

## Fertilidade do solo e produtividade da pastagem em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*

Maria Izabel Radomski<sup>1</sup>, Jorge Ribaski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, CP 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

\*Autor correspondente:  
izabel@cnpf.embrapa.br

### Termos para indexação:

Sistemas agroflorestais  
Grevilea  
Pastagem  
Serapilheira

### Index terms:

Agroforestry systems  
Oak silver  
Forage  
Litter

### Histórico do artigo:

Recebido em 19 maio 2011  
Aprovado em 26 fev 2012  
Publicado em 30 mar 2012

doi: 10.4336/2012.pfb.32.69.53

**Resumo** - A grevilea é uma espécie arbórea nativa da Austrália, introduzida no Brasil, que pode ser utilizada em sistemas de produção com lavouras e pastagens (sistemas agrossilvipastoris). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da grevilea sobre a fertilidade do solo e a produtividade da pastagem de *Brachiaria brizantha*, em uma área de sistema silvipastoril com gado leiteiro, localizada no município de Tapejara, Paraná, região do Arenito Caiuá. Foram estabelecidos sete pontos equidistantes entre dois renques de árvores, com quatro repetições, nos quais foram efetuadas as coletas de pastagem em duas estações do ano (verão e inverno) e coletas de serapilheira e de solo apenas no inverno. Nas condições do Arenito Caiuá, a serapilheira formada pelas árvores de grevilea é uma importante fonte de matéria orgânica e nutrientes para o solo, além de favorecer a produção de matéria seca e melhoria dos teores de N e K da pastagem, particularmente no verão.

### Soil fertility and pasture productivity in a *Grevillea robusta* silvopastoral system

**Abstract** - The "silver oak" is an Australian native tree species that was introduced in Brazil to shade agricultural species and forages (agrosilvopastoral systems). The aim of this work was to evaluate the silver oak effects on the soil fertility and the *Brachiaria brizantha* productivity in a silvopastoral system located at Arenito Caiuá geology, Tapejara, Paraná State, Brazil. Seven equidistant places were selected between two tree lines, with four repetitions. In these points it was collected the forage (winter and summer) and the soil and litter samples in the winter. In the sandstone region named Arenito Caiuá the silver oak litter is a very important source of organic matter and nutrients to the soil and it also promotes the the dry matter production, the increase of N and K contents of the forage, mainly in the summer.

### Introdução

A introdução do componente arbóreo em sistemas de produção pecuários, configurando os sistemas silvipastoris, tem por objetivo a diminuição dos impactos ambientais negativos, próprios dos sistemas tradicionais de criação de gado. Os sistemas silvipastoris favorecem a recuperação de pastagens degradadas,

diversificando a produção das propriedades e gerando produtos e lucros adicionais, o que permite reduzir a dependência externa de insumos, intensificando o uso do recurso solo e seu potencial produtivo em longo prazo (Franke & Furtado, 2001).

As árvores beneficiam as pastagens, principalmente quanto à proteção do solo e à disponibilidade de nutrientes, pois, com raízes mais profundas, parcial ou

totalmente ativas no solo, possibilitam: a estabilização física da massa do solo, seja pelo efeito direto de aproximação das partículas, seja por influência indireta da adição de matéria orgânica sobre as propriedades físicas do solo; o deslocamento de nutrientes de camadas mais profundas para a superfície do solo; a reserva temporária de nutrientes, imobilizados nas raízes e parte aérea, evitando sua perda por erosão ou mesmo lixiviação; a redistribuição de carbono (C) e nutrientes em profundidade, favorecendo a atividade microbiana e da fauna do solo, com consequências benéficas em termos de aeração e permeabilidade e o aumento da capacidade de sequestro de C pelos sistemas nos quais as árvores estão inseridas (Baliero et al, 2005; Gatto et al., 2010).

As árvores também influenciam na produtividade e no valor nutritivo das forrageiras, e a intensidade destes efeitos varia em função do arranjo e da espécie arbórea utilizada, do grau de sombreamento e da tolerância da espécie forrageira à sombra (Castro et al., 2009; Paciullo et al., 2008; Oliveira et al., 2007)

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de *Grevillea robusta* sobre a fertilidade do solo e a produtividade da pastagem *Brachiaria brizantha* em sistema silvipastoril.

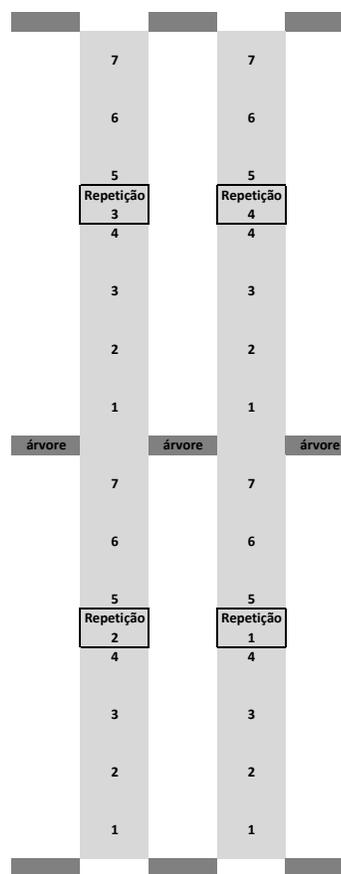
## Material e métodos

Para condução deste estudo foi selecionado um sistema silvipastoril constituído por grevilea (*Grevillea robusta*) com 22 anos de idade, braquiária (*Brachiaria brizantha* cv brizantha) e rebanho bovino destinado à produção de leite (Holandês Mestiço). A propriedade está localizada na região noroeste do Paraná, onde predomina a formação geológica Arenito Caiuá e clima tipo Cfa (Embrapa, 1984). A área selecionada para o estudo apresenta relevo suave ondulado e solo classificado como latossolo vermelho distrófico espessarênico, textura média leve. No sistema silvipastoril o espaçamento médio dos renques simples de grevilea é de 30 m x 3,5 m, correspondendo a 95 árvores por hectare, cuja altura média atual é de 15 m. As árvores foram plantadas em curvas de nível e encontram-se orientadas no sentido norte-sul. Três anos antes deste estudo foi efetuada correção e adubação do solo por meio da aplicação de 1,4 t ha<sup>-1</sup> de calcáreo dolomítico, 188 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfósforo triplo) e K<sub>2</sub>O (KCl), e 167 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio (aplicado em cobertura por três meses outubro,

novembro e dezembro). No período de estudo, no verão de 2009, o tempo de ocupação da área com os bovinos foi de 20 dias, em média, com um intervalo de descanso de 30 dias; no inverno, a ocupação da área foi de 45 dias, com o mesmo intervalo de descanso. A taxa de lotação, no mesmo período, foi de 8 UA ha<sup>-1</sup>, em média.

As parcelas amostrais foram configuradas por meio de um delineamento em blocos ao acaso, pelo estabelecimento de quatro transectos (blocos) entre renques de árvores, com sete pontos amostrais equidistantes (tratamentos), sendo que os pontos mais próximos das árvores foram locados a 1,0 m da linha de árvores, com distância entre pontos de 4,6 m. Apesar de alguns pontos serem equivalentes em termos de distância (1 e 7, 2 e 6, 3 e 5), os pontos foram considerados tratamentos distintos, devido à posição diferenciada em relação à sombra projetada pelas árvores ao longo do dia.

As parcelas foram isoladas com cerca elétrica, 30 e 45 dias antes das coletas de verão e inverno,



**Figura 1.** Representação esquemática das parcelas amostrais no sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. Tapejara, PR.

respectivamente, simulando o período de repouso utilizado pelo agricultor para a recuperação da pastagem.

### Coleta de serapilheira e solo

A coleta de serapilheira foi realizada sobre cada ponto amostral em uma área de 0,5 m x 0,5 m, em coleta única, no inverno de 2009. Nessa área toda a serapilheira foi pesada e encaminhada para secagem em estufa a 60 °C, para determinação da matéria seca disponível e determinação dos teores de macronutrientes. Antes da análise, as amostras foram separadas em duas frações básicas: fração “miscelânea” - composta por resíduos da pastagem, fragmentos vegetais não identificáveis e esterco - e fração “grevílea” - composta por folhas, ramos, frutos e sementes da grevilea - tendo-se obtido a proporção, em percentagem de peso destas frações, para cada ponto amostral. Em seguida, as amostras foram encaminhadas para determinação dos teores totais de N, P, K, Ca e Mg, conforme Claessen (1997), e C total, obtido por queima total de 1g de material vegetal, a 550 °C em mufla, conforme Taylor et al. (1989) e Wesemael (1993). Com base nos valores da matéria seca disponível e nos teores de elementos minerais, foi estimado o conteúdo de nutrientes e carbono da serapilheira.

Logo abaixo da serapilheira foram coletadas as amostras de solo de três camadas superficiais, 0-2,5 cm, 2,5-5 cm e 5-10 cm, para determinação do pH, acidez potencial,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Al^{+3}$ , P e C orgânico, segundo Claessen (1997) e Nogueira & Souza (2005). Complementarmente, e no mesmo dia, foi efetuada a coleta de um perfil amostral, em área de pastagem solteira contígua ao sistema silvipastoril, para a caracterização e análises químicas e granulométricas dos horizontes diagnósticos e classificação do solo de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Santos et al., 2006).

### Coleta de pastagem

Foram efetuadas coletas no verão e no inverno de 2009. Sobre cada ponto do transecto, em uma área amostral de 1 m<sup>2</sup>, cortou-se a parte aérea da forragem, a cerca de 10 cm de altura do solo. O material colhido foi pesado e uma amostra foi encaminhada para determinação da matéria seca disponível (MS), dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, e da fibra em detergente neutro (FDN), conforme método de Van Soest simplificado (Nogueira & Souza, 2005).

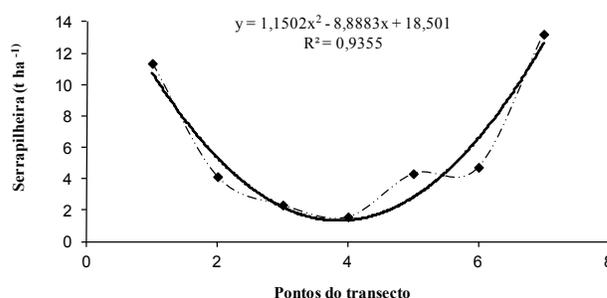
### Análise estatística

As quantidades de elementos minerais na serapilheira e os teores de elementos minerais e FDN na pastagem foram comparados por meio da aplicação do teste Tukey a 5% de probabilidade. O comportamento da produção de serapilheira e de matéria seca nos tratamentos foi previsto por meio de curvas de regressão ajustadas ao maior valor de R<sup>2</sup>.

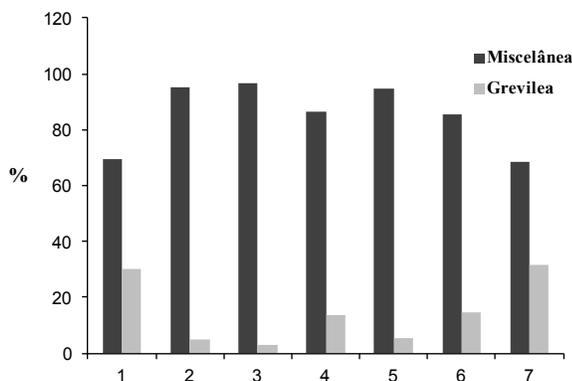
## Resultados e discussão

### Serapilheira e solo

A produção de serapilheira variou em função das distâncias avaliadas no transecto, com maiores aportes nos pontos mais próximos das linhas de árvores e menor quantidade na porção central do transecto (Figura 2). Essas diferenças estão relacionadas à maior contribuição das árvores na composição da serapilheira nas posições próximas à projeção da copa (Figura 3), em relação à miscelânea, composta por fragmentos mais decompostos. Além disso, nos pontos mais próximos das árvores, a predominância de material lenhoso associado a um ambiente com menor insolação e maior retenção de umidade (Porfírio-da-Silva, 1998; Souza, 2008) contribui para uma menor taxa de decomposição do material orgânico, ao contrário das áreas mais centrais onde a influência da sombra das árvores é menos acentuada, expondo o solo às altas temperaturas e, conseqüente, levando ao aumento da decomposição do material orgânico.



**Figura 2.** Produção de serapilheira em função da distância das árvores, em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. Tapejara, PR.



**Figura 3.** Distribuição das frações da serapilheira em função da distância das árvores, em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. Tapejara, PR.

Com base na Tabela 1 estão apresentados o conteúdo de nutrientes e carbono da serrapilheira. O N é o elemento que está presente em maior quantidade, seguido pelo Ca, Mg, K e P. Em função da maior quantidade de serapilheira, os maiores conteúdos de nutrientes ocorrem nos pontos mais próximos aos renques, fato devido principalmente à presença de material lenhoso das árvores, que tende a se acumular na área de projeção da copa.

Além dos nutrientes, a serapilheira também favorece o estoque de carbono no sistema. A contribuição das árvores é evidente quando se observa as quantidades superiores de C no material depositado nos pontos mais próximos do renque arbóreo, efeito tanto da concentração de material mais lignificado (deposição de ramos mais grossos), quanto da preservação do material orgânico devido aos efeitos do sombreamento. Os altos valores da relação C: N, obtidos para praticamente todos os pontos amostrados (Tabela 1), demonstram que além das árvores, o pasto remanescente (folhas e colmos senescentes) pode influenciar positivamente esta relação. Essa condição é desejável particularmente nas condições estudadas, onde o solo, em função do material de origem (com predominância da fração areia), apresenta características físicas que resultam em uma baixa capacidade de retenção de íons e de água, com reflexo direto na produtividade dos cultivos. Compostos orgânicos em decomposição contribuem para a formação de cargas no solo, com liberação de nutrientes e melhoria na capacidade de armazenamento de água. Entretanto, estudos relatam que a alta relação C:N da serapilheira depositada pela braquiária (Boddey et al., 2003) tende a imobilizar o N do solo, levando à indisponibilidade

**Tabela 1.** Quantidade estimada de C, N, P, K, Ca e Mg e relação C:N na serapilheira depositada em SSP com *Grevillea robusta*. Tapejara, PR.

| Ponto       | Quantidade (kg ha <sup>-1</sup> ) |         |       |       |        |         |        |
|-------------|-----------------------------------|---------|-------|-------|--------|---------|--------|
|             | C                                 | N       | C:N   | P     | K      | Ca      | Mg     |
| 1           | 6772,0 a                          | 134,3 a | 50 a  | 6,5 a | 15,6 a | 104,6 a | 18,6 a |
| 2           | 1315,4 b                          | 53,3 b  | 25 b  | 5,6 a | 4,2 b  | 31,5 bc | 9,5 b  |
| 3           | 1042,9 b                          | 22,0 bc | 48 ab | 2,2 b | 2,3 b  | 13,3 c  | 5,1 bc |
| 4           | 561,8 c                           | 12,7 c  | 44 ab | 1,7 b | 1,8 b  | 10,6 c  | 3,5 c  |
| 5           | 1952,8 b                          | 34,7 bc | 56 a  | 3,9 b | 5,4 b  | 28,5 bc | 7,5 bc |
| 6           | 1552,7 b                          | 43,9 b  | 35 b  | 2,1 b | 10,6 a | 52,1 b  | 6,0 bc |
| 7           | 4805,8 a                          | 142,5 a | 33 b  | 6,0 a | 25,4 a | 167,3 a | 22,8 a |
| Média geral | 2571,9                            | 63,3    | 42    | 4,0   | 9,3    | 58,2    | 10,4   |
| CV (%)      | 89,8                              | 83,8    | 10,3  | 51,0  | 92,8   | 99,1    | 70,8   |

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

do elemento para as plantas e consequente degradação da pastagem (Jantalia et al., 2006). Neste caso, a presença das árvores no sistema permite aumentar a quantidade de N na serapilheira e a mineralização deste nutriente (Baleiro et al., 2004). Neste estudo, foi possível identificar a influência das árvores de grevilea na serapilheira, com valores de N significativamente

superiores no material depositado na área de pastagem mais próxima dos renques.

Na Tabela 2 encontram-se os valores referentes à composição química e granulométrica para os horizontes avaliados. A predominância da fração areia contribui para a baixa capacidade de troca de cargas do solo (valor T), com valores abaixo de 4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, resultando na

baixa disponibilidade de bases trocáveis, particularmente K. O predomínio da areia grossa na fração areia também contribui para uma baixa capacidade de retenção de água desse solo, o que implica em menor produtividade, particularmente em períodos prolongados de estiagem. As características granulométricas, associadas a um clima com temperaturas médias anuais acima de 22 °C e altas precipitações pluviométricas (Marun, 1996; IAPAR, 2000), também contribuem para uma maior taxa de oxidação da matéria orgânica, refletida nos baixos teores de carbono orgânico (CO) do solo. Essas características demonstram a grande fragilidade desse solo em termos de susceptibilidade à erosão e lixiviação de nutrientes, mesmo em condições de cobertura permanente, como é o caso das pastagens.

Em relação a P, os teores são considerados bastante baixos e sua presença é devida principalmente à ciclagem de material orgânico, já que estes solos são derivados de material de origem pobre neste elemento (Embrapa, 1984).

Em relação às características do solo no SSP, não houve diferença significativa na fertilidade em função das distâncias avaliadas, apenas uma tendência de maiores teores de C, P, K, Ca e Mg na camada de 0-2,5 cm nos pontos mais próximos às árvores, favorecendo a capacidade de troca de cátions (valor T) e a saturação de bases (V%), em relação a área sem arborização. Isso demonstra que as condições edafoclimáticas da região, associadas a sistemas de produção de uso mais intensivo do solo propiciam maiores taxas de decomposição da matéria orgânica, impedindo acúmulos significativos de C e nutrientes em longo prazo.

Kindu et al. (2006) observaram que *Grevillea robusta*, apesar de apresentar baixos teores foliares de N e P quando comparada com outras espécies arbóreas,

contribui com o aumento da fertilidade nas camadas superficiais do solo, devido a grande deposição de serapilheira. Este efeito não foi observado neste estudo, com uma relativa uniformidade na fertilidade observada entre os tratamentos (Tabela 3). Várias causas podem explicar esta uniformidade. Uma delas é um possível efeito residual da correção de solo e fertilização efetuados anteriormente, além da redistribuição de nutrientes via componente arbóreo por meio da serapilheira das árvores. Outra causa é a rápida absorção dos nutrientes disponibilizados pela decomposição da serapilheira pela pastagem sem que os mesmos cheguem a se acumular no solo. Na mesma região, Porfírio-da-Silva (1994) relatou o incremento de nutrientes no solo, particularmente K e Ca, sob a área de projeção das copas de *G. robusta* em pastagem de *Cynodon plectostachyus* sem adubação. O autor comenta que, além do efeito das árvores, deve-se considerar também o efeito da deposição dos excrementos sólidos dos animais durante o pastejo, os quais podem contribuir significativamente com elementos minerais como Ca e P.

No caso da grevilea, trabalhos relatam a capacidade da espécie em promover um fluxo de nutrientes de camadas mais profundas do solo para a superfície por meio da deposição da serapilheira (Niranjana et al., 2008; Kindu et al., 2006). Nesse fluxo, deve-se também considerar o reaproveitamento de quantidades remanescentes da adubação feita anteriormente e não utilizada pela pastagem, devido aos processos de lixiviação dos nutrientes que ocorrem nesta classe de solo.

### Pastagem

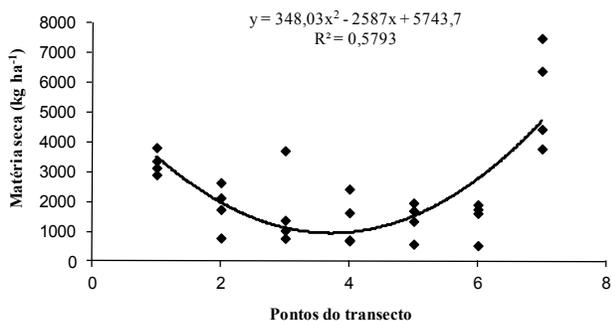
A disponibilidade de matéria seca apresentou comportamento distinto em função da estação do ano (Figuras 4 e 5). A dispersão dos dados, mais evidente

**Tabela 2.** Características químicas e granulométricas do latossolo vermelho-amarelo distrófico espessarênico sem arborização. Tapejara, PR.

| Horizonte (cm)                     | P                   | C.O                | pH  | Al <sup>3+</sup> | H+Al <sup>3+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | K <sup>+</sup> | T    | V  | m  | Areia grossa                       | Areia fina         | Silte | Argila |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|-----|------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|------|----|----|------------------------------------|--------------------|-------|--------|
|                                    | mg dm <sup>-3</sup> | g dm <sup>-3</sup> |     |                  |                    |                  |                  |                |      |    |    | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | g kg <sup>-1</sup> |       |        |
| Ap (0-17)                          | 2,23                | 4,38               | 4,7 | 0,21             | 2,31               | 0,91             | 0,58             | 0,09           | 3,89 | 41 | 5  | 63                                 | 26                 | 1     | 4      |
| A <sub>2</sub> (17-30)             | 0,88                | 3,21               | 4,2 | 0,51             | 2,70               | 0,67             | 0,03             | 0,16           | 3,55 | 24 | 14 | 62                                 | 24                 | 5     | 10     |
| B <sub>1</sub> (30-50)             | 0,5                 | 1,83               | 3,9 | 1,08             | 3,18               | 0,33             | 0,26             | 0,04           | 3,80 | 16 | 28 | 55                                 | 28                 | 6     | 12     |
| B <sub>2</sub> (50-80)             | 0                   | 0,73               | 4,0 | 0,86             | 2,36               | 0,41             | 0,27             | 0,03           | 3,07 | 23 | 28 | 58                                 | 28                 | 6     | 8      |
| B <sub>3</sub> (80-110)            | 0,1                 | 0,51               | 4,0 | 1,3              | 3,18               | 0,44             | 0,46             | 0,03           | 4,10 | 23 | 32 | 52                                 | 26                 | 9     | 14     |
| B <sub>4</sub> (110 <sup>+</sup> ) | 0,61                | 1,75               | 4,0 | 1,15             | 2,78               | 0,34             | 0,73             | 0,02           | 3,87 | 28 | 30 | 59                                 | 22                 | 9     | 16     |

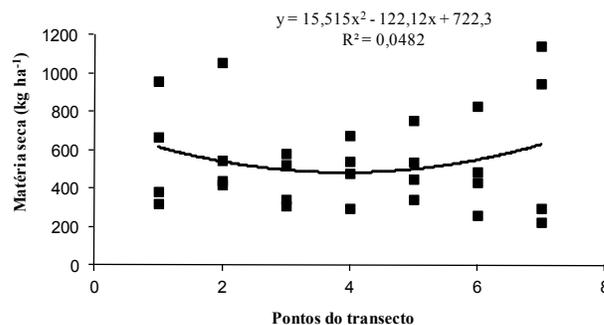
**Tabela 3.** Características químicas das frações 0-2,5; 2,5-5 e 5-10 cm do solo sob SSP com *Grevillea robusta*. Tapejara, PR.

| Ponto | Prof. (cm) | P                   |                    | pH  | Al <sup>3+</sup> | H+Al <sup>3+</sup> | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | K <sup>+</sup> | T    | V  | m    |
|-------|------------|---------------------|--------------------|-----|------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|------|----|------|
|       |            | mg.dm <sup>-3</sup> | g.dm <sup>-3</sup> |     |                  |                    |                  |                  |                |      |    |      |
| 1     | 0 - 2,5    | 9,92                | 5,41               | 5,2 | 0,06             | 2,38               | 2,67             | 0,72             | 0,10           | 5,87 | 59 | 0,94 |
|       | 2,5 - 5    | 5,85                | 5,54               | 5,0 | 0,07             | 2,34               | 1,96             | 0,42             | 0,08           | 4,80 | 50 | 1,59 |
|       | 5 - 10     | 5,59                | 4,05               | 4,9 | 0,09             | 2,05               | 1,78             | 0,24             | 0,05           | 4,12 | 48 | 2,47 |
| 2     | 0 - 2,5    | 10,62               | 5,76               | 5,5 | 0,04             | 1,87               | 2,01             | 1,16             | 0,07           | 5,11 | 62 | 0,85 |
|       | 2,5 - 5    | 11,75               | 4,21               | 5,4 | 0,05             | 1,95               | 1,49             | 0,58             | 0,05           | 4,07 | 52 | 1,11 |
|       | 5 - 10     | 7,45                | 4,97               | 5,3 | 0,06             | 1,88               | 1,41             | 0,48             | 0,04           | 3,80 | 50 | 1,55 |
| 3     | 0 - 2,5    | 9,51                | 6,29               | 5,4 | 0,03             | 2,02               | 1,50             | 1,11             | 0,07           | 4,69 | 54 | 0,72 |
|       | 2,5 - 5    | 10,87               | 4,16               | 5,5 | 0,05             | 1,76               | 1,29             | 0,72             | 0,05           | 3,82 | 54 | 1,30 |
|       | 5 - 10     | 8,98                | 3,12               | 5,5 | 0,04             | 1,73               | 1,15             | 0,55             | 0,05           | 3,48 | 50 | 1,23 |
| 4     | 0 - 2,5    | 10,76               | 4,66               | 5,6 | 0,04             | 1,97               | 1,78             | 1,18             | 0,07           | 5,00 | 59 | 0,77 |
|       | 2,5 - 5    | 4,71                | 5                  | 5,2 | 0,08             | 1,96               | 1,33             | 0,60             | 0,04           | 3,95 | 49 | 2,17 |
|       | 5 - 10     | 4,02                | 6,01               | 4,9 | 0,12             | 2,04               | 1,01             | 0,49             | 0,05           | 3,58 | 42 | 3,54 |
| 5     | 0 - 2,5    | 13,29               | 4,9                | 5,6 | 0,04             | 1,81               | 1,92             | 1,27             | 0,06           | 5,07 | 62 | 0,73 |
|       | 2,5 - 5    | 9,32                | 4,93               | 5,3 | 0,05             | 1,86               | 1,37             | 0,66             | 0,06           | 3,95 | 52 | 1,35 |
|       | 5 - 10     | 5,89                | 4,64               | 5,1 | 0,10             | 1,99               | 1,27             | 0,51             | 0,04           | 3,81 | 46 | 2,57 |
| 6     | 0 - 2,5    | 6,52                | 4,2                | 5,6 | 0,03             | 1,84               | 1,92             | 1,00             | 0,08           | 4,83 | 61 | 0,69 |
|       | 2,5 - 5    | 3,19                | 4,03               | 5,3 | 0,05             | 1,92               | 1,40             | 0,50             | 0,04           | 3,86 | 49 | 1,33 |
|       | 5 - 10     | 2,57                | 3,84               | 5,1 | 0,08             | 1,97               | 1,29             | 0,35             | 0,10           | 3,71 | 46 | 2,13 |
| 7     | 0 - 2,5    | 13,53               | 5,46               | 5,9 | 0,04             | 1,92               | 4,00             | 1,62             | 0,18           | 7,72 | 75 | 0,55 |
|       | 2,5 - 5    | 27,43               | 5,75               | 6,0 | 0,04             | 1,93               | 2,86             | 1,86             | 0,14           | 6,80 | 72 | 0,60 |
|       | 5 - 10     | 4,17                | 3,24               | 5,9 | 0,04             | 1,83               | 1,81             | 1,07             | 0,06           | 4,77 | 61 | 0,87 |



**Figura 4.** Disponibilidade de matéria seca de *B. brizantha* em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*, no verão. Tapejara, PR.

no inverno, demonstra uma provável interferência de outros fatores na produção da matéria seca, como, por exemplo, a presença de resíduos de esterco dos animais nos pontos de coleta, influenciando a maior produção de matéria seca. Outro fator que contribui para esta dispersão é a própria presença das árvores, seja em função das projeções de sombra diferenciadas nos



**Figura 5.** Disponibilidade de matéria seca de *B. brizantha* em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*, no inverno. Tapejara, PR.

pontos, seja pela deposição da serapilheira influenciando a disponibilidade de nutrientes para a pastagem.

No verão, a influência das árvores sobre a produção de pastagem foi mais evidente do que no inverno, com uma maior produção de matéria seca sob as copas das árvores. Este fato também foi identificado por Porfírio-da-Silva (1998), que obteve maiores valores de área

específica de folha (AEF), índice de área foliar (IAF) e razão de área foliar (RAF) para pastagens sombreadas com grevilea. De acordo com esse autor, os resultados indicam que a pastagem ajusta-se fisiologicamente a menor disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), utilizando de forma mais eficiente os recursos disponíveis, como umidade do solo, nutrientes e RFA, conforme também observado por Oliveira et al. (2007) em área de *B. brizantha* sombreada por diferentes arranjos de eucalipto. Em função dessas adaptações, *B. brizantha* é classificada como tolerante à sombra e recomendada como espécie com alto potencial de produção em sistemas silvipastoris (Varella et al., 2009).

Considerando a média geral, a disponibilidade de matéria seca do inverno foi 74% inferior a do verão, com uma média de 544 kg ha<sup>-1</sup> contra 2.294 kg ha<sup>-1</sup>. Esse fato reflete as condições climáticas da região, que associam um período de baixa pluviometria e ocorrência esporádica de geadas, demonstrando que, particularmente no inverno, a presença das árvores pode não ser o suficiente para garantir uma produção homogênea e satisfatória de forragem. Entretanto, apesar da menor produção geral, observa-se que os maiores conteúdos de matéria seca ainda ocorreram nos pontos mais próximos das árvores (Figura 5).

Em relação à análise química da pastagem, N, K, Ca e Mg foram os elementos que apresentaram maior

O teor de N foi influenciado pela posição do pasto em relação às árvores, tendo-se verificado diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos tanto no verão quanto no inverno. Em ambas as estações, os teores foram mais altos no pasto mais próximo das árvores. A ocorrência de teores mais elevados de N em plantas de sombra está relacionada à maior expansão foliar e a menor assimilação de C, resultando em maiores conteúdos de aminoácidos ao invés de compostos baseados em cadeias longas de carbono (Taiz & Zeiger, 2004; Dias-Filho, 2000). Os resultados desse estudo, entretanto, discordam de Oliveira et al. (2007), que não observaram diferenças significativas no N em pastagem de *B. brizantha* sombreada com eucalipto. Neste caso, deve-se considerar que outros fatores podem influenciar a absorção de N pela pastagem, e, no caso do SSP estudado, a contribuição da grevilea na formação da matéria orgânica do solo por meio da deposição de serapilheira nos pontos mais próximos às árvores (Figura 3 e Tabela 1) pode ter aumentado a disponibilidade do N para a braquiária. Os dados da Tabela 1 mostram que a relação C:N neste resíduo tem valores maiores que 30, em média. Vale observar que a decomposição de MO é favorecida em materiais residuais com relação C:N menores que 30. Porém, como se trata de um SSP com 22 anos, o acúmulo e a decomposição no tempo (mesmo sendo lenta) estariam favorecendo a pastagem.

**Tabela 4.** Teor dos elementos N, P, K, Ca e Mg e de fibras em *Brachiaria brizantha*, nas estações verão e inverno, em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. Tapejara, PR.

| Ponto transecto | N                  |            | P          |            | K           |              | Ca         |            | Mg         |            | FDN         |            |
|-----------------|--------------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
|                 | g.kg <sup>-1</sup> |            |            |            |             |              |            |            |            |            |             |            |
|                 | Ver.               | Inv.       | Ver.       | Inv.       | Ver.        | Inv.         | Ver.       | Inv.       | Ver.       | Inv.       | Ver.        | Inv.       |
| 1               | 18,78<br>aA        | 18,9<br>aA | 2,24<br>aA | 1,69<br>aA | 34,79<br>aA | 13,23<br>abB | 4,32<br>aB | 6,74<br>aA | 2,91<br>aB | 4,00<br>aA | 29,05<br>aA | 23,7<br>aA |
| 2               | 12,78<br>bA        | 14,8<br>bA | 2,42<br>aA | 2,40<br>aA | 26,08<br>bA | 15,35<br>aB  | 3,77<br>aB | 5,86<br>aA | 3,37<br>aB | 4,64<br>aA | 29,34<br>aA | 26,7<br>aA |
| 3               | 9,77<br>cB         | 12,3<br>bA | 2,08<br>aA | 2,12<br>aA | 27,99<br>bA | 12,46<br>bB  | 3,26<br>aB | 6,21<br>aA | 2,74<br>aB | 4,45<br>aA | 28,38<br>aA | 25,5<br>aA |
| 4               | 10,61<br>bcB       | 13,4<br>bA | 2,11<br>aA | 2,05<br>aA | 29,78<br>bA | 13,02<br>abB | 3,23<br>aA | 4,99<br>aA | 2,77<br>aB | 3,85<br>aA | 27,18<br>aA | 24,0<br>aA |
| 5               | 10,96<br>bcA       | 12,6<br>bA | 2,40<br>aA | 2,66<br>aA | 23,45<br>bA | 11,72<br>bB  | 4,05<br>aB | 6,39<br>aA | 3,29<br>aB | 4,52<br>aA | 28,18<br>aA | 25,9<br>aA |
| 6               | 12,99<br>bA        | 14,3<br>bA | 1,88<br>aA | 1,86<br>aA | 28,35<br>bA | 12,05<br>bB  | 3,54<br>aB | 5,45<br>aA | 3,02<br>aB | 4,09<br>aA | 29,34<br>aA | 25,6<br>aA |
| 7               | 19,08<br>aA        | 18,3<br>aA | 2,21<br>aA | 1,86<br>aA | 37,00<br>aA | 14,94<br>aB  | 3,71<br>aB | 5,10<br>aA | 3,40<br>aA | 3,73<br>aA | 27,56<br>aA | 27,7<br>aA |
| Média geral     | 13,56<br>A         | 14,95<br>A | 2,19<br>A  | 2,09<br>A  | 29,63<br>A  | 13,25<br>B   | 3,70<br>B  | 5,82<br>A  | 3,07<br>A  | 4,18<br>A  | 28,44<br>A  | 25,58<br>A |
| CV (%)          | 27,17              | 19,03      | 13,05      | 20,23      | 23,68       | 20,00        | 18,21      | 24,13      | 20,51      | 17,47      | 7,42        | 8,63       |

Em relação aos teores de N não diferirem entre as duas estações de coleta, uma possibilidade é a maior produção de colmos no verão, o que representaria uma diminuição na concentração deste elemento (efeito de diluição) em relação à matéria seca aérea da planta.

Os teores de K no verão foram superiores aos do inverno, e variaram em função ( $p < 0,05$ ) dos pontos do transecto apenas no verão, sendo maiores ( $p < 0,05$ ) na pastagem mais próxima das árvores. Esse fato reflete a maior mobilidade do K por ocasião da maior atividade fisiológica das plantas (estação quente) e também indica uma resposta a maior disponibilidade de K proveniente da decomposição da serapilheira nos pontos mais próximos às árvores, conforme indicam as Tabelas 1 e 2.

Para Ca e Mg foram obtidos maiores teores no inverno ( $p < 0,05$ ) em relação ao verão, o que pode estar relacionado ao efeito de concentração devido às diferenças na produção de matéria seca entre as estações. Em relação ao transecto, não houve influência significativa do componente arbóreo nos teores desses elementos.

Os teores de FDN não apresentaram variação ao longo dos transectos ( $p < 0,05$ ), para as duas estações avaliadas, fato também verificado em *B. brizantha* sombreada por eucalipto (Oliveira et al., 2007). Observam-se, entretanto, teores ligeiramente maiores ( $p > 0,05$ ) no verão do que no inverno, possivelmente relacionados a um maior investimento em crescimento de colmos em relação à lâmina foliar no período mais quente, o que resultaria no aumento do teor de fibras da biomassa aérea (Paciullo et al., 2008).

### Conclusões

Nas condições do Arenito Caiuá, a serapilheira formada por *Grevillea robusta* é uma importante fonte de matéria orgânica em longo prazo para o solo e fornecimento de nutrientes para o desenvolvimento da pastagem.

A produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* foi favorecida pela presença da grevilea, particularmente no verão.

Os teores foliares de N e K da pastagem foram favorecidos pela presença de *Grevillea robusta*.

O K foi o elemento mais influenciado pela época de coleta e pela posição da pastagem em relação às árvores.

### Agradecimentos

À Família Penasso por disponibilizar a área para esses estudos, e aos colegas Antonio Kodama, Arnaldo de Oliveira Soares e Roberto Carletto pelo imprescindível apoio nas atividades de campo.

### Referências

- BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A.; PEREIRA, M. G.; CAMPELOO, E. F. C.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M.; ALVES, B. J. R. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, p. 597-601, 2004.
- BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A.; DIAS, P. F. **Sistemas agrossilvipastoris**: a importância das leguminosas arbóreas para as pastagens da Região Centro-Sul. Botucatu: Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, FCA – FMVZ - Unesp Botucatu, 2005. Disponível em: <[http://www.caprillvirtual.com.br/Artigos/sist\\_agrossilvipast\\_nutrir.pdf](http://www.caprillvirtual.com.br/Artigos/sist_agrossilvipast_nutrir.pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2009.
- BODDEY, R. M.; XAVIER, D. F.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Brazilian agriculture: the transition to sustainability. **Journal of Crop Production**, New York, v. 9, p. 593-621, 2003.
- CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; MULLER, M. D.; NASCIMENTO JUNIOR, E. R. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 19-25, dez. 2009. Edição especial. DOI: 10.4336/2009.pfb.60.19.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 2335-2341, 2000.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**: tomo 1. Londrina: Embrapa/SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. 414 p.
- FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. **Sistemas silvipastoris**: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51 p. (Embrapa Acre. Documentos; 74).
- GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P.; VILLANI, E.M.A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 34, p.1069-1079, 2010.
- JANTALIA, C. P.; TÁRRE, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Acumulação de carbono no solo em pastagens de *Brachiaria*. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Manejo de sistemas agrícolas**: impactos no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Gênese, 2006. p. 157-170.

- KINDU, M.; GLATZEL, G.; TADESSE, Y.; YOSEF, A. Tree species screened on nitosols of central Ethiopia: biomass production, nutrient contents and effect on soil nitrogen. **Journal of Tropical Forest Science**, Kuala Lumpur, v. 18, n. 3, p. 173-180, 2006.
- IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**: versão 1.0. Londrina, 2000. CD-ROM.
- MARUN, F. Propriedades físicas e biológicas de um latossolo vermelho-escuro do Arenito Caiuá sob pastagem e culturas anuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 8, p. 593-597, ago. 1996.
- NIRANJANA, K. S.; VISWANATH, S. Root characteristics of tea (*Camelia sinensis* (L.) O. Kuntze) and silver oak (*Grevillea robusta* A. Cunn) in a mixed tea plantation at Munnar, Kerala. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 46, n. 1-2, p. 25-31, 2008.
- NOGUEIRA, A. R. de A.; SOUZA, G. B. de (Eds.). **Manual de laboratório**: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334 p.
- OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. P. A.; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIN, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, MG, v. 31, n. 3, p. 748-757, maio/jun. 2007.
- PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 7, p. 917-923, jul. 2008.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril (*Grevillea* + pastagem): uma proposição para o aumento de produção no arenito Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., 1994, Porto Velho. **Anais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1994. v. 2. p. 291-297.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Modificações microclimáticas em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta***. A. Cunn. ex. R.Br. no noroeste do Estado do Paraná. 1998. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SOUZA, W. de. **Comportamento de bovinos de corte e o microclima em sistemas silvipastoris com eucaliptos**. 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TAYLOR, B. R.; PARKINSON, D.; PARSONS, W. F. J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. **Ecology**, v. 70, p. 97-104, 1989.
- VARELLA, A. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; RIBASKI, J.; SOARES, A. B.; MORAES, A.; MORAIS, H.; SAIBRO, J. C.; BARRO, R. S. Estabelecimento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta-pecuária no Sul do Brasil. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 283-328.
- WESEMAEL, R. van. Litter decomposition and nutrient distribution in humus profiles in some Mediterranean forests in southern Tuscany. **Forest Ecology Management**, v. 57, p. 99-114, 1993.

