ca foi o elemento de menores níveis.

A tendência média das bases nos ambientes seguiu a dos cátions, onde o solo SB, de modo geral, apresentou valores mais elevados que na AA. Na área SP os valores foram maiores que na AA apenas em outubro, não diferindo significativamente nas outras épocas. As áreas sob as árvores só diferiram em março quando SB foi maior que SP. Em todas as épocas registrou-se redução da concentração de bases com a profundidade (Apêndice 4b). Em outubro e dezembro registraram-se os maiores valores para a soma de bases em todos os ambientes (Figura 2.5), e esta flutuação pode ser atribuída à decomposição da liteira acumulada, liberando nutrientes para o solo. A maior disponibilidade de bases e outros nutrientes sob a copa de árvores provavelmente está associada à lixiviação das folhas, que ocorre durante o período chuvoso, e à entrada de nutrientes da atmosfera através de chuvas e poeira (Szott *et al.*, 1991) (Figura 2.5).

No cerrado senso restrito foi observado que os teores de K, Ca e Mg foram superiores na precipitação pluviométrica sob a copa de árvores e arbustos, do que acima desse estrato, representando respectivamente um aumento de 52,3%, 24,4% e 37,7% (Silva, 1983).

De modo geral, em todas as épocas diferenças na redução dos elementos no solo com a profundidade mostrou que SB foi sempre maior que a AA. Estes resultados demonstram que no ambiente onde registraram-se maiores teores de nutrientes, neste caso SB, estes concentraram-se nas camadas mais superficiais do solo.

Diversos autores observaram em savanas protegidas um maior acúmulo de N, MO, Ca, Mg e K no solo sob árvores em relação ao solo sob gramíneas (Garcia-Miragaya, *et al.*, 1994; Kellman, 1979; Isichei & Muoghalu, 1992), o que concorda com os resultados obtidos neste trabalho. A maior concentração de matéria orgânica em solos ácidos aumenta o pH e reduz a disponibilidade de Al pela forma-

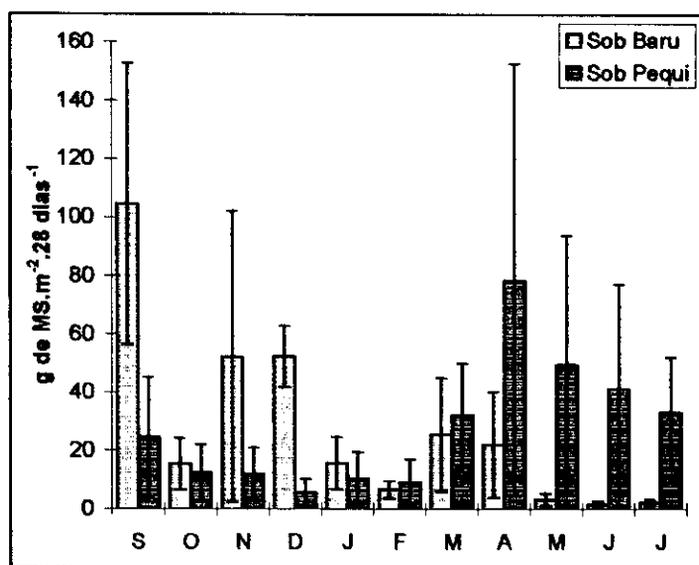


**Figura 2.5** - Soma de bases e concentrações de Mn e Al no solo de pastagem de braquiaria, em área aberta (o), sob barú (□) e sob pequi (Δ), ao longo da profundidade de 30 cm, em quatro épocas.

ção de complexos estáveis. Valores mais elevados de pH, influenciam a atividade microbiana e conseqüentemente a liberação de nutrientes para as plantas (Stenvenson, 1982).

Diferenças entre espécies arbóreas, no processo de enriquecimento do solo sob árvores, também foram observadas por Garcia-Miragaya, *et al.*(1994). Os autores observaram que o solo sob as espécies sempreverdes mostraram maiores valores de MO, K e Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

Embora o baru e o pequi, sejam espécies caducifólias, apresentam diferentes épocas de queda da liteira que também pode ter sido um fator de diferenciação entre o solo de AA e sob copa de árvores, e também entre as espécies. Na Figura 2.6 observam-se os valores médios mensais de rendimento em matéria seca no período de setembro/97 a julho/98, para a liteira de baru e pequi.



**Figura 2.6** - Deposição de liteira de baru e de pequi, em solo de pastagem de *Brachiaria decumbens*, entre Setembro/97 e Julho/98.

As duas espécies mostraram-se caducifólias: o baru no final do período seco e o pequi no período seco, com valores totais bastante similares entre as espécies (301,76 g.m<sup>2</sup> de MS para o baru e 309,28 g.m<sup>2</sup> para o pequi), no período de onze meses. A floração do pequi começou em julho e a do baru, em outubro.

A concentração de nutrientes também foi similar na liteira das árvores, exceto para Ca e P, onde os teores observados na liteira do baru foram cerca de 36% e 31%, respectivamente, mais elevados do que na liteira do pequi (Tabela 2.2).

**Tabela 2.2** - Concentração média de nutrientes em liteira de baru e pequi

	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Al (mg/kg)</b>
<b>baru</b>	1,16	0,11	0,68	0,48	0,21	226,6
<b>pequi</b>	1,06	0,07	0,48	0,47	0,20	262,5

Embora seja pequena a variação no rendimento e na composição química da liteira das árvores, as épocas de queda de liteira foram bastante diversas. Enquanto no pequi ocorreu entre março e agosto, basicamente no período seco, no baru cerca de 33% da deposição ocorreu entre julho e setembro (folhas) e cerca de 31% em novembro e dezembro (material reprodutivo).

Ocorrendo no período chuvoso, a queda de liteira permite maiores taxas de decomposição, uma vez que a disponibilidade de umidade no solo é um fator determinante nos processos de mineralização (Silva & Resck, 1998). Outro aspecto é a ausência do fogo nesta época, enquanto a liteira do pequi está exposta a queima. Estudos mostram, após a queima da biomassa do cerrado, perdas de cerca de 95% de N, 51% de P, 44% do K; 52% de Ca; 42% do Mg e 59% do S (Pivello & Coutinho, 1992). Isto implica num empobrecimento do sistema, embora ocorra um aumento imediato destes nutrientes no solo. Ressalte-se que na área deste estudo desde que a pastagem foi implantada em 1990, houve freqüente ocorrência de fogo.

Outro aspecto que pode influenciar o maior enriquecimento do solo sob as árvores é a deposição de fezes. Este comportamento já foi observado em pastagens onde ocorre a presença de árvores isoladas, com relação ao aumento de P e do pH (Ko & Reich, 1993) No presente trabalho as maiores diferenças ocorreram entre AA e SB, a área SP geralmente não diferiu da AA (pH e Soma de bases). Uma vez que ambas as espécies arbóreas utilizadas neste trabalho, possuem características que induzem a presença dos animais, tais como, produção de frutos comestíveis (Pott, 1988) e sombra, em ambas as espécies deveria ocorrer deposição semelhante de fezes. Portanto, maior fertilidade SB não é atribuída a presença dos bovinos.

Os teores mais elevados de bases e menores valores de pH e de Al no solo SB, em relação a SP, possivelmente refletem a tendência para valores de C mais elevados naquele ambiente, embora apenas em março esta diferença tenha sido significativa. Também a qualidade da sua liteira, que mostrou maiores valores de P e Ca (Tabela 2.2). Além dos teores de nutrientes minerais, a concentração de lignina na liteira, elemento não analisados no presente trabalho pode estar influenciando a decomposição da liteira promovendo diferenças entre as áreas sob as árvores.

Entre outros fatores, a concentração de nutrientes no solo é influenciada pela absorção através das raízes das plantas. A associação da braquiária com baru e pequi não apresentou tendência de decréscimo na concentração de nutrientes no solo, em relação a AA. Aparentemente a presença das árvores não reduziu a disponibilidade de nutrientes para a vegetação herbácea.

Por outro lado, em cerrado denso, com maior ocorrência de lenhosas, foi observada elevada concentração de raízes finas, na profundidade de até 20 cm (Castro, 1996). Nessa profundidade, onde também ocorre a maior concentração de raízes das gramíneas, a co-ocorrência pode ser indicativo de competição entre estes dois estratos. No entanto, a não redução observada sugere uma associação que induz a exploração de diferentes nichos pelos dois estratos.

Em sistemas silvipastoris, região de clima temperado, a associação de gramíneas com lenhosas proporciona aumento da biomassa radicular e crescimento vertical das raízes das árvores (Anderson & Sinclair, 1993).

A quantidade N e C decresceram com a profundidade do solo. Os primeiros 10 cm de perfil contem cerca de 40%; 49% e 48% do total de N na AA, SB e SP, respectivamente. Quanto ao C, cerca de 47% na AA e 48% sob as árvores (Tabela 2.3). Valores medidos em março/98. Os valores médios ( $p_0$ ) de N na área SB foram mais elevados ( $P < 0,05$ ) do que na AA e SP. Os valores médios de C diferiram significativamente entre as três áreas na seguinte ordem SB: ( $1075 \text{ g.m}^{-2}$ ) > SP ( $783 \text{ g.m}^{-2}$ ) > AA ( $535,2 \text{ g.m}^{-2}$ ).

A maior quantidade de N sob as árvores funciona como reservatório de lenta decomposição (na maioria das épocas não houve diferenças no teor de N-mineral entre as áreas), reduzindo as perdas deste nutriente do agroecossistema, através de lixiviação e/ou desnitrificação (Jackson *et al.*, 1990). O maior acúmulo de C sugere menores taxas de reciclagem da MO, conseqüentemente com menores perdas de nutrientes. Maiores taxas de decomposição da matéria orgânica ocorrem geralmente quando a vegetação é removida (Silva & Resck, 1997). Considerando que no ecossistema Cerrado a maior quantidade de C está no solo (segundo Castro, 1996, entre 95% e 98% do C no Cerrado s.l. está nos primeiros 10 cm do solo), as pastagens como monoculturas de gramíneas, como descritas no presente trabalho, contribui para perdas de C do ecossistema. O maior acúmulo de C e N sob as árvores é um argumento para manutenção das árvores na pastagem, uma vez que estes maiores valores devem-se à presença da árvore, ou seja, a retirada da vegetação promove o decréscimo da quantidade destes elementos no solo.

**Tabela 2.3** - Quantidades médias de C e N ( $\text{g.m}^{-2}$ ) em solo de pastagem de *Brachiaria decumbens*, nos três ambientes (área aberta, sob baru e sob pequi), em diferentes profundidades.

	Prof.	Área Aberta	Sob Baru	Sob Pequi
<b>Nitrogênio</b> ( $\text{g.m}^{-2}$ )	<b>0 a 5 cm</b>	76,4 ± 34,1	132,3 ± 23,9	101,6 ± 21,3
	<b>5 a 10 cm</b>	76,4 ± 12,4	91,0 ± 12,5	80,4 ± 12,5
	<b>10 a 15 cm</b>	62,9 ± 5,7	74,3 ± 9,0	67,1 ± 14,8
	<b>15 a 30 cm</b>	161,0 ± 37,5	161,0 ± 33,9	158,1 ± 33,5
	<b>Total</b>	376,7	458,6	407,2
	<b>Média</b>	<b>94,2<sup>a</sup></b>	<b>114,7<sup>b</sup></b>	<b>101,8<sup>a</sup></b>
<b>Carbono</b> ( $\text{g.m}^{-2}$ )	<b>0 a 5 cm</b>	557,2 ± 87,2	1147,6 ± 142,3	798,8 ± 178,0
	<b>5 a 10 cm</b>	437,8 ± 118,0	907,9 ± 111,6	711,6 ± 115,8
	<b>10 a 15 cm</b>	368,2 ± 98,5	652,8 ± 19,6	465,0 ± 4,4
	<b>15 a 30 cm</b>	777,5 ± 273,2	1591,6 ± 144,1	1156,4 ± 202,5
	<b>Total</b>	2140,7	4299,9	3131,8
	<b>Média</b>	<b>535,2<sup>a</sup></b>	<b>1075,0<sup>b</sup></b>	<b>783,0<sup>c</sup></b>

Obs.: Média ± desvio padrão. Letras iguais na mesma linha para valores que não diferem pelo teste t a 5% de probabilidade.

## Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que em pastagem de *Brachiaria decumbens*, consorciada com baru e pequi, o solo sob a copa destas árvores apresenta melhores níveis de fertilidade do que nas áreas abertas. Nas áreas sob a copa de baru, na maioria dos meses observados, os níveis de fertilidade são melhores que nas áreas sob a copa do pequi. A evidência são os valores de pH, N, carbono orgânico e soma de bases, observados em épocas seca e chuvosa.

A liteira das árvores contribui para maior fertilidade das áreas nestes ambientes. A diferença na fertilidade do solo nas áreas sob baru e sob pequi, deve estar associada a diferença na qualidade e época de queda da liteira do baru.

A presença de baru e pequi nas pastagens de *B. decumbens* possibilita a existência de áreas que funcionam como reservatório de C, evidenciado pelos maiores quantidades de C no solo sob a copa das árvores

## Referências bibliográficas

- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; NOVELLY, P. E., 1986. Produção de gramíneas tropicais e temperadas irrigadas na época seca. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, 15: 384-392.
- ANDERSON, L. S.; SINCLAIR, F. L., 1993. Ecological interactions in agroforestry systems . *Agroforestry Abstracts*, 6: 57- 91.
- ARAÚJO, G. M., 1984. Comparação do estado Nutricional de Dois Cerradões em Solos Distrófico e Mesotrófico no Planalto Central do Brasil. Universidade de Brasília. 130p. (Dissertação M.S.).
- BELSKY, A. J; CANHAM, C. D., 1994. Forest gaps and isolated savanna trees. *Bioscience*, 44: 77-84.
- CANTARUTTI, R. B., 1996. Dinâmica de Nitrogênio em Pastagens de *Brachiaria humidicola* em Monocultivo e Consorciada com *Desmodium ovalifolium* Cv. Itabela no Sul da Bahia. Universidade Federal de Viçosa. 83p. (Tese D.S.).
- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; ALMEIDA, D. S.; VILLAÇA, H. A., 1994. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição mineral da forragem em pastagens de braquiária .*Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 23: 709-718.
- CASTRO, E., 1996. Biomass, Nutrient and Response to Fire in the Brazilian Cerrado. Oregon State University. 118p. ( Dissertação M.S.)
- COLWELL, J. D.; MORTON, R., 1984. Development and evaluation of general or transfer models of relationships between wheat yields and fertilizer rates in southern Australia. *Aust. J. Soil Res.*, 22: 191-205.
- CONSTANTINO, R., 1988. Influência da Macrofauna na Dinâmica de Nutrientes no Folhedo. Brasília, DF. Universidade de Brasília, 68p. (Dissertação .M.S).
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979. Manual de Métodos de Análise de Solos. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. 1994. Chuva no Cerrado: Análise e Espacialização In: ASSAD, E.D.(coord.). Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado. Brasília .EMBRAPA/CPAC, 423 pp.
- FARIA, S. M.; LEWIS, G. P.; SPRENT, J. I.; SUTHERLAND, J. M., 1989. Ocurrance of nodulation in the leguminosae. *New Phytology*, 11: 607-619.
- FERRIER, R. C.; ALEXANDER, I. J., 1991. Internal redistribution of N in Stika Spruce seedlings with partly droughted root systems. *Forage Science*, 37: 860- 870.
- GARCIA - MIRAGAYA J.; FLORES, S.; CHACON, N., 1994. Soil chemical properties under individual evergreen and deciduous trees in a protected Venezuelan savanna. *Acta Oecol.*, 15: 477- 484.
- GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; Wagner, E., 1980. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. *Pesq. agropec .bras*, 15: 1-17.
- GIRALDO, V. L. A.; BOTERO, J.; SALDARRIEGA, J.; DAVID, P., 1995. Efecto de tres densidad de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural, en la región atlántica de Colombia. *Agroforestería en Las Américas*, 8: 14-19.
- ISICHEI, A. O.; MUOGHALU, J. I., 1992. The effects of tree canopy cover on soil fertility in a Nigerian savanna. *Journ. of Tropical Ecology*, 8: 329-338.

- JACKSON, L. E.; STRAUSS, R. B.; FIRESTONE, M. K.; BARTOLOME, J. W., 1990. Influence of tree canopies on grassland productivity and nitrogen dynamics in deciduous oak savanna. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 32: 89-105.
- KELLMAN, M., 1979. Soil enrichment by neotropical savanna trees. *Journal of Ecology*, 67: 565-577.
- KIEHL, E. J., 1979. *Manual de Edafologia : Relações solo - planta*. São Paulo. Ceres. 262 p.
- KILLHAM, K., 1995. *Soil Ecology*. Cambridge. Cambridge University Press. 242p.
- KLAUSNER, S. D.; SUHET, A.R.; DUXBURY, J. M., 1990. Estimating nitrogen mineralization in a Cerrado Dark - Red Latosol, by laboratory incubation, and the effect of sample disturbance. *Pesq. agropec. bras.*, 25: 617-623.
- KO, L. J.; REICH, P.B., 1993. Oak tree effects on soil and herbaceous vegetation in savannas and pastures in Wisconsin. *Am. Midl. Nat.* 130: 32- 42.
- KOZOVITS, A. R., 1997. *Assimilação de Nitrogênio em Espécies Lenhosas de Cerrado*. Brasília, DF, Universidade de Brasília. 47 pp. (Dissertação M.S.).
- LOPES, A. S.; COX, F. R., 1977. Fertility status of soils under "Cerrado" in Brazil. *Soil Sci. Am. J.*, 41: 742 - 747.
- MEIER, M., 1990. Nitratbestimmung in Boden-proben (N<sub>min</sub>-Methode). *Git Fachz. Lab.* 34: 244-247.
- OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; CADISH, G.; MIRANDA, C. H. B.; VILELA, L.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S., 1997. A baixa disponibilidade de nutrientes do solo como uma causa potencial da degradação de pastagens no cerrado brasileiro. In: *Anais do III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas - SINRAD*, Ouro Preto. pp. 110-117.
- PALM, C. A., 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems*, 30: 105-124.
- PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M., 1992. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). *Journal of Tropical Ecology*, :487- 497.
- POTT, A., 1988. Forrageiras não gramíneas dos cerrados e campos do pantanal Mato - Grossense. In: *Anais do VI Simpósio Sobre o Cerrado - Savanas; Alimento e Energia*. EMBRAPA . Planaltina. pp. 381-388.
- PRODIAT - Projeto de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Araguaia e Tocantins, 1983. *Descrição e Caracterização da área*. Ministério do Interior - Organização dos Estados Americanos. 129p.
- RHOADES, C. C., 1997. Single- tree influences on soil properties in agroforestry: lessons from natural forest and savanna ecosystems. *Agroforestry Systems*, 35 : 71-94,
- RIBEIRO, J. F. ; WALTER, B. M. T., 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado In: SANO, S. M & ALMEIDA, S. P. (Eds.) *Cerrado: Ambiente e Flora*. EMBRAPA - CPAC. pp: 89 - 166.
- SCHROTH, G., 1995. Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry. *Agroforestry Systems*, 30: 125-143.
- SCHOLES, R. J.; ARCHER, S. R., 1997. Tree-Grazing interactions in savannas. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 28: 517-544.

- SILVA, D. J., 1990. Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos. Viçosa: Imp. Universitária. 165p.
- SILVA, I. S., 1983. Alguns Aspectos da Ciclagem de Nutrientes em uma Área de Cerrado (Brasília, DF): Chuva, Produção e Decomposição de Liter. Universidade de Brasília. 87p. (Dissertação M.S.).
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S., 1997. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T. e HUNGRIA, M (eds) Biologia dos Solos do Cerrado. Planaltina . EMBRAPA - CPAC. pp:465 - 524.
- SILVA, L. F., 1995. Solos Tropicais. Aspectos Pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo. Terra Brasilis. 137p.
- STEVENSON, F. J., 1982. Humus chemistry: genesis, composition and reactions. New York: John Wiley, 443p.
- SZOTT, L. T.; FERNANDES, E. C. M.; SANCHEZ, P. A., 1991. Soil-plant interactions in agroforestry Systems. Forest Ecology and Management, 45: 127-152.
- TIEDMANN, A. R.; KLEMMEDSON, J. O., 1977. Effect of mesquite trees on vegetation and soils in the desert grassland. Journ. Range Management., 30: 361-367.
- TOMLINSON, H.; TEKLEHAIMANOT, Z.; TRAORÉ, A.; OLAPADE, E., 1995. Soil ameloration and root symbiose of *Parkia biglobosa* (Jacq.)Benth.in West African. Agroforestry Systems, 30: 145-159.
- YOUNG, A., 1989. Agroforestry for soil conservation. Science and Practice of Agroforestry, 4. ICRAF.

## Capítulo 3

### **Rendimento de matéria seca e concentração de nutrientes em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf, em três ambientes: área aberta, sob a copa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) e sob a copa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).**

#### **Resumo**

O rendimento em matéria seca (MS), a concentração de nutrientes e o conteúdo da parede celular em pastagem de *Brachiaria decumbens*, foram comparados sob a copa de baru (*Dipteryx alata*), de pequi (*Caryocar brasiliense*) e em área aberta, no período de outubro/97 a abril/98. A pastagem localizada em Goiás (15° 19' S e 47° 25' W), sob o domínio do ecossistema cerrado, foi estabelecida em 1990, e manejada sob pastejo contínuo, não sendo corrigida para acidez do solo nem adubada. O rendimento de matéria seca no período variou de 48,0 a 59,0 g.m<sup>-2</sup>, não diferindo significativamente entre as áreas. Na avaliação por cortes, os maiores rendimentos nas áreas sob árvores ocorreram em dezembro (105,0 g.m<sup>-2</sup>, sob baru e 66,2 g.m<sup>-2</sup>, sob pequi) e em março na área aberta (64,9 g.m<sup>-2</sup>). As duas espécies tiveram efeitos diferentes sobre a qualidade da forragem: as concentrações de N, Mg, K e Zn foram mais elevadas sob baru do que na área aberta, enquanto sob pequi os maiores valores foram de N e K. Os teores de Mg e Zn na forragem diferiram entre as áreas sob a copa de baru e de pequi, sendo mais elevadas na primeira área. Os teores de P, Ca, Mn, e Cu não diferiram entre as áreas, assim como o teor de FDN (fibra detergente neutro). A associação do rendimento de MS e a concentração de nutrientes mostrou que o conteúdo total de nutrientes na forragem foi mais elevado sob a copa de baru que nas outras áreas. A exceção foi o N cujo conteúdo foi similar nas áreas sob as árvores, e maiores do que na área aberta. Embora não tenha aumentado o

rendimento da forragem, a presença de árvores, principalmente baru, aumentou o conteúdo de nutrientes em pastagem de braquiaria.

## Abstract

Dry matter production and concentration of nutrients in pasture of *Brachiaria decumbens* were measured in three environments (under the canopy of *Dipteryx alata* (baru), and of *Caryocar brasiliense* (pequi) and in open area). The study was conducted during the growing season (October/97 till April/98), in a pasture located in Goiás (15° 19' S and 47° 25' W), sown in 1990 and utilized for continuous grazing. Lime and fertilizers were not applied during the establishment of the pasture or since its formation. The estimated mean dry matter production from five cuttings at 42-day intervals was 49,5 g/m<sup>2</sup> in open areas, 59,6 g/m<sup>2</sup> under baru and 48,8 g/m<sup>2</sup> under pequi. N, Mg, K and Zn in the forage below the trees of baru and N and K below the trees of pequi were higher than in open areas. Mg and Zn in the forage differed among the two tree species and were higher under the canopy of baru. The concentrations of P, Ca, Mn and Cu and the amount of FDN did not differ among the areas studied. The presence of the trees did not increase the dry matter production of *B. decumbens* but had a beneficial effect on the quality of the forage.

## Introdução

Na formação de pastagens cultivadas no cerrado, tem sido utilizado o modelo de derrubada de árvores e implantação de gramíneas exóticas como monocultura, preservando-se apenas alguns indivíduos para fornecimento de sombra aos animais.

Resultados de pesquisas em outros ecossistemas indicam que as árvores associadas a pastagens podem contribuir com outros aspectos, além do fornecimento de sombra para os animais, tais como a melhoria ou a manutenção das condições de fertilidade do solo sob a sua copa, o fornecimento de pasto de melhor qualidade e, ainda, a produção de frutos, aumentando as saídas e diversificando os sistemas de produção (Belsky, 1992; Silva, 1994; Carvalho *et al.*, 1994; Giraldo *et al.*, 1995; Wandelli *et al.*, 1997).

A escolha das árvores e de espécies de gramíneas será um fator importante na utilização ótima dos recursos potencialmente importantes ao crescimento dos 2 estratos, como água, luz e nutrientes (Eason, 1991).

No início do crescimento, as árvores não exercem influência sobre a pastagem. Contudo, quando as árvores tornam-se adultas, densidades elevadas podem reduzir substancialmente o rendimento da pastagem. Cameron *et al.* (1989) observaram que nos bosques de *Eucalyptus grandis*, com 3,5 anos de idade e densidade de até 305 indivíduos por hectare, a pastagem de *Setaria sphacelata* não reduziu sua produção, porém declinou drasticamente com o aumento de indivíduos, sendo a competição por água um dos fatores limitantes à produção de pasto.

Diferenças no rendimento de matéria seca (MS) sob sombreamento, entre espécies de gramíneas tropicais, foram observadas por diversos autores, gerando um índice de classificação de alta, média e baixa tolerância (Carvalho, 1997). No Brasil, experimentos comparativos entre espécies de gramíneas sombreadas artificialmente mostraram que *Panicum maximum*, *Melinis minutiflora* e *Setaria sphacelata* aumentam a produção de MS entre 0 e 30% de sombreamento, enquanto *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* e *Andropogon gayanus* têm máximo rendimento a pleno sol (Castro, 1996).

Aumento de rendimento de MS em *P. maximum* e *Paspalum notatum*, gramíneas com média tolerância à sombra, é registrado por diversos autores. Wilson *et al.* (1990) observaram que o rendimento de MS acumulada em *P. notatum* é 35% mais elevado sob a sombra de árvore. Em sombreamento artificial,

com 37% de luz disponível, *P. maximum* apresenta rendimento de MS superior à área sob pleno sol (Wilson *et al.*, 1986).

Considerando que na maioria dos sistemas silvipastoris não se aplica poda nas árvores, aspectos como a arquitetura da copa, a qualidade e épocas de queda da liteira devem ser observados na escolha da espécie arbórea a ser mantida ou introduzida na pastagem (Eason, 1991; Kabakoff & Chazdon, 1996).

Em sistemas silvipastoris, onde as árvores são dispersas, o sombreamento pelo dossel pode ser menos sufocante que o causado pela liteira. Cobertura de até 33% da pastagem pela liteira não influencia o rendimento de MS, contudo valores superiores provocam o abafamento, reduzindo substancialmente o rendimento do pasto (Eason, 1991).

Além da luminosidade disponível, fatores como umidade e disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente N, podem influenciar o rendimento de gramíneas. Segundo Ericksen & Whitney (1981), a maior disponibilidade de N no solo reduz o rendimento de MS em gramíneas sombreadas, contudo em situação de menor disponibilidade o efeito é inverso, com aumento do rendimento de MS.

No Brasil, em solo podzólico não adubado, o rendimento de *B. decumbens* não difere entre as condições de pleno sol e sob a copa de árvores nativas da mata atlântica (Carvalho, *et al.* 1994). Por outro lado, em pastagem de *B. decumbens* em latossolo vermelho amarelo adubado, sob bosque de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.), com luminosidade de 30 a 40%, o rendimento de MS foi 33% do rendimento à plena luz (Carvalho *et al.*, 1995). Esses autores consideram que a disponibilidade de luz pode não ser o único recurso pelo qual esteja havendo competição entre os dois estratos.

A persistência sob condições de sombreamento está associada ao comportamento após o corte ou pastejo. Espécies que investem em reservas na base do caule, sob sombreamento, embora reduzam o teor de reservas, preservam níveis suficientes para suportar o rebrote após o corte (Wong & Stur, 1995).

Uma maior disponibilidade de umidade no solo, sob a copa de árvores, pode influenciar o rendimento da gramínea neste ambiente em relação à luz plena, devido à redução na temperatura do solo, e ao aumento do período de suprimento de água em níveis adequados para as plantas (Eastham, *et al.* 1990; Wilson *et al.*, 1990).

Outro aspecto diferencial para gramíneas que crescem sob sombreamento é a concentração de nutrientes em seus tecidos (Ericksen & Whitney, 1981; Wilson *et al.*, 1986; Wilson *et al.*, 1990; Carvalho *et al.*, 1995; Castro, 1996).

Um maior consumo de N pelas gramíneas sombreadas foi a hipótese de Wilson *et al.* (1986), ao observarem o dobro de quantidade de N em pastagens sombreadas, em relação às áreas abertas.

Em experimento com gramíneas sob irrigação o rendimento de MS foi reduzido com sombreamento nos 2 níveis de adubação nitrogenada (0 e 200 kg.ha<sup>-1</sup>). Contudo, os teores de N nos tecidos da gramínea não diferiram entre as parcelas adubadas e não adubadas, mas foram ligeiramente superiores nas parcelas sob média e baixa luminosidade, assim como a eficiência do uso de radiação foi significativamente mais elevada nas parcelas sombreadas, para os 2 níveis de adubação (Cruz, 1996).

No sombreamento, de modo geral, ocorre diminuição no teor de fibras da parede celular, exceto lignina. O aumento da lignina reduz a digestibilidade *in vitro* da MS das gramíneas (Belsky, 1992; Castro, 1996). Por outro lado, Somarakoon *et al.* (1990) observaram um aumento crescente na digestibilidade *in vitro* da MS, com sombreamento de 0 a 68%.

O presente capítulo tem como objetivo avaliar o rendimento em MS, composição química e acúmulo de nutrientes na parte aérea, em pastagem de *B. decumbens*, em área aberta e sob a copa de baru e de pequi.

## Material e métodos

Esta pesquisa foi realizada em área de pastagem de *Brachiaria decumbens* associada a árvores de espécies nativas, localizada numa fazenda particular no município de Formosa, GO ( 15° 19' S e 47° 25' W). A área está sob o domínio de ecossistema cerrado, a vegetação local pode ser classificada como cerradão, de acordo com Ribeiro & Walter(1998), o clima local é Aw, segundo classificação de Köppen, durante os últimos 30 anos a temperatura média anual foi 23 °C, e a média anual da precipitação pluviométrica foi de 1.140 mm, com a duração da estação seca variando entre 4 e 7 meses (PRODIAT, 1983; EMBRAPA, 1994). O solo classificado como latossolo vermelho escuro, argiloso (> 500 g de argila.kg<sup>-1</sup>) nos 30 cm superficiais, com as seguintes características químicas: Al, 0,23; Ca, 0,2; Mg, 0,3; K, 0,7 meq. 100g<sup>-1</sup>; P disponível, 1,4 mg.kg<sup>-1</sup>; C, 9,2 g. kg<sup>-1</sup>; N, 0,7 g. kg<sup>-1</sup>; C/N, 13 e pH em H<sub>2</sub>O, 5,3. A descrição do perfil encontra-se no Apêndice 1.

Na propriedade são criados bovinos da raça Nelore em pastagens estabelecidas por volta de 1990, após desmatamento. No estabelecimento,

e no manejo subsequente, não foram realizadas correções de solo. De modo geral, a cada ano os pastos são "limpos" mecanicamente para controle da vegetação lenhosa. As espécies arbóreas presentes na pastagem foram preservadas por ocasião do desmatamento. Daí não haver, neste consórcio, uma definição de espaçamento sistemático entre as árvores, o que promove grande variabilidade da distância entre elas. Atualmente, na época de limpeza do pasto, não são preservados indivíduos lenhosos jovens de nenhuma espécie nativa.

Neste trabalho utilizou-se baru (*Dipteryx alata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*), na escolha destas espécies foi observada a sua importância como fornecedoras de frutos e/ou madeira de boa qualidade. Foram selecionados doze indivíduos adultos, remanescentes da época de formação da pastagem, sendo seis de cada uma das espécies. A distância mínima entre as árvores experimentais, variou de 12,3 a 25,4m para baru e de 14,0 a 31,0m para pequi. A altura e diâmetro da copa variou de 8,2 a 14,2m e 8,2 a 11,0m para baru; 6,6 a 11,2m e 8,9 a 14,5m para pequi. Maiores detalhes sobre o local do trabalho e árvores utilizadas, estão descritos no Capítulo 1.

Para a coleta de amostras foi selecionada uma área que permitisse a observação de árvores associadas a pastagem, num modelo de distribuição onde houvesse ambientes sombreados pelas árvores e áreas abertas, numa distância das árvores onde não ocorresse sombreamento em nenhuma hora do dia.

Dentro da área sob tais condições, foram casualizadas as áreas abertas e as árvores, e sob a copa de cada uma das árvores, foram casualizados os pontos de amostragem. Foram considerados três ambientes: a) Pastagem em área aberta (**AA**) - local sem sombreamento em qualquer hora do dia; b) Pastagem sob a copa do baru (**SB**); e c) Pastagem sob a copa do pequi (**SP**). Cada ambiente teve seis repetições.

Foi utilizada uma área de 3 ha (cercada para evitar a entrada dos bovinos) de *B. decumbens*, gramínea considerada de média adaptação à sombra, com potencial para resposta a melhoria na fertilidade do solo e maior disponibilidade de umidade (Alvim *et al.*, 1986).

Considerou-se como parcela experimental uma área de 2,0 x 2,0 m sob a copa de cada árvore, e também para os locais abertos (AA). Dentro desta parcela foram realizados os cortes.

## **Radiação solar**

Foi medida a densidade de fluxo de fótons (DFF, 400 a 700 nm) a 0,5 m de altura do solo, sob a copa de árvores experimentais e em área de pastagem sob pleno sol, ou área aberta. A DFF foi medida em maio, agosto, outubro, dezembro/97 e fevereiro/98.

Para cada uma das épocas foram realizadas leituras em intervalos de meia hora, durante três dias consecutivos, no período das 07:00 às 18:00 horas. As medições foram realizadas sequencialmente nas direções orientadas pelos pontos cardeais, sob a copa de um indivíduo de pequi (18,9m de altura, 39.5 cm de DAP e 10,4 m de diâmetro de copa) e de um indivíduo de baru (12,9m de altura, 34,0 cm de DAP e 10,1 m de diâmetro de copa) e na área aberta.

Foram utilizados sensores de luz da Licor modelo Li-190 S e para a leitura dos dados foram utilizados dois "dataloggers", modelos, Licor - 1000 e CR 10-Campbell Scientific, Inc.

## **Rendimento de matéria seca e composição química**

Para a avaliação do rendimento de matéria seca (MS) da forragem utilizaram-se. A metodologia de avaliação de pastagens através de frequência de cortes é descrita por Gardner (1986) e consiste no corte de uma mesma área, a intervalos determinados de acordo com o manejo a ser adotado posteriormente para a pastagem.

A adoção de cortes neste trabalho deveu-se à necessidade de determinar-se inicialmente o comportamento produtivo do capim associado com a árvore, na ausência de animais. A presença do animal poderia levar a redução na produção das gramíneas sob árvores devido a diferenças na intensidade de consumo de forragem entre as áreas sob as árvores e as áreas abertas e não a limitação de luz, umidade e nutrientes.

Em março de 1997 foi realizado um corte de uniformização ao nível do solo e posteriormente num intervalo de 42 dias (após o corte de uniformização, adotou-se a altura de 10 cm para os cortes subsequentes). Contudo, para avaliação do rendimento de MS da *B. decumbens*, utilizaram-se as amostras coletadas no período de outubro/97 a abril/98, correspondendo a uma estação chuvosa, quando ocorre o crescimento das gramíneas. O intervalo de 42 dias buscou

associar produção e qualidade da *B. decumbens* (Rujillo *et al.*, 1986; Soares Filho *et al.*, 1992).

As amostras foram cortadas manualmente, seguindo orientação dos pontos cardeais sob as espécies arbóreas e nas áreas abertas. Assim como sob a copa das árvores, nas áreas abertas também foram colhidas 4 amostras por parcela experimental. Posteriormente estas 4 amostras foram pesadas e sua média correspondeu à produção por unidade experimental, correspondendo a uma repetição.

No total, cada ambiente teve seis repetições. Para a coleta de amostras foi utilizado um quadro com área útil de 0,5 m<sup>2</sup> (1,0 x 0,5 m), sendo mantida uma bordadura de 0,5 m. As amostras foram pesadas e secas a 70 °C durante 72 horas.

Foi formada uma amostra composta por unidade experimental para determinação dos teores de N, Ca, P, Mg, K, FDN (Fibra em Detergente Neutro), Zn, Fe, Cu, Mn e Al. A determinação do N foi realizada segundo o método de Kjeldahl (Silva, 1990). O extrato para determinação de P, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Zn e Cu, foi obtido mediante uma digestão com uma mistura de ácido sulfúrico, nítrico e clorídrico.

A concentração de P foi determinada por colorimetria em espectrofotômetro e os outros nutrientes em espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1979). Os teores de FDN foram determinados, segundo Silva (1990) no laboratório de análise de forragens do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (EMBRAPA/CPAC).

### **Análise estatística**

No tratamento estatístico dos dados de umidade gravimétrica, realizou-se regressão periódica, método descrito por Bliss (1958). Este método permite a descrição das tendências periódicas de fenômenos biológicos e climatológicos. Utilizou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_t = H_0 + H_1 + E, \text{ onde:}$$

H<sub>0</sub>- Estima o teor médio de MS (concentração e rendimento), FDN, N (PB), Ca, P, K, Mg, Mn, Fe, Zn e Cu nos três ambientes

H<sub>1</sub>- Efeito do Harmônico 1;  $H_1 = a_1 \sin(2\pi/k) + b_1 \cos(2\pi/k)$ ,

O H1 estima os desvios da média, no caso de oscilação no teor de cada elemento entre os meses no período de estudo.

k = meses (1 a 5)

E=Erro

A equação representa o rendimento de MS e a concentração de nutrientes na pastagem, nas épocas amostradas nos três ambientes, sendo a hipótese nula  $h_0$ :  $H_0 AA = H_0 SB = H_0 SP$ . Interessa também comparar o comportamento cíclico do rendimento de MS e a concentração de nutrientes na pastagem nos três ambientes, sendo  $h_0$ :  $H_1 AA = H_1 SB = H_1$ .

Determinou-se ainda a amplitude do rendimento de MS e a concentração de nutrientes na pastagem. A amplitude (A), que representa a semi-amplitude ou a metade da variação do y máximo e mínimo, é determinada a partir dos coeficientes da equação:

$$A = 2\sqrt{a^2 + b^2}$$

Posteriormente determinou-se o intervalo de confiança das médias (t- student com 95%) e possíveis diferenças entre as médias, considerando o nível de significância de 5%.

A regressão permitiu avaliar a tendência de rendimento de MS e concentração de nutrientes na forragem ao longo do período de crescimento, assim como estimar as épocas onde ocorreram a maior concentração de nutrientes, bem como sua amplitude em cada ambiente.

## Resultados e discussão

A figura 3.1 mostra curvas diárias da densidade de fluxo de fótons (DFF) nos três ambientes em dias representativos da estação de crescimento da pastagem (out./97 a abr./98). Sob a copa das árvores valores mais elevados na parte da manhã, não ultrapassando  $1,2 \text{ mmol.m}^{-2}$ , exceto em fevereiro SB. No período da tarde observa-se no três dias valores mais elevados SB. A variabilidade na disponibilidade da DFF deve-se à nebulosidade típica do período chuvoso. Em nove dias de medições, nos meses de outubro, dezembro e fevereiro, a DFF total diária na área aberta foi de  $25,2 \pm 1,2 \text{ mmol.m}^{-2}$ ,  $21,8 \pm 1,1 \text{ mmol.m}^{-2}$  e  $27,1 \pm 0,8 \text{ mmol.m}^{-2}$ , respectivamente.

Sob a copa de baru, a DFF média incidente foi 47% da área aberta em outubro, 57% em dezembro e 52% em fevereiro. Sob a copa de pequi, nestes meses, foi 47%, 53% e 36%, respectivamente. Embora os registros mostrem bastante variabilidade dentro de cada ambiente entre as épocas observadas, os resultados sugerem maior incidência de DFF sob a copa de baru.

A diferença na DFF incidente sob as árvores deve-se à arquitetura da copa. A do baru possui uma forma mais cilíndrica, enquanto a do pequi é mais espalhada, o diâmetro da copa destes árvores é 10,1 e 10,4 m, respectivamente (Capítulo 1). De acordo com Kabakoff & Chazdon (1996), a arquitetura da copa ou densidade de folhagem podem ser melhores indicadores do total de incidência de luz sob as árvores, do que o diâmetro da copa e a densidade de árvores.

A análise do rendimento de MS ao longo do período chuvoso, através de regressão cíclica, mostrou diferenças significativas entre meses, em todas as áreas (Figura 3.2). A amplitude, diferença entre o menor e maior valor da curva (g de MS.  $\text{m}^{-2}$ ), mostra diferenças significativas entre os ambientes, sendo; SB (59,2) > AA (40,9) > SP (24,7).

Em outubro, realizou-se o primeiro corte, considerou-se o intervalo de 42 dias após o início do rebrote, o que correu após as primeiras chuvas. Entre os meses de junho a agosto não houve crescimento da braquiária (período onde a precipitação pluviométrica na área foi zero). O rendimento de MS foi baixo nos três ambientes, devido a irregularidade da precipitação pluviométrica no início do período chuvoso. Na área SB o rendimento foi 17% menor que na AA e 36% menor que SP, entretanto esta tendência inverteu-se em dezembro e janeiro. Em dezembro o

pico do rendimento nas áreas sombreadas, SB (105,8 g.m<sup>-2</sup>) superou 1,6 vezes o rendimento SP e 1,8 vezes a AA. Esta tendência continuou em janeiro com redução das diferenças.

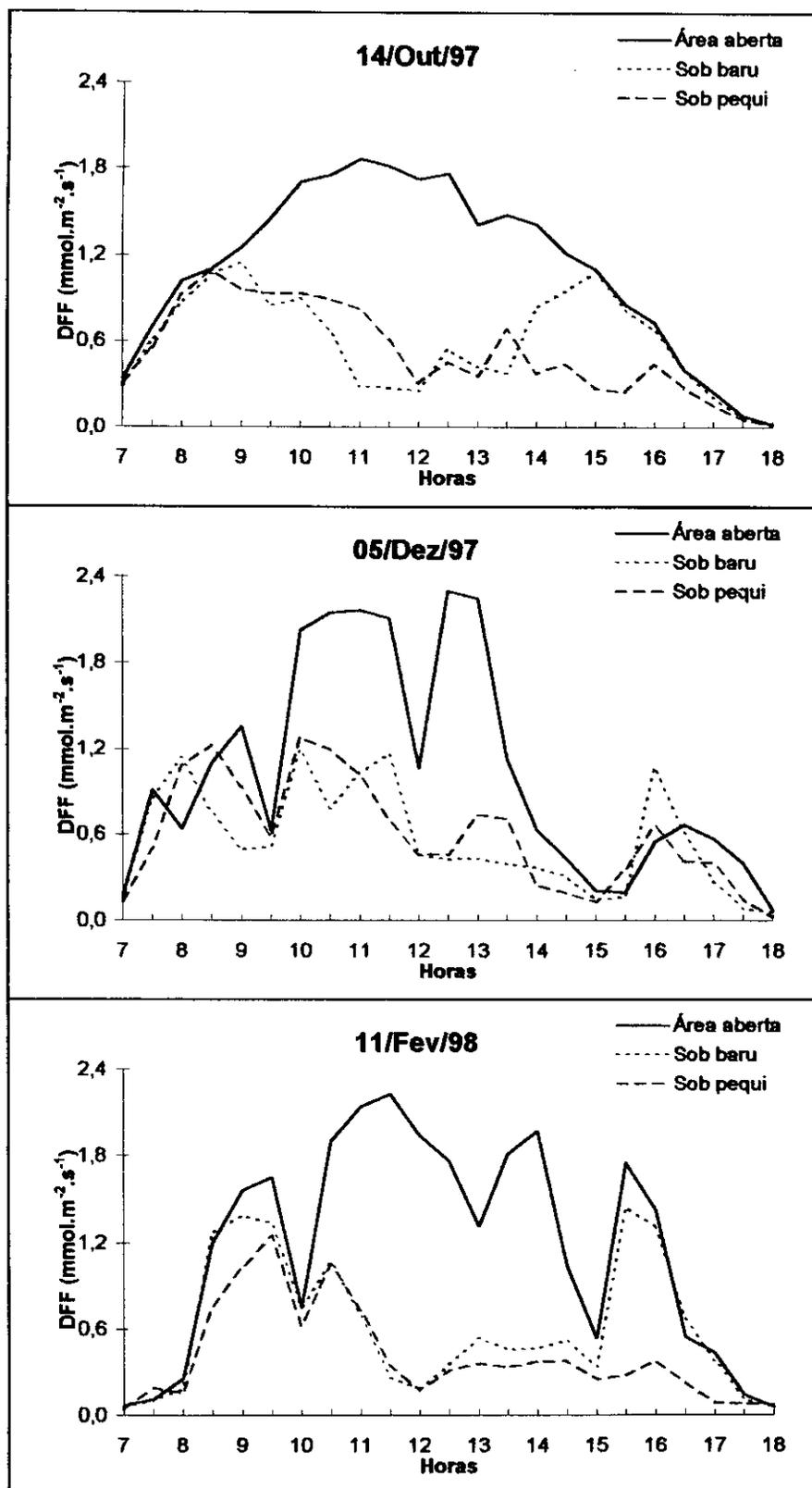
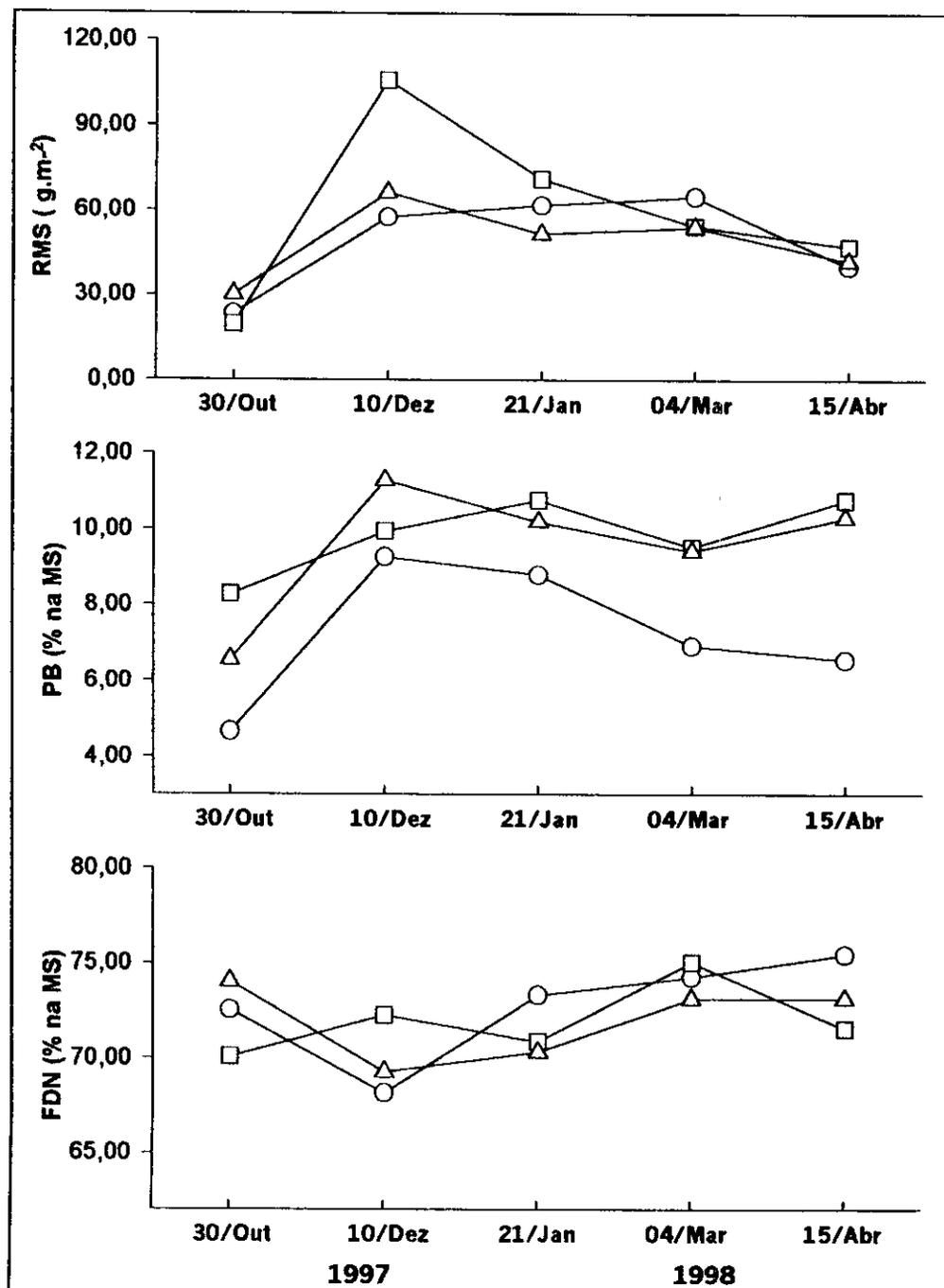


Figura 3.1 - Curvas da densidade de fluxo de fótons (DFF), para os ambientes área aberta, sob a copa de baru e sob a copa de pequi, em três dias. representativos da estação chuvosa.



**Figura 3.2** - Rendimento de matéria seca (RMS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), de *B. decumbens*, nos ambientes área aberta (o), sob baru (□) e sob pequi (Δ), em cinco épocas de corte.

Março foi o mês de maior rendimento na AA (64,9 g.m<sup>-2</sup>), superando em 17% as áreas sombreadas. Em abril, final do período chuvoso, quando a umidade do solo atingiu o ponto de murcha permanente (Capítulo1), o rendimento nos três ambientes ficou em torno de 40 g.m<sup>-2</sup>.

Aparentemente vários fatores influenciaram o rendimento da gramínea sob as árvores ao longo do período chuvoso. O menor rendimento SB, em outubro, possivelmente deveu-se a queda intensa de folhas, abafando a gramínea. Nesta espécie, a queda de folhas aconteceu entre julho/setembro, e entre novembro/dezembro, a queda de flores. Reduções no crescimento das pastagens associada à presença de liteira das árvores também foram observadas por Eason (1991). A morfologia das folhas da árvores foi considerada como um dos principais fatores desse comportamento, devido à área e ao tempo de manutenção desta cobertura. Neste caso a época de queda das folhas, durante o período de crescimento da gramínea, pode ter retardado o rebrote, contudo influenciou positivamente características químicas do solo (Capítulo 2).

Maiores produções sob as árvores em dezembro possivelmente se devem à maior incidência de DFF sob a copa das árvores, 57% SB e 53% SP, associada à maior disponibilidade de nutrientes no solo com o início do período chuvoso. Na AA, o rendimento cresceu até março. Mesmo no pico de crescimento os valores neste ambiente são baixos, comparativamente aos encontrados em pasto de *B. decumbens* estabelecido em latossolo não adubado, no mesmo intervalo de corte (97 g.m<sup>2</sup>, Oliveira *et al.*, 1997).

O maior teor de umidade no solo sob a copa de baru e pequi em relação a AA, registrado em fevereiro e março (Capítulo 1), não influenciou o rendimento médio de MS dos ambientes sombreados. Este comportamento sugere que, durante o período chuvoso, a umidade do solo não limitou o crescimento da gramínea. Em abril, final deste período, a umidade do solo foi o fator de impedimento ao desenvolvimento do pasto, os teores de umidade do solo atingiram o ponto de murcha permanente (Capítulo 1).

A curva de rendimento do pasto de braquiária SB diferiu das outras áreas que mantiveram o nível de rendimento de MS, entre janeiro e março. Neste local a frequência de corte pode estar influenciando o rendimento. A partir de dezembro o rendimento de MS decresceu sob a copa das árvores, enquanto na AA o pico de rendimento foi atingido em março.

Capins sombreados em solos com maior disponibilidade de N apresentam menor capacidade de rebrote, provavelmente pela falta de reservas de C (Cruz, 1996), uma vez que o sombreamento reduz o teor de carboidratos não estruturais (Somarakoon *et al.*, 1990; Castro, 1996). Embora em todos os ambientes desta pastagem de braquiaria existam baixos teores de Ca e P, o solo SB, tem maior concentração de bases e de N.

O conteúdo de PB (N\*6,25) na pastagem de braquiária diferiu significativamente entre meses, em todas as áreas (Figura 3.2). Os valores mais elevados de PB na AA (9,3%) e SP (11,3%) foram observados em dezembro e SB (10,8%) em dezembro. Nas áreas sombreadas, a concentração de PB oscilou entre 8,0 e 10,0% e na AA, e decresceu a partir de outubro até abril (9,3 a 6,6%). Em todos os meses observados a concentração de PB na forragem sob as árvores foi superior a AA.

Nos 5 cortes realizados o teor de PB sob a copa de baru variou de 8,3 a 10,8% e sob a copa de pequi entre 6,6 e 11,3%, em 4 cortes. Na área aberta o teor de PB ficou entre 8,8% e 9,3%, em dois cortes (Figura 3.2). Nos outros cortes estes ambientes ficaram abaixo de 7,0%. De acordo com Maraschin (1994), a necessidade diária de PB de novilhos em crescimento para ganho médio diário de 250 g é de 8,9% de PB e de 500 g, é de 9,7% de PB. Tomando como base esta informação tem-se que o teor de PB em *B. decumbens* sob as árvores permitiria ganhos durante todo o período chuvoso, exceto em outubro.

Os teores de FDN na pastagem variaram entre 68 e 75%, e não diferiram significativamente entre meses na AA e SP, apenas SB, com maiores valores em março.

Houve diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as épocas de corte na concentração de Ca nos tecidos de *B. decumbens* apenas SB, devido ao aumento nos teores deste nutriente no final do período chuvoso, quando registrou-se menor rendimento de MS. A amplitude não diferiu significativamente entre AA e SP (0,02%), maior amplitude ocorreu SB (0,04%).

Com relação aos teores de K, apenas na área SP houve diferenças significativas entre meses, sendo os menores teores registrados em julho (2,1%), início do período de crescimento, e os maiores em março (2,69%). As curvas mostram que durante todo o período as concentrações deste elemento na gramínea foram maiores nas áreas sombreadas. A amplitude SB (0,15%) e AA (0,08%) foi menor ( $P < 0,05$ ) que SP (0,42%) (Figura 3.3).

A concentração de Mg na gramínea, ao longo do período, variou significativamente entre meses SP e na AA (Figura 3.3). Nestas duas áreas, valores mínimos aconteceram no início do período chuvoso (0,16 e 0,18%). Na AA, o valor máximo (0,24%) ocorreu em dezembro coincidindo com o aumento da disponibilidade no solo e SP, no final do período chuvoso (0,25%), com a redução no rendimento de MS. A amplitude foi significativamente menor na área SB (0,02%) do que na AA (0,05%) e SP (0,07%).

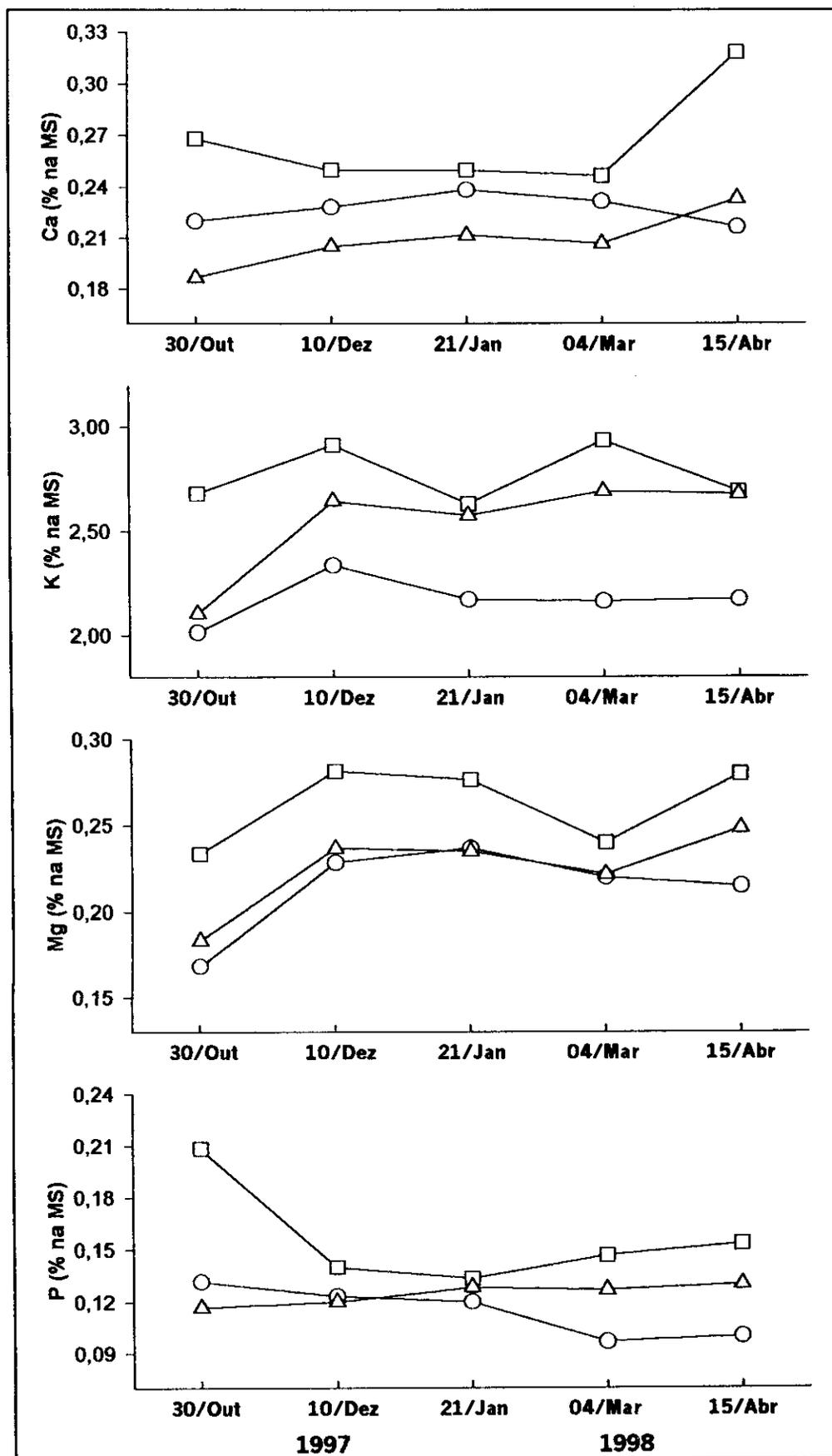


Figura 3.3 - Teores de Ca, K, Mg e P na matéria seca de *B. decumbens*, nos ambientes área aberta (o), sob baru (□) e sob pequi (Δ), em cinco épocas de corte.

A concentração de P na pastagem, ao longo do período observado, mostra que a variação entre meses foi significativa na AA e SB (Figura 3.3). Os maiores valores SB (0,20%) e na AA (0,13%) estão associados aos menores rendimentos da forragem (outubro) e o menores valores, SB (0,13%) e na AA (0,10%), aos meses de maior rendimento. Na pastagem SB existe uma tendência leve para maior concentração de P em relação as outras áreas, contudo não existe um padrão claro para as áreas sob a copa das árvores. A amplitude diferiu significativamente entre os ambientes, SB (0,06%) > AA (0,04 %) > SP (0,01%).

Independentemente das variações dentro das áreas no rendimento de MS e na concentração de Ca, K, Mg e P, a tendência foi de valores mais elevados na área SB, do que nas outras áreas, em todo o período.

Os teores de Cu diferiram significativamente entre os meses em todas as áreas, os maiores valores aconteceram em outubro e os menores valores em março. Nas áreas sob as árvores a tendência foi de decréscimo, e na AA oscilou entre os meses. Comportamento diferente foi observado para Mn, embora também tenha diferido entre meses em todas as áreas, as menores concentrações sob as árvores e na AA, foram observadas em outubro, épocas de menor rendimento de MS, com aumento gradativo até abril, na AA o maior valor foi registrado em dezembro (Figura 3.4).

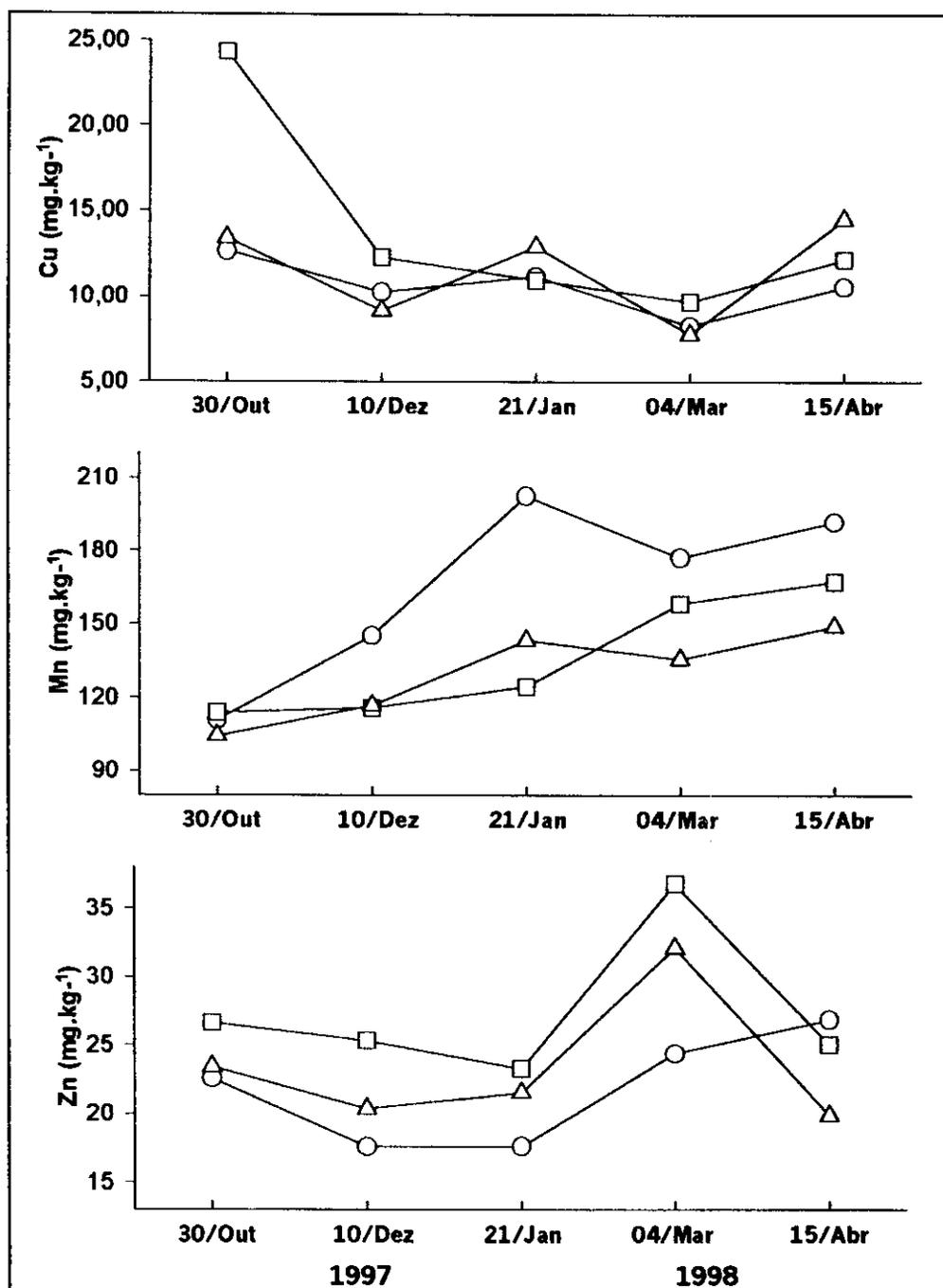
Na concentração de Zn na gramínea, também houve diferenças significativas entre meses em todas as áreas. Na AA os maiores valores ocorreram em janeiro (Figura 3.4). As análises de variâncias destas regressões encontram-se no Apêndice 5.

O rendimento médio no período de outubro/97 a abril/98, na pastagem, variou de 48,8 a 59,6 g.m<sup>2</sup>, não diferindo entre ambientes (Tabela 3.1). O total em g de MS.m<sup>2</sup> para 5 cortes realizados no período foi de 248, 305 e 244 para AA, SB e SP, respectivamente.

A variabilidade dos dados sob a copa das árvores foi elevada, como pode ser visto nos intervalos de confiança, devido à produção de fitomassa diferenciada nas parcelas de acordo com sua localização sob a copa e ainda nas diferenças entre árvores (Tabela 3.1).

De modo geral, as braquiarias, quando submetidas ao sombreamento, reduzem o rendimento de MS (Carvalho *et. al*, 1994; Castro, 1996), embora *B. decumbens* seja considerada gramínea de média tolerância à sombra (Carvalho, 1995). Neste caso, a similaridade do rendimento entre os ambientes sombreados e de área aberta podem estar associados à baixa disponibilidade de nutrientes no solo. O solo na área onde foi estabelecida esta pastagem não recebeu

calagem e adubação desde o seu estabelecimento. As análises de solo da área mostraram baixos níveis de Soma de Bases e P (Capítulo 2).



**Figura 3.4** - Teores de Cu, Mn e Zn na matéria seca de *B. decumbens*, nos ambientes área aberta (o), sob baru (□) e sob pequi (Δ), em cinco épocas de corte.

Carvalho *et al.* (1994) também não encontraram diferenças na disponibilidade média de forragem de *B. decumbens* sob a copa de árvores nativas de mata atlântica, em solo podzólico não adubado. Resultados diferentes ocorreram para

a mesma espécie de gramínea em latossolo vermelho adubado. O sombreamento com angico vermelho reduziu a luminosidade entre 60 e 70% e o rendimento da gramínea foi 33% do rendimento a plena luz (Carvalho *et al.*, 1995). Nos ambientes com baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente N, a taxa de crescimento de gramíneas sombreadas pode não variar ou até aumentar em relação às áreas sob pleno sol (Eriksen & Whitney, 1981).

**Tabela 3.1** - Rendimento médio de MS e concentração de nutrientes (média e intervalo de confiança), em pastagem de *B. decumbens*, em área aberta, sob baru e sob pequi.

Cortes c/ 42 dias	Área	aberta	Sob	baru	Sob	pequi
RMS (g.m <sup>-2</sup> )	49,55	± 5,94 <sup>a</sup>	59,65	± 16,88 <sup>a</sup>	48,81	± 13,91 <sup>a</sup>
MS (%)	32,42	± 3,14 <sup>a</sup>	23,44	± 4,84 <sup>b</sup>	26,98	± 2,35 <sup>b</sup>
FDN (%)	72,76	± 1,77 <sup>a</sup>	71,93	± 3,32 <sup>a</sup>	71,97	± 1,55 <sup>a</sup>
N (%)	1,16	± 0,06 <sup>a</sup>	1,57	± 0,14 <sup>b</sup>	1,53	± 0,16 <sup>b</sup>
Ca (%)	0,23	± 0,04 <sup>a</sup>	0,27	± 0,06 <sup>a</sup>	0,21	± 0,06 <sup>a</sup>
P (%)	0,11	± 0,01 <sup>a</sup>	0,16	± 0,04 <sup>a</sup>	0,12	± 0,02 <sup>a</sup>
K (%)	2,27	± 0,20 <sup>a</sup>	2,77	± 0,20 <sup>b</sup>	2,54	± 0,14 <sup>b</sup>
Mg (%)	0,21	± 0,03 <sup>a</sup>	0,26	± 0,02 <sup>b</sup>	0,22	± 0,00 <sup>a</sup>
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	165,56	± 34,59 <sup>a</sup>	135,98	± 34,93 <sup>a</sup>	129,80	± 17,00 <sup>a</sup>
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	21,81	± 2,03 <sup>a</sup>	27,42	± 2,73 <sup>b</sup>	23,47	± 1,81 <sup>ac</sup>
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	10,58	± 1,65 <sup>a</sup>	13,89	± 4,39 <sup>a</sup>	11,56	± 1,33 <sup>a</sup>

Obs.: Média ± intervalo de confiança. Para cada elemento, letras iguais na mesma linha indicam valores que não diferem estatisticamente pelo teste t (P≤0,05).

O sombreamento reduziu a concentração de MS em *B. decumbens*, sendo que os valores na AA (32,4%) foram maiores que SB (23,4%) e SP (27,0%), as áreas sob as árvores não diferiram. Redução nos teores de MS em gramíneas sob sombreamento artificial ou natural tem sido documentado por diversos autores. Esta redução geralmente acompanha o aumento dos níveis de sombreamento (Eriksen & Whitney, 1981; Castro, 1986; Somarakoon *et al.*, 1990; Carvalho *et al.*, 1994). Menores concentrações de MS nos tecidos de plantas sombreadas estão associados a redução da perda de água, uma vez que as taxas de transpiração são reduzidas pelo fechamento dos estômatos, que acontece a baixos níveis de luminosidade (Nobel, 1991).

Não houve diferenças significativas entre os ambientes no conteúdo de FDN (72%). Estes resultados não diferem dos reportados por Somarakoon *et al.* (1990), que registraram redução na concentração de FDN em gramíneas até 68% de sombreamento e observaram que para seis gramíneas tropicais os valores de FDN foram de 72,6% a pleno sol e 71,5% a 60% de sombreamento.

A redução no conteúdo de FDN, entretanto, não pode ser associada a reduções na digestibilidade. Resultados observados por Wilson & Wong (1982), mostram redução na digestibilidade *in vitro* de 10 e 12% em sombreamentos de 60 e 40%, quando a concentração de FDN foi de 53,8 e 50,3%, respectivamente. Castro (1996) também observou redução linear da digestibilidade *in vitro* com o aumento do sombreamento de 30 para 60%.

A concentração de N na gramínea foi mais elevada sob a copa das árvores (1,5%) do que na AA (1,2%). Níveis mais elevados de N total no solo também foram observados nestes ambientes durante todas as épocas de coleta de solo, julho, outubro e dezembro. Em julho e março, observaram-se também maiores teores de N mineral (Capítulo 2). Estes resultados sugerem que o sombreamento aumenta a disponibilidade de N no solo, com aumento nos teores do nutriente nas folhas. Wilson *et al.*, (1986), discutem de forma não conclusiva, que este aumento está mais relacionado à disponibilidade de nutrientes no solo do que a aspectos relacionados à fisiologia da planta, ou seja, possivelmente ocorrem maiores taxas de mineralização da matéria orgânica na superfície do solo, devido ao microclima criado pela presença da árvore e não aos altos níveis de translocação de N das raízes da gramínea para a parte aérea.

Maiores concentrações de N foram registradas em gramíneas sombreadas, mesmo em solos que receberam adubação nitrogenada (Eriksen & Whitney, 1981; Wilson *et al.*, 1990), contudo nem sempre esses resultados são acompanhados do aumento no rendimento de MS.

Não houve diferenças significativas na concentração média de Ca nos tecidos de *B. decumbens* entre os três ambientes da pastagem (0,2%). Os valores observados neste trabalho são inferiores aos registrados para *B. decumbens* em área aberta, em latossolo adubado (0,32%) (Castro, 1996), e em solo podzólico não adubado (0,29%) (Carvalho *et al.*, 1994). Aquele autor observou que aumentou a concentração de Ca em *B. decumbens* sob sombreamento moderado (30%) e em *B. brizantha*, *Andropogon gayanus*, e *Panicum maximum*, até 60% de sombreamento. Carvalho *et al.* (1994) não observaram aumento na concentração de Ca em *B. decumbens* sob sombreamento natural.

A concentração de P nos tecidos da gramínea variou de 0,11% a 0,16%, nos três ambientes, não diferindo significativamente. Estas concentrações estão abaixo do nível apontado para promover o potencial máximo de crescimento de *B. decumbens* (0,32%) (Corsi & Silva, 1994), justificado pela concentração de P no solo em todos os ambientes, neste trabalho, os níveis, geralmente ficaram abaixo de 2 mg.kg<sup>-1</sup>.

Modificações na concentração de P nos tecidos de gramíneas são menos acentuadas com o sombreamento, mas existem relatos de aumento, com sombreamento natural e artificial (Carvalho *et al.*, 1994; Castro, 1996). Nesses casos, segundo esses autores, a menor taxa de crescimento é o fator determinante das maiores concentrações nos ambientes sombreados. Outros autores não observaram variações, mesmo em solos adubados, e existem relatos de decréscimo, nesse caso, devido a diluição pelo aumento no rendimento de MS com o sombreamento (Belsky *et al.*, 1992).

A concentração média de K foi mais elevada nas áreas sob as árvores (2,5 a 2,7%) do que na AA (2,3%). Os maiores valores de K devem refletir a tendência observada nos teores de K no solo, mais elevados sob a copa das árvores, embora só tenham diferido significativamente entre AA e SB (Capítulo 2).

Na maioria dos trabalhos, a concentração de K nos tecidos das gramíneas aumenta com o sombreamento (Wilson *et al.*, 1990; Carvalho *et al.*, 1994; Castro, 1996), entretanto neste último trabalho registrou-se o decréscimo nos teores de K em uma das seis gramíneas avaliadas. Embora muitos autores associem o aumento na concentração de K a menores taxas de crescimento da gramínea, Wilson, *et al.* (1990) observaram em *Paspalum notatum* aumentos nos teores de K, mesmo com maior rendimento de MS nas áreas sombreadas.

A concentração de Mg diferiu significativamente entre a área SB e os outros ambientes. Os valores médios deste nutriente, na AA, foram superiores aos registrados para *B. decumbens* em latossolo adubado (Castro, 1996). Esse autor observou aumento na concentração de Mg em gramíneas forrageiras com o sombreamento; maiores valores ocorreram a 60% de luminosidade.

As concentrações de Cu e Mn não diferiram entre as áreas. A concentração de Mn na forragem, embora esteja bem acima do recomendado para os animais (50 mg.kg<sup>-1</sup> de MS), está abaixo dos níveis considerados tóxicos (> 1000 mg.kg<sup>-1</sup> de MS). Menores teores de Mn nos tecidos da gramínea SB, contrastam com os elevados teores destes elementos no solo neste ambiente (Capítulo 2). Os teores de Zn na gramínea aumentaram significativamente da AA (21,8 mg.kg<sup>-1</sup>) e SP (23,4 mg.kg<sup>-1</sup>) para área SB (27,4 mg.kg<sup>-1</sup>), não diferindo entre a AA e SP. Os teores de Cu e Zn, estão abaixo do requerimento (10 e 30 mg.kg<sup>-1</sup> de MS, respectivamente) (NRC, 1989).

O aumento na concentração de minerais da AA para áreas sob árvores, principalmente SB, resulta da maior disponibilidade destes nutrientes no solo sob árvores (Capítulo 2), visto que, entre os fatores responsáveis por alterações

na composição mineral de plantas forrageiras, está a disponibilidade de minerais no solo (Corsi e Silva, 1994).

Aumento na concentração de nutrientes também foi observado em gramíneas forrageiras sob a copa de árvores nativas da mata atlântica (Carvalho *et al.*, 1995), sob eucalipto na Austrália (Wilson *et al.*, 1986), e sob árvores nativas de savana em Wisconsin (Ko & Reich, 1993).

A multiplicação da concentração de nutrientes pela fitomassa colhida da pastagem, mostra que o conteúdo total de nutrientes por metro quadrado foi mais elevado SB do que na AA e SP. Maior quantidade ( $P < 0,05$ ) de Ca, P, K, Mg, Cu e Zn foram absorvidas pelas gramíneas SB (Tabela 3.2). Apenas a quantidade de N diferiu entre todos os ambientes, sendo o único nutriente significativamente superior SP em relação a AA, ou seja, sob a copa das árvores ocorre um maior acúmulo desse elemento na forragem. Diversos autores relatam maior quantidade de N por metro quadrado em gramíneas forrageiras sombreadas (Eriksen & Whitne, 1981, Wilson *et al.*, 1986; Carvalho *et al.*, 1994).

Esses resultados mostram que a presença de baru e pequi influencia à absorção de nutrientes pelas gramíneas, promovendo o enriquecimento na pastagem sob a sua copa, principalmente baru.

**Tabela 3.2** - Quantidade de nutrientes acumulados em tecidos de *B. decumbens*, em área aberta, sob baru e sob pequi.

	Área aberta	Sob baru	Sob pequi
N ( $\text{g.m}^{-2}$ )	3,03 <sup>a</sup>	4,80 <sup>b</sup>	3,86 <sup>b</sup>
Ca ( $\text{g.m}^{-2}$ )	0,57 <sup>a</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,51 <sup>a</sup>
P ( $\text{g.m}^{-2}$ )	0,28 <sup>a</sup>	0,44 <sup>b</sup>	0,30 <sup>a</sup>
K ( $\text{g.m}^{-2}$ )	5,45 <sup>a</sup>	8,35 <sup>b</sup>	6,28 <sup>a</sup>
Mg ( $\text{g.m}^{-2}$ )	0,55 <sup>a</sup>	0,80 <sup>b</sup>	0,56 <sup>a</sup>
Mn ( $\text{mg.m}^{-2}$ )	42,67 <sup>a</sup>	40,26 <sup>a</sup>	32,25 <sup>a</sup>
Zn ( $\text{mg.m}^{-2}$ )	5,25 <sup>a</sup>	8,05 <sup>b</sup>	5,73 <sup>a</sup>
Cu ( $\text{mg.m}^{-2}$ )	2,51 <sup>a</sup>	3,68 <sup>b</sup>	2,67 <sup>a</sup>

Obs.: Para cada elemento, letras iguais na mesma linha indicam valores que não diferem estatisticamente pelo teste t ( $P \leq 0,05$ ).

## Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que a presença do baru e do pequi não reduz o rendimento médio de MS na pastagem de *Brachiaria decumbens*. Entretanto registrou-se influência significativa da época de corte no rendimento de MS. Nas áreas sob árvores os maiores níveis de rendimento ocorrem no início do período chuvoso, enquanto na área aberta os níveis são maiores no final do período chuvoso.

A forragem sob a copa das árvores tem maior conteúdo de nutrientes que nas áreas abertas, principalmente sob baru. A concentração de nitrogênio e potássio em *B. decumbens* sob a copa de baru e pequi é mais elevada que nas áreas abertas. Quanto aos outros elementos, a forragem sob baru apresenta maior concentração de Mg e Zn do que na área aberta e sob pequi. Com exceção do K e N a concentração dos nutrientes na forragem sob pequi não difere da área aberta

A quantidade de nutrientes (N, Ca, P, K, Mg, Zn e Cu) acumulados na forragem ( $\text{mg.m}^{-2}$ ), sob baru, ao longo da estação de crescimento é maior do que nas outras áreas, com exceção do N acumulado na forragem sob pequi. O N é o único elemento que diferencia a área sob pequi da área aberta quanto ao acúmulo de nutrientes na forragem.

## Referências bibliográficas

- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; NOVELLY, P. E., 1986. Produção de gramíneas tropicais e temperadas irrigadas na época seca. Rev. Soc. Bras. Zoot., 15: 384-392.
- BELSKY, A. J., 1992. Effects of trees on nutritional quality of understorey gramineous forage in tropical savannas. Tropical Grasslands, 26:12-20.
- \_\_\_\_\_ ; CANHAM, C. D., 1994. Forest gaps and isolated savanna trees. Bioscience, 44: 77-84.
- BLISS, C. I., 1958. Periodic regression in biology and climatology. Connecticut Agricultural Experiment Station. Bulletin, 615. New Haven. 54p.
- CAMERON, D. M.; RANCE, S. J.; JONES, R. M.; CHARLES-EDWARDS, D. A.; BARNES, 1989. A. Project STAG: An experimental study in agroforestry. Aust. J. Agric. Res., 40: 699-714.
- CANTARUTTI, R. B., 1996. Dinâmica de Nitrogênio em Pastagens de *Brachiaria humidicola* em Monocultivo e Consorciada com *Desmodium ovalifolium* Cv. Itabela no Sul da Bahia. Universidade Federal de Viçosa. 83p. (Tese D.S.).
- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V.P.; ALMEIDA, D. S.; VILLAÇA, H. A., 1994. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição mineral da forragem em pastagens de braquiária .Rev. Soc. Bras. Zootec., 23: 709-718.
- \_\_\_\_\_ ; FREITAS, V. P.; ANDRADE, A. C., 1995. Crescimento Inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.) Pasturas Tropicales, 17: 24-29.
- \_\_\_\_\_, 1997. Utilização de sistemas silvipastoris. In: Anais do 3º Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens. Jaboticabal, SP. p. 164-206.
- CASTRO, C. R. T., 1996. Tolerância de Gramíneas Forrageiras Tropicais ao Sombreamento. Universidade Federal de Viçosa. 247 pp. (Tese D.S.).
- CODEPLAN - Companhia de Desenvolvimento e Planejamento - 1980. Estudo das potencialidades dos municípios da região geo-econômica de Brasília. vol. II - Formosa - GO.
- CORSI, M. E.; SILVA, R. T. L., 1994. Fatores que afetam a composição mineral de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A. ;MOURA, J. C. e FARIA, V.P. (Eds.). Pastagens - Fundamento da Exploração Racional. p.65-84.
- CRUZ, P., 1996. Growth and nitrogen nutrition of a *Dichantium aristatum* pasture under shading .Tropical Grasslands, 30 :407-413.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária., 1979. Manual de Métodos de Análise de Solos. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. 1994. Chuva no Cerrado: Análise e Especialização In: ASSAD, E.D.(coord.). Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado. Brasília .EMBRAPA/CPAC, 423 pp.
- EASON, W. R., 1991. The effect of tree leaf on sward botanical composition and growth. For. Ecol. Management, 45: 165-172
- EASTHAM, J.; ROSE, C. W.; CAMERON, D. M.; RANCE, S. J.; TALSMA, T.; CHARLES-EDWARDS, D. A., 1990. Tree/Pasture interactions at a range of tree densities in an agroforestry

- experiment. II Water uptake in relation to rooting patterns. Aust. J. Agric. Res., 41: 607-707.
- ERIKSEN, F. I.; WHITNEY, A. S., 1981. Effects of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. Agron. Journal, 75: 427-433.
- GARDNER, A. L., 1986. Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistema de produção. Brasília. IICA/EMBRAPA. 197p.
- GLORIA, N. A., 1994. Adubação potássica das pastagens. In: PEIXOTO, A.; MOURA, J. C. e FARIA, V.P. (Eds.). Pastagens - Fundamento da Exploração Racional. pp: 189-196.
- GIRALDO, V. L. A.; BOTERO, J.; SILDARRIEGA, J.; DAVID, P., 1995. Efecto de tres densidad de arboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural, en la región atlántica de Colombia. Agroforestería en Las Américas. 8: 14-19.
- KABAKOFF, R. P.; CHAZDON, R. L., 1996. Effects of canopy species dominance on understory light availability in low elevation secondary forest stands in Costa Rica. Tropical Ecology, 12: 779-788.
- KO, L. J.; REICH, P. B., 1993. Oak Tree effects on soil and herbaceous vegetation in savannas and pastures in Wisconsin. Am. Midl. Nat., 130: 32-42.
- MARASCHIN, G. E., 1994. Avaliação de forrageiras e rendimento de pastagens com animal em pastejo. In: Anais do Simpósio Internacional de Forragicultura/ Anais da XXXI Reunião Anual da Soc. Bras. Zootec. Maringá, pp: 65-98.
- NRC - National Research Council, 1986. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6 th revised edition. National Academy Sciences. Washington.
- NOBEL, P. S., 1991. Physicochemical and Environmental Plant Physiology. Academic Press. London, 635p.
- OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; CADISH, G.; MIRANDA, C. H. B.; VILELA, L.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S., 1997. A baixa disponibilidade de nutrientes do solo como uma causa potencial da degradação de pastagens no cerrado brasileiro. In: Anais do III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas - Ouro Preto p:110-117.
- PRODIAT - Projeto de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Araguaia e Tocantins, 1983. Descrição e Caracterização da área. Ministério do Interior - Organização dos Estados Americanos. 129p.
- RHOADES, C. C., 1997. Single- tree influences on soil properties in agroforestry: lessons from natural forest and savanna ecosystems. Agroforestry Systems, 35: 71-94,
- RIBEIRO, F. J.; WALTER, B. M. T., 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado In: SANO, S. M & ALMEIDA, S. P (Eds).Cerrado: Ambiente e Flora EMBRAPA -CPAC.pp: 89 - 156.
- RUJILLO, G. M.; POSADA, J. G.; SIERRA, O., 1986. Efecto de la edad de rebrote en la calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. Pasturas Tropicales, boletin, 8. Pp: 42-44.
- SILVA, D. J., 1990. Análise de alimentos. Métodos Químicos e Biológicos. Viçosa: Imp. Universitária. 165p.
- SILVA, V. P., 1994. Sistema silvipastoril (grevilea + pastagem): uma proposição para o aumento da produção no arenito caiuá. In: Anais do I Seminário sobre Sistemas Agroflorestais da Região Sul do Brasil. Colombo. pp:139 - 145.

- SOARES FILHO, C. V.; MONTEIRO, F. A.; CORSI, M., 1992. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. *Pasturas Tropicais*, 14: 2-6.
- SOMARAKOON, S. P.; WILSON, J. R.; SHELTON, H. M., 1990. Growth morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *Journal of Agriculture Science*, 114: 161-169.
- WANDELLI, E. V.; PERIN, R.; SOUZA, S. G.; MATOS, J. C.; SOUSA, J. N.; FERNANDES, C. M., 1997. Sistemas agroflorestais: uma alternativa para recuperação de pastagens degradadas na Amazônia Ocidental. In: *Anais do III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas*. p: 477- 493.
- WILSON, J. R.; HILL, K.; CAMERON, D. M.; SHELTON, H. M., 1990. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. *Tropical Grasslands*, 24: 24-28.
- \_\_\_\_\_; HILL, K.; CATCHPOOLE, V. R.; WEIER, K. L., 1986. Stimulation of growth and nitrogen uptake by shading a rundown green panic pasture on brigalow clay soil. *Tropical Grasslands*, 20: 134-143.
- \_\_\_\_\_; WONG, C. C., 1982. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures. *Aust. J. Agric. Res.*, 33: 937-949.
- WONG, C. C.; STUR, W. W., 1995. Mechanisms of persistence in tropical forages to defoliation under shade. In: MULLEN, B.F. & SHELTON, H. M. (Eds.). *Integration of Ruminants into Plantation Systems in Southeast Asia*. 64. North Sumatra, Indonesia. *Proceedings*. 1995. North Sumatra, Indonesia .p. 37-41.

## Conclusões gerais

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a associação das espécies arbóreas baru (*Dipteryx alata* Vog.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) com pastagem de *Brachiaria decumbens*, aumentam a umidade e a disponibilidade de nutrientes no solo.

Maiores teores de umidade no solo, sob a copa das árvores, são observados no final do período chuvoso, não diferindo da área aberta nas outras épocas. No final do período chuvoso de 1998 a secagem mais lenta do solo, até 10 cm de profundidade, permitiu que o ponto de murcha permanente nas áreas sob as árvores fosse atingido em abril, enquanto na área aberta este fato ocorreu em março. Não foi observada diferença no teor de umidade disponível entre as áreas sob as árvores e área aberta.

As áreas sob a copa dessas árvores representam manchas de solo com maior disponibilidade de C, N, Ca, K, Mg, Mn e Zn. Sendo que sob a copa de baru, o pH e o conteúdo de N, Ca, Mg, Mn, Zn foram mais elevados do que na área sob pequi.

A diferença entre as áreas sob as árvores e as áreas abertas demonstra que, mesmo em solos de baixa fertilidade como os solos do cerrado, as árvores desempenham um papel na redução das perdas de nutrientes do sistema.

A liteira produzida pelas árvores é uma importante fonte de nutrientes para o solo sob suas copas, havendo contribuído para as diferenças observadas entre as áreas abertas e sob as árvores, e ainda entre as áreas sob as árvores. O conteúdo de Ca e P na liteira é possivelmente um fator de diferenciação entre o solo sob baru e sob pequi.

Apesar da maior disponibilidade de nutrientes no solo sob as árvores, o rendimento de matéria seca da pastagem de braquiária não diferiu entre os ambientes, embora tenha diferido quanto ao padrão de crescimento. Sob as árvores o máximo de crescimento ocorreu no início da estação chuvosa, e na área aberta, no final da estação chuvosa. A composição química da pastagem é melhorada sob as

árvores, cuja concentração de N, K, Mg e Zn na forragem é mais elevada que na área aberta, principalmente sob baru, onde os teores de Mg e Zn superam as áreas sob pequi.

A associação entre o rendimento de matéria seca e a concentração de nutrientes mostrou que o conteúdo total de nutrientes por área foi mais elevado sob a copa de baru do que nas áreas aberta e sob a copa de pequi, a exceção foi o N sob pequi e o Mn que não diferiu entre os três ambientes.

Estas conclusões reforçam a argumentação favorável à adoção de sistemas silvipastoris, que representam um modelo alternativo de exploração, capaz de reduzir o impacto que o estabelecimento e manejo de pastagens cultivadas (monoculturas de gramíneas) impõe sobre a vegetação nativa e sobre o ecossistema Cerrado. A presença do baru e do pequi diminui a velocidade de secagem, melhora as propriedades químicas e aumenta o conteúdo de matéria orgânica do solo.

Como consequência, a presença de baru, pequi e outras espécies (que devem ser avaliadas), na associação com pastagens cultivadas, reduz a perda de biodiversidade no Cerrado, que ocorre como um resultado da exploração agropecuária.

A diversidade de ambientes dentro do agroecossistema pastagem favorece uma maior eficiência no processo de ciclagem. Nesse sentido, a presença das árvores permite menores perdas de nutrientes do sistema, através da absorção pelas raízes e do retorno ao solo via maior quantidade de liteira.

Além da melhoria na concentração de nutrientes na pastagem sob as árvores, a produção de frutos de baru e de pequi propicia maior disponibilidade e diversidade de alimentos para os animais, e ainda, uma opção de geração de renda para o produtor através da industrialização ou da comercialização desses frutos.



Figura 4 - Vistas parciais da área experimental.

## APÊNDICES

### Apêndice 1a - Descrição do Perfil

Classificação: Latossolo Vermelho Escuro

Localização do Perfil: Fazenda Itiquira - Formosa, Goiás.

Altitude: 600 m, em relação ao nível do mar

Relevo Local: plano

Drenagem: Bem-drenado

Erosão: Laminar ligeira

Vegetação: Cerradão

Uso da Terra: Pastagem de *Brachiaria decumbens* associada a árvores nativas de cerradão.

### Horizontes:

**Ap - 0 a 8 cm:** bruno escuro avermelhado (5YR 3/6); argilo-arenoso; estrutura moderada e média em blocos sub-angulares pequenos; friável, plástico e pegajoso.

**AB 8 a 30 cm:** 2,5 YR 4/6 argiloso; estrutura moderada e média em blocos sub-angulares pequenos, friável, plástico e pegajoso.

**B1 30 a 50 cm:** 2,5 YR 3/6 argiloso; estrutura fraca e média em blocos sub-angulares, friável plástico e pegajoso; presença de concreções irregulares cinza escuro.

**B21 50 a 80 cm:** 2,5 YR 3/6 argiloso; estrutura média a moderada em blocos sub-angulares, friável, plástico e pegajoso.

**B22 80 a 110 cm:** 2,5 YR 4/8 argiloso; estrutura média a moderada em blocos sub-angulares, firme, plástico e pegajoso;. presença de concreções lateríticas média a grandes; cinza escuro.

Raízes: Finas, muitas no Ap e Ab, comuns B1, B2.1 e raras no B2.2

## Apêndice 1b - Características físicas e químicas do solo na área de estudo

### Características físicas

Horizonte	Profundida (cm)	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)	Classe Textural
Ap	0 a 8	1,42	46,8	46,5	6,7	Argilo-arenoso
AB	8 a 30	1,23	36,8	59,8	3,4	Argiloso
B1	30 a 50	1,35	39,0	51,0	10,0	Argiloso
B21	50 a 80	1,25	40,2	55,1	4,7	Argiloso
B22	80 a 130	1,41	36,8	58,4	4,8	Argiloso

### Características químicas

Horizonte	Profundidade (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	C (g/kg)	N (g/kg)	Al	Ca (meq/100g)	K	Mg	P (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Ap	0 a 8	5,5	14,2	1,0	0,23	0,02	0,01	0,04	0,91	0,61
AB	8 a 30	5,2	4,2	0,5	0,23	0,28	1,34	0,53	1,82	1,12
B1	30 a 50	4,8	9,9	0,5	0,87	0,03	0,18	0,05	0,91	0,92
B21	50 a 80	4,8	6,5	0,5	0,93	0,04	0,07	0,04	0,91	0,79
B22	80 a 130	4,8	9,3	1,0	0,93	0,04	0,28	0,03	0,91	1,15

**Apêndice 2** - Teor de umidade do solo, nas tensões de 0 a 1,5 Mpa, e densidade global (médias de quatro repetições) em pastagem de *B. decumbens*, em três ambientes: área aberta (AA), sob baru (SB) e sob pequi (SP), nas diversas profundidades:

Área/Profund. (cm)	Tensões (Mpa)							Densidade Global (g.cm <sup>-3</sup> )
	0 Mpa (%)	0,006 Mpa (%)	0,01 Mpa (%)	0,03 Mpa (%)	0,06 Mpa (%)	0,1 Mpa (%)	1,5 Mpa (%)	
AA 0 - 10	44,75	29,25	27,25	25,50	24,25	23,50	18,75	1,16
AA 10 - 20	48,50	28,50	25,00	23,50	22,75	21,75	18,50	1,11
AA 20 - 30	45,25	26,25	25,00	23,50	22,50	21,50	18,50	1,13
SB 0 - 10	39,25	31,00	29,75	28,75	27,50	26,50	21,50	1,27
SB 10 - 20	47,00	27,75	26,50	25,00	24,00	23,00	19,50	1,09
SB 20 - 30	44,25	27,00	26,00	24,25	23,00	22,25	19,00	1,15
SP 0 - 10	39,25	29,00	28,00	26,25	25,50	24,75	20,00	1,26
SP 10 - 20	45,00	28,00	26,75	24,75	23,75	23,00	19,00	1,15
SP 20 - 30	44,00	26,75	25,25	23,75	23,00	22,00	18,50	1,15

**Apêndice 3a** - Análise de variância do teor de umidade média mensal, na profundidade de 0 a 10 cm, em pastagem de *B. decumbens*, em três ambientes: área aberta, sob baru e sob pequi.

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Prob F
Entre ambientes	2	12,02	6,010	2,41	0,139
H1 - Meses (a1 +b1)	2	405,86	202,93	130,04	0,00
H2 - Meses (a2 + b2)	2	98,62	49,31	42,03	0,00
H3 - Meses (a3 + b3)	2	8,00	4,00	2,18	0,23
Desvios do tempo	5	234,38	46,87	18,80	0,00
Meses x ambiente (a1+b1)	4	6,24	1,56	0,63	0,65
Meses x ambiente (a1+b1)	4	4,69	1,17	0,47	0,76
Meses x ambiente (a1+b1)	4	7,33	1,83	0,73	0,59
Ambiente x desvios do tempo	10	24,93	2,49		
Total	35	802,08			

**Apêndice 3b** - Análise de variância do teor de umidade média mensal, na profundidade de 10 a 20 cm, em pastagem de *B. decumbens*, em três ambientes: área aberta, sob baru e sob pequi.

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	ProbF
Entre ambientes	2	11,59	5,79	2,58	0,12
H1 - Meses (a1 +b1)	2	243,72	121,86	265,12	0,00
H2 - Meses (a2 + b2)	2	33,43	16,71	40,46	0,00
H3 - Meses (a3 + b3)	2	9,22	4,61	7,23	0,05
Desvios do tempo	5	170,58	34,12	15,18	0,00
Meses x ambiente (a1+b1)	4	1,84	0,46	0,20	0,93
Meses x ambiente (a1+b1)	4	1,65	0,41	0,18	0,94
Meses x ambiente (a1+b1)	4	2,55	0,64	0,28	0,88
Ambiente x desvios do tempo	10	22,47	2,25		
Total	35	497,05			

**Apêndice 3c** - Análise de variância do teor de umidade média mensal, na profundidade de 20 a 30 cm em pastagem de *B. decumbens*, em três ambientes: área aberta, sob baru e sob pequi.

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	ProbF
Entre ambientes	2	7,61	3,81	2,93	0,10
H1 - Meses (a1 +b1)	2	188,86	94,43	473,00	0,00
H2 - Meses (a2 + b2)	2	20,51	10,25	19,65	0,01
H3 - Meses (a3 + b3)	2	10,40	5,02	5,29	0,07
Desvios do tempo	5	136,29	27,26	20,96	0,00
Meses x ambiente (a1+b1)	4	0,80	0,20	0,15	0,96
Meses x ambiente (a1+b1)	4	2,09	0,52	0,40	0,80
Meses x ambiente (a1+b1)	4	3,80	0,95	0,73	0,59
Ambiente x desvios do tempo	10	13,01	1,30		
Total	35	383,00			

**Apêndice 4** - Equação das tendências média e linear das características químicas do solo, na profundidade de 0 a 30 cm, em pastagem de *B. decumbens*, nos ambientes área aberta (AA), sob baru (SB) e sob pequi (SP), no período de abril/97 a abril/98.

Ambiente	Elemento	Mês	Equações				
AA	Al	Jul/97	Y= 0,74	-	0,019XL	-	0,757XQ
		Out/97	Y= 0,67	+	0,064XL	-	0,072XQ
		Dez/97	Y= 0,67	+	0,144XL	-	0,225XQ
		Mar/98	Y= 0,74	+	0,019XL	-	0,103XQ
	pH	Jul/97	Y= 5,06	-	0,107XL	+	0,121XQ
		Out/97	Y= 5,11	-	0,262XL	+	0,119XQ
		Dez/97	Y= 5,31	-	0,214xl	+	0,133XQ
		Mar/98	Y= 4,95	-	0,080XL	+	0,036XQ
	N	Jul/97	Y= 0,85	-	0,347XL	+	0,239XQ
		Out/97	Y= 1,17	-	0,321XL	+	0,117XQ
		Dez/97	Y= 1,02	-	0,428XL	+	0,375XQ
		Mar/98	Y= 0,74	-	0,091XL	+	0,103XQ
	C	Jul/97	Y= 11,84	-	5,024XL	+	2,875XQ
		Out/97	Y= 9,81	-	3,857XL	-	6,110XQ
		Dez/97	Y= 11,39	-	5,059X	-	0,003XQ
		Mar/98	Y= 7,11	-	2,742XL	+	0,306XQ
	C/N	Jul/97	Y= 13,83	-	0,315XL	+	1,181XQ
		Out/97	Y= 8,19	-	0,838XL	-	1,004XQ
		Dez/97	Y= 11,43	-	1,114XL	-	3,059XQ
		Mar/98	Y= 5,98	-	0,732XL	+	1,013XQ
	NO3	Jul/97	Y= 3,31	-	0,347XL	+	0,515XQ
		Out/97	Y= 4,31	-	0,123XL	-	0,173XQ
		Dez/97	Y= 3,35	-	1,256XL	-	0,041XQ
		Mar/98	Y= 3,11	-	0,099XL	+	0,142XQ
	NH4	Jul/97	Y= 21,63	+	5,08XL	+	1,12XQ
		Out/97	Y= 33,38	-	1,069XL	+	2,289XQ
		Dez/97	Y= 25,25	+	0,534XL	+	0,772XQ
		Mar/98	Y= 25,5	+	1,069XL	-	1,869XQ
	Cu	Jul/97	Y= 1,14	-	0,211XL	+	0,131XL
		Out/97	Y= 1,16	-	0,109XL	-	0,003XL
		Dez/97	Y= 2,06	-	0,454XL	-	0,200XL
		Mar/98	Y= 1,07	-	0,195XL	+	0,0429XL
	Fe	Jul/97	Y= 60,19	-	1,423XL	-	1,008XQ
		Out/97	Y= 50,37	-	1,435XL	-	1,003XQ
		Dez/97	Y= 80,31	+	1,684XL	-	1,013XQ
		Mar/98	Y= 65,97	-	1,127XL	-	1,070XQ
	Zn	Jul/97	Y= 1,02	-	0,080XL	+	0,148XQ
		Out/97	Y= 1,33	-	0,024XL	+	0,015XQ
		Dez/97	Y= 0,85	-	0,414XL	+	0,221XQ
		Mar/98	Y= 0,8	+	0,123XL	+	0,201XQ
	Mn	Jul/97	Y= 12,42	-	4,591XL	+	3,015XQ
		Out/97	Y= 9,51	-	5,161XL	+	0,947XQ
		Dez/97	Y= 11,54	-	10,26XL	+	6,00XQ
		Mar/98	Y= 11,27	-	7,481XL	+	3,593XQ
	Ca	Jul/97	Y= 0,1	-	0,059XL	+	0,049XQ
		Out/97	Y= 0,18	-	0,176XL	+	0,104XQ
		Dez/97	Y= 0,18	-	0,276XL	+	0,148XQ
		Mar/98	Y= 0,13	-	0,134XL	+	0,080XQ
	k	Jul/97	Y= 0,3	-	0,157XL	+	0,059XQ
		Out/97	Y= 0,36	-	0,139XL	+	0,012XQ
		Dez/97	Y= 0,61	-	0,355XL	-	0,243XQ
		Mar/98	Y= 0,29	-	0,125XL	+	0,048XQ
	Mg	Jul/97	Y= 0,3	-	0,200XL	+	0,143XQ
		Out/97	Y= 0,18	-	0,174XL	+	0,640XQ
		Dez/97	Y= 0,39	-	0,406XL	+	0,214XQ
		Mar/98	Y= 0,27	-	0,184XL	+	0,790XQ
SB		Jul/97	Y= 0,7	-	0,417XL	+	0,252XQ
		Out/97	Y= 0,72	-	0,486XL	+	0,176XQ
		Dez/97	Y= 1,18	-	1,013XL	+	0,119XQ
		Mar/98	Y= 0,69	-	0,046XL	+	0,205XQ

continua

Ambiente	Elemento	Mês	Equações					
SB	Al	Jul/97	Y=	0,5	+	0,444XL	-	0,229XQ
		Out/97	Y=	0,39	+	0,321XL	-	0,003XQ
		Dez/97	Y=	0,46	+	0,369XL	-	0,005XQ
		Mar/98	Y=	0,51	-	0,010XL	-	0,102XQ
	pH	Jul/97	Y=	5,28	-	0,107XL	+	0,198XQ
		Out/97	Y=	5,4	-	0,262XL	+	0,678XQ
		Dez/97	Y=	5,58	-	0,214xl	+	0,032XQ
		Mar/98	Y=	5,2	-	0,080XL	+	0,004XQ
	N	Jul/97	Y=	1,43	-	0,668XL	+	0,347XQ
		Out/97	Y=	1,47	-	0,561XL	+	0,157XQ
		Dez/97	Y=	1,33	-	0,508XL	+	0,407XQ
		Mar/98	Y=	1,45	-	0,695XL	+	0,539XQ
	C	Jul/97	Y=	16,15	-	4,356XL	+	3,462XQ
		Out/97	Y=	14,33	-	4,963XL	-	5,819XQ
		Dez/97	Y=	14,86	-	7,794X	+	3,467XQ
		Mar/98	Y=	13,36	-	9,151XL	+	3,541XQ
	C/N	Jul/97	Y=	11,15	+	4,014XL	+	0,118XQ
		Out/97	Y=	9,62	-	0,315XL	-	1,231XQ
		Dez/97	Y=	11,37	-	0,842XL	+	2,263XQ
		Mar/98	Y=	9,31	-	1,972XL	-	1,120XQ
	NO3	Jul/97	Y=	3,44	-	0,179XL	-	0,014XQ
		Out/97	Y=	4,69	-	0,123XL	-	0,173XQ
		Dez/97	Y=	3,36	-	0,048XL	+	0,003XQ
		Mar/98	Y=	4,32	-	0,299XL	+	0,071XQ
	NH4	Jul/97	Y=	31,56	+	0,801XL	+	0,365XQ
		Out/97	Y=	34,81	+	1,871XL	-	4,031XQ
		Dez/97	Y=	21,56	+	2,138XL	+	2,893XQ
		Mar/98	Y=	30,5	-	2,673XL	+	0,562XQ
	Cu	Jul/97	Y=	1,4	-	0,176XL	-	0,172XQ
		Out/97	Y=	1,29	-	0,174XL	-	0,0018XQ
		Dez/97	Y=	2,03	-	0,446XL	+	0,186XQ
		Mar/98	Y=	1,33	-	0,0124XL	+	0,821XQ
	Fe	Jul/97	Y=	90,91	-	1,345XL	-	1,147XQ
		Out/97	Y=	79,58	-	1,249XL	-	1,084XQ
		Dez/97	Y=	101,5	+	2,252XL	-	1,013XQ
		Mar/98	Y=	74,75	-	2,223XL	-	1,177XQ
	Zn	Jul/97	Y=	1,52	-	0,358XL	+	0,004XQ
		Out/97	Y=	1,08	-	0,377XL	+	0,244XQ
		Dez/97	Y=	1,01	-	0,759XL	+	0,465XQ
		Mar/98	Y=	1,35	-	0,591XL	+	0,105XQ
	Mn	Jul/97	Y=	22,99	-	20,09XL	+	11,31XQ
		Out/97	Y=	19,16	-	13,72XL	+	3,476XQ
		Dez/97	Y=	21,59	-	28,110XL	+	6,056XQ
		Mar/98	Y=	22,33	-	29,07XL	+	13,93XQ
	Ca	Jul/97	Y=	0,67	-	0,524XL	+	0,409XQ
		Out/97	Y=	0,77	-	0,278XL	-	0,009XQ
		Dez/97	Y=	0,7	-	0,564XL	+	0,346XQ
		Mar/98	Y=	0,68	-	0,371XL	+	0,160XQ
	k	Jul/97	Y=	0,67	-	0,599XL	-	0,000XQ
		Out/97	Y=	0,77	-	0,449XL	+	0,159XQ
		Dez/97	Y=	0,7	-	0,564XL	-	0,072XQ
		Mar/98	Y=	0,68	-	0,577XL	+	0,277XQ
	Mg	Jul/97	Y=	0,61	-	0,660XL	+	0,416XQ
		Out/97	Y=	0,63	-	0,510XL	+	0,146XQ
		Dez/97	Y=	0,73	-	0,869XL	+	0,331XQ
		Mar/98	Y=	0,53	-	0,644XL	+	0,370XQ
	SB	Jul/97	Y=	1,77	-	0,017XL	+	0,820XQ
		Out/97	Y=	1,89	-	0,124XL	+	0,295XQ
		Dez/97	Y=	1,85	-	2,001XL	+	0,603XQ
		Mar/98	Y=	1,52	-	0,016XL	+	0,799XQ

continua

Ambiente	Elemento	Mês	Equações			
SP	Al	Jul/97	Y= 0,81	+	0,404XL	- 0,364XQ
		Out/97	Y= 0,69	+	0,192XL	- 0,131XQ
		Dez/97	Y= 0,71	+	0,112XL	- 0,037XQ
		Mar/98	Y= 0,79	+	0,007XL	- 0,002XQ
	pH	Jul/97	Y= 5,1	-	0,240XL	+ 0,218XQ
		Out/97	Y= 5,04	-	0,166XL	+ 0,010XQ
		Dez/97	Y= 5,34	-	0,053XL	+ 0,060XQ
		Mar/98	Y= 4,95	-	0,053XL	+ 0,060XQ
	N	Jul/97	Y= 1,05	-	0,508XL	+ 0,303XQ
		Out/97	Y= 1,36	-	0,508XL	+ 0,178XQ
		Dez/97	Y= 1,12	-	0,668XL	+ 0,140XQ
		Mar/98	Y= 1,24	-	0,428XL	+ 0,237XQ
	C	Jul/97	Y= 13,68	-	6,959XL	+ 2,344XQ
		Out/97	Y= 12,82	-	6,809XL	+ 1,499XQ
		Dez/97	Y= 13,2	-	5,596X	+ 0,709XQ
		Mar/98	Y= 9,65	-	4,209XL	+ 1,223XQ
	C/N	Jul/97	Y= 13,1	+	0,1344XL	+ 1,638XQ
		Out/97	Y= 9,38	-	1,200XL	- 1,753XQ
		Dez/97	Y= 12,11	+	2,373XL	+ 0,089XQ
		Mar/98	Y= 7,97	-	0,379XL	- 0,382XQ
	NO3	Jul/97	Y= 3,36	-	0,428XL	- 0,010XQ
		Out/97	Y= 4,69	-	1,886XL	- 0,488XQ
		Dez/97	Y= 3,29	-	1,870XL	+ 0,018XQ
		Mar/98	Y= 3,85	-	0,018XL	+ 0,010XQ
	NH4	Jul/97	Y= 28,94	+	2,138XL	- 1,728XQ
		Out/97	Y= 33,94	-	1,069XL	- 0,168XQ
		Dez/97	Y= 25,06	+	4,276XL	- 1,166XQ
		Mar/98	Y= 28,94	-	1,603XL	+ 0,319XQ
	Cu	Jul/97	Y= 1,43	-	0,061XL	+ 0,106XQ
		Out/97	Y= 1,44	-	0,013XL	- 0,069XQ
		Dez/97	Y= 2,14	+	0,040XL	- 0,268XQ
		Mar/98	Y= 1,23	-	0,275XL	+ 0,066XQ
	Fe	Jul/97	Y= 90,51	-	1,164XL	- 1,157XQ
		Out/97	Y= 76,48	-	1,579XL	- 1,188XQ
		Dez/97	Y= 81,92	-	1,125XL	- 1,218XQ
		Mar/98	Y= 72,06	-	1,730XL	- 1,016XQ
	Zn	Jul/97	Y= 1,45	-	0,053XL	+ 0,145XQ
		Out/97	Y= 1,33	-	0,021XL	- 0,007XQ
		Dez/97	Y= 0,98	-	0,350XL	+ 0,303XQ
		Mar/98	Y= 1,56	-	0,166XL	- 0,134XQ
	Mn	Jul/97	Y= 13,13	-	12,47XL	+ 9,202XQ
		Out/97	Y= 11,62	-	11,68XL	+ 3,829XQ
		Dez/97	Y= 11,76	-	15,07XL	+ 9,690XQ
		Mar/98	Y= 11,3	-	9,57XL	+ 0,257XQ
	Ca	Jul/97	Y= 0,19	-	0,219XL	+ 0,250XQ
		Out/97	Y= 0,27	-	0,273XL	- 0,152XQ
		Dez/97	Y= 0,22	-	0,272XL	+ 0,219XQ
		Mar/98	Y= 0,15	-	0,118XL	+ 0,072XQ
	k	Jul/97	Y= 0,47	-	0,377XL	- 0,279XQ
		Out/97	Y= 0,5	-	0,120XL	+ 0,003XQ
		Dez/97	Y= 0,54	-	0,430XL	- 0,173XQ
		Mar/98	Y= 0,39	-	0,147XL	+ 0,017XQ
	Mg	Jul/97	Y= 0,38	-	0,350XL	+ 0,385XQ
		Out/97	Y= 0,32	-	0,326XL	+ 0,187XQ
		Dez/97	Y= 0,47	-	0,521XL	+ 0,367XQ
		Mar/98	Y= 0,29	-	0,173XL	+ 0,078XQ
	SB	Jul/97	Y= 1,04	-	0,951XL	+ 0,921XQ
		Out/97	Y= 1,09	-	0,708XL	- 0,324XQ
		Dez/97	Y= 1,23	-	1,219XL	+ 0,767XQ
		Mar/98	Y= 0,84	-	0,444XL	+ 0,139XQ

**Apêndice 5a - Análise de variância de médias mensais de rendimento de MS e concentração de elementos em *B. decumbens*, em área aberta.**

**Rendimento de MS**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	260,7800	52,1600	0,8004	0,5740
H1 - Meses (a1+b1)	2	6283,9500	3141,9800	14,1301	0,0012
Desvios do tempo	2	1076,3900	538,1900	8,2594	0,0076
Meses X Repetições	10	2223,6000	222,3600	3,4124	0,0329
Repetições X Tempo	10	651,6200	65,1600		
Total	29	10496,3400			

**Concentração de MS**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	70,6500	14,1310	2,4460	0,1072
H1 - Meses (a1+b1)	2	724,3900	362,1930	52,4883	0,0000
Desvios do tempo	2	270,1100	135,0540	23,3775	0,0002
Meses X Repetições	10	69,0000	6,9000	1,1944	0,3921
Repetições X Tempo	10	57,7700	5,7770		
Total	29	1191,9200			

**Teor de N**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0314	0,0063	1,1257	0,4067
H1 - Meses (a1+b1)	2	1,4550	0,7275	59,9825	0,0000
Desvios do tempo	2	0,6726	0,3363	60,3028	0,0000
Meses X Repetições	10	0,1213	0,0121	2,1749	0,1182
Repetições X Tempo	10	0,0558	0,0056		
Total	29	2,3359			

**Teor de PB**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	1,2057	0,2397	1,1063	0,4152
H1 - Meses (a1+b1)	2	56,5000	28,2519	59,0588	0,0000
Desvios do tempo	2	25,9700	12,9869	59,9360	0,0000
Meses X Repetições	10	4,7800	0,4784	2,2077	0,1139
Repetições X Tempo	10	2,1700	0,2167		
Total	29	90,6300			

**Teor de Ca**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0091	0,0018	7,6794	0,0033
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0018	0,0009	0,6056	0,5646
Desvios do tempo	2	0,0001	0,0000	0,1395	0,8415
Meses X Repetições	10	0,0147	0,0015	6,1961	0,0040
Repetições X Tempo	10	0,0024	0,0024		
Total	29	0,0280			

**Teor de P**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0018	0,0004	2,1617	0,1402
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0046	0,0023	9,9630	0,0042
Desvios do tempo	2	0,0009	0,0005	2,8740	0,1033
Meses X Repetições	10	0,0023	0,0002	1,4172	0,2959
Repetições X Tempo	10	0,0064	0,0002		
Total	29	0,0113			

**Teor de K**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,2900	0,0579	2,0820	0,1515
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0850	0,0424	2,2621	0,1547
Desvios do tempo	2	0,2260	0,1131	4,0623	0,0511
Meses X Repetições	10	0,1870	0,0187	0,6724	0,7291
Repetições X Tempo	10	0,2780	0,0278		
Total	29	1,0660			

**Teor de Mg**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0061	0,0012	1,6160	0,2422
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0111	0,0055	8,5266	0,0069
Desvios do tempo	2	0,0060	0,0030	3,9799	0,0535
Meses X Repetições	10	0,0065	0,0006	0,8668	0,5872
Repetições X Tempo	10	0,0075	0,0007		
Total	29	0,0371			

**Teor de Fe**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	241697,2700	48339,4500	4,5904	0,0195
H1 - Meses (a1+b1)	2	543794,4500	271897,2200	25,8013	0,0001
Desvios do tempo	2	205081,5700	102540,7800	9,7376	0,0045
Meses X Repetições	10	105381,2200	10538,1200	1,0007	0,4996
Repetições X Tempo	10	105304,4200	10530,4400		
Total	29	1201258,9200			

**Teor de Mn**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	8543,8400	1708,7700	1,5203	0,2675
H1 - Meses (a1+b1)	2	22483,1300	11241,5700	13,2403	0,0016
Desvios do tempo	2	11157,7900	5578,9000	4,9637	0,0318
Meses X Repetições	10	8490,4000	849,0400	0,7554	0,6671
Repetições X Tempo	10	11239,4200	1123,9400		
Total	29	61914,5900			

**Teor de Al**

	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob. F</b>
Repetições	5	0,0234	0,0047	4,3281	0,0234
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0169	0,0084	4,1655	0,0483
Desvios do tempo	2	0,0117	0,0059	5,4266	0,0254
Meses X Repetições	10	0,0202	0,0020	1,8697	0,1692
Repetições X Tempo	10	0,0108	0,0011		
Total	29	0,0831			

**Teor de Zn**

	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob. F</b>
Repetições	5	29,5900	5,9170	0,8796	0,5284
H1 - Meses (a1+b1)	2	406,6600	203,3320	12,8925	0,0017
Desvios do tempo	2	2,6000	1,2990	0,1931	0,8274
Meses X Repetições	10	157,7100	15,7710	2,3443	0,0976
Repetições X Tempo	10	67,2700	6,7270		
Total	29	663,8400			

**Teor de Cu**

	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob. F</b>
Repetições	5	19,6300	3,9251	3,3160	0,0504
H1 - Meses (a1+b1)	2	31,3900	15,6944	4,3347	0,0441
Desvios do tempo	2	28,4600	14,2279	12,0199	0,0022
Meses X Repetições	10	36,2100	3,6206	3,0588	0,0462
Repetições X Tempo	10	11,8400	1,1837		
Total	29	127,5100			

**Teor de FDN**

	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob. F</b>
Repetições	5	22,3300	4,4654	0,6073	0,6968
H1 - Meses (a1+b1)	2	149,8700	74,9360	9,4399	0,0050
Desvios do tempo	2	36,4700	18,2350	2,4800	0,1334
Meses X Repetições	10	79,3800	7,9382	1,0796	0,4530
Repetições X Tempo	10	73,5300	7,3527		
Total	29	361,5800			

**Apêndice 5b - Análise de variância de médias mensais de rendimento de MS e concentração de elementos em *B. decumbens*, em área sob baru.**

**Rendimento de MS**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	2107,4500	421,4900	7,2256	0,0042
H1 - Meses (a1+b1)	2	13162,400	6581,4200	32,3503	0,0000
Desvios do tempo	2	11108,7600	5554,3800	95,2186	0,0000
Meses X Repetições	10	2034,4200	203,4400	3,4876	0,0310
Repetições X Tempo	10	583,3300	58,3300		
Total	29	28996,8000			

**Concentração de MS**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	17,3400	3,4676	0,8187	0,5632
H1 - Meses (a1+b1)	2	73,8400	36,9212	22,0023	0,0000
Desvios do tempo	2	2,2900	1,1474	0,2709	0,7681
Meses X Repetições	10	16,7800	1,6781	0,3962	0,9199
Repetições X Tempo	10	42,3500	4,2355		
Total	29	152,6100			

**Teor de N**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,1487	0,0297	3,6530	0,0386
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,2082	0,1041	5,0717	0,0301
Desvios do tempo	2	0,4998	0,2499	37,7023	0,0000
Meses X Repetições	10	0,2053	0,0205	2,5220	0,0803
Repetições X Tempo	10	0,0814	0,0081		
Total	29	1,1433			

**Teor de PB**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	5,1200	1,0244	3,0329	0,0637
H1 - Meses (a1+b1)	2	7,3100	3,6539	4,1638	0,0484
Desvios do tempo	2	18,5000	9,2478	27,3795	0,0000
Meses X Repetições	10	8,7800	0,8775	2,5981	0,0740
Repetições X Tempo	10	3,3800	0,3378		
Total	29	4308,0000			

**Teor de Ca**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0239	0,0048	6,9667	0,0082
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0138	0,0069	13,7061	0,0014
Desvios do tempo	2	0,0080	0,0040	4,9807	0,3155
Meses X Repetições	10	0,0050	0,0005	0,6292	0,7616
Repetições X Tempo	10	0,0080	0,0008		
Total	29	0,0587			

**Teor de P**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0153	0,0031	3,4433	0,0455
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0136	0,0068	9,4005	0,0051
Desvios do tempo	2	0,0080	0,0040	4,4926	0,0405
Meses X Repetições	10	0,0072	0,0007	0,8126	0,6254
Repetições X Tempo	10	0,0089	0,0009		
Total	29	0,0531			

**Teor de K**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,2850	0,0570	1,5173	0,2684
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0240	0,0122	0,7087	0,5154
Desvios do tempo	2	0,4740	0,2370	6,3111	0,0169
Meses X Repetições	10	0,1710	0,0171	0,4565	0,8839
Repetições X Tempo	10	0,3750	0,0376		
Total	29	1,3300			

**Teor de Mg**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0025	0,0005	2,3963	0,1123
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0016	0,0008	2,4363	0,1374
Desvios do tempo	2	0,0118	0,0059	28,7909	0,0001
Meses X Repetições	10	0,0032	0,0003	1,5816	0,2407
Repetições X Tempo	10	0,0021	0,0002		
Total	29	0,0211			

**Teor de Fe**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	54568,7000	10913,7400	1,3840	0,3088
H1 - Meses (a1+b1)	2	58849,9000	29424,9500	11,1748	0,0028
Desvios do tempo	2	378338,5200	189169,2600	23,9883	0,0002
Meses X Repetições	10	26331,5700	2633,1600	0,3339	0,9508
Repetições X Tempo	10	78858,8700	7885,8900		
Total	29	596947,5800			

**Teor de Mn**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	8711,5400	1742,3100	18,9647	0,0001
H1 - Meses (a1+b1)	2	13236,0000	6618,0000	36,7514	0,0000
Desvios do tempo	2	1858,6200	929,3100	10,1154	0,0040
Meses X Repetições	10	1800,7500	180,0700	1,9601	0,1519
Repetições X Tempo	10	918,7100	91,8700		
Total	29	26525,6200			

**Teor de Al**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0038	0,0008	0,8852	0,5253
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0049	0,0024	7,0107	0,0125
Desvios do tempo	2	0,0108	0,0054	6,2751	0,0172
Meses X Repetições	10	0,0035	0,0003	0,4057	0,9145
Repetições X Tempo	10	0,0086	0,0009		
Total	29	0,0315			

**Teor de Zn**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	53,3700	10,6730	1,7218	0,2172
H1 - Meses (a1+b1)	2	241,3600	120,6810	7,4057	0,0106
Desvios do tempo	2	458,4900	229,2460	36,9818	0,0000
Meses X Repetições	10	162,9600	16,2960	2,6288	0,0716
Repetições X Tempo	10	61,9900	6,1990		
Total	29	978,1700			

**Teor de Cu**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	137,8900	27,5770	1,2479	0,3569
H1 - Meses (a1+b1)	2	554,1800	27,0910	26,8483	0,0001
Desvios do tempo	2	289,8300	144,9160	6,5578	0,0152
Meses X Repetições	10	103,2100	10,3210	0,4670	0,8771
Repetições X Tempo	10	220,9800	22,0980		
Total	29	1306,0900			

**Teor de FDN**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	78,7500	15,7507	3,7362	0,0362
H1 - Meses (a1+b1)	2	37,7700	18,8861	5,2132	0,0281
Desvios do tempo	2	49,0700	24,5367	5,8203	0,0211
Meses X Repetições	10	36,2300	3,6228	0,8594	0,5924
Repetições X Tempo	10	42,1600	4,2157		
Total	29	243,9800			

**Apêndice 5c - Análise de variância de médias mensais de rendimento de MS e concentração de elementos em *B. decumbens*, sob pequi.**

**Rendimento de MS**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	1431,4500	286,2900	2,6700	0,0800
H1 - Meses (a1+b1)	2	2297,2700	1148,6400	11,4800	0,0000
Desvios do tempo	2	2111,2800	1055,6400	9,8700	0,0000
Meses X Repetições	10	999,9500	99,9900	0,9300	0,5400
Repetições X Tempo	10	1069,9000	106,9900		
Total	29	7909,8500			

**Concentração de MS**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	41,0000	8,2000	2,0992	0,1490
H1 - Meses (a1+b1)	2	382,3400	191,7100	25,6457	0,0001
Desvios do tempo	2	210,3000	105,1510	26,9184	0,0001
Meses X Repetições	10	74,5400	7,4540	1,9083	0,1615
Repetições X Tempo	10	39,0600	3,9060		
Total	29	747,2500			

**Teor de N**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,1841	0,0368	1,4074	0,3013
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,5533	0,2766	12,7970	0,0018
Desvios do tempo	2	1,4569	0,7284	27,8494	0,0001
Meses X Repetições	10	0,2162	0,0216	0,8265	0,6155
Repetições X Tempo	10	0,2616	0,0262		
Total	29	2,6719			

**Teor de PB**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	7,2300	1,4462	1,4068	0,3015
H1 - Meses (a1+b1)	2	21,4700	10,7368	2,6557	0,0018
Desvios do tempo	2	56,6300	28,3127	27,5397	0,0001
Meses X Repetições	10	8,4800	0,8484	0,8252	0,6164
Repetições X Tempo	10	10,2800	1,0281		
Total	29	104,0900			

**Teor de Ca**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0236	0,0047	5,5879	0,0103
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0020	0,0010	0,8249	0,4660
Desvios do tempo	2	0,0047	0,0023	2,7830	0,1094
Meses X Repetições	10	0,0123	0,0012	1,4546	0,2822
Repetições X Tempo	10	0,0084	0,0084		
Total	29	0,0510			

**Teor de P**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0043	0,0009	5,9682	0,0082
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0005	0,0003	1,3836	0,2948
Desvios do tempo	2	0,0002	0,0001	0,8404	0,4599
Meses X Repetições	10	0,0020	0,0002	1,3488	0,3226
Repetições X Tempo	10	0,0015	0,0001		
Total	29	0,0085			

**Teor de K**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,1300	0,0261	1,1202	0,4091
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,6530	0,3266	35,1226	0,0000
Desvios do tempo	2	0,8090	0,4046	17,3683	0,0006
Meses X Repetições	10	0,0930	0,0093	0,3992	0,9182
Repetições X Tempo	10	0,2330	0,0233		
Total	29	1,9190			

**Teor de Mg**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0024	0,0005	1,3367	0,3247
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0032	0,0016	6,3120	0,0169
Desvios do tempo	2	0,0120	0,0060	16,4871	0,0007
Meses X Repetições	10	0,0025	0,0003	0,6925	0,7140
Repetições X Tempo	10	0,0036	0,0004		
Total	29	0,0238			

**Teor de Fe**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	48814,5900	9762,9200	0,4693	0,7911
H1 - Meses (a1+b1)	2	124332,0700	62166,0400	2,9799	0,0966
Desvios do tempo	2	914254,7700	457127,3900	21,9728	0,0002
Meses X Repetições	10	208619,7500	20861,9700	1,0028	0,4983
Repetições X Tempo	10	208042,1800	20804,2200		
Total	29	1504063,3700			

**Teor de Mn**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	2063,8700	412,7700	0,7385	0,6117
H1 - Meses (a1+b1)	2	5321,8000	2660,9000	9,8708	0,0043
Desvios do tempo	2	3052,9200	1526,4600	2,7309	0,1132
Meses X Repetições	10	2695,7400	269,5700	0,4823	0,8671
Repetições X Tempo	10	5589,6000	558,9600		
Total	29	18723,9200			

**Teor de Al**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	0,0060	0,0012	0,5655	0,7251
H1 - Meses (a1+b1)	2	0,0271	0,0136	7,2990	0,0111
Desvios do tempo	2	0,0499	0,0249	11,8100	0,0023
Meses X Repetições	10	0,0186	0,0019	0,8804	0,5778
Repetições X Tempo	10	0,0211	0,0021		
Total	29	0,1227			

**Teor de Zn**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	23,3900	4,6790	1,9114	0,1793
H1 - Meses (a1+b1)	2	218,3900	109,1930	12,0943	0,0021
Desvios do tempo	2	392,7500	196,3760	80,2241	0,0000
Meses X Repetições	10	90,2800	9,0280	3,6883	0,0256
Repetições X Tempo	10	24,4800	2,4480		
Total	29	749,2900			

**Teor de Cu**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	12,6400	2,5271	1,6015	0,2459
H1 - Meses (a1+b1)	2	48,1400	24,0686	4,9359	0,0323
Desvios do tempo	2	155,0200	77,5106	49,1200	0,0000
Meses X Repetições	10	48,7600	4,8762	3,0901	0,0448
Repetições X Tempo	10	15,7800	1,5780		
Total	29	280,3400			

**Teor de FDN**

	GL	SQ	QM	F	Prob. F
Repetições	5	17,0900	3,4178	1,3002	0,3376
H1 - Meses (a1+b1)	2	76,3600	38,1787	8,2586	0,0076
Desvios do tempo	2	24,0900	12,0451	4,5821	0,0387
Meses X Repetições	10	46,2300	4,6229	1,7586	0,1935
Repetições X Tempo	10	26,2900	2,6287		
Total	29	190,0500			