

# **AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE FITOMASSA E ACÚMULO DE N, P E K EM LEGUMINOSAS ARBÓREAS NO SISTEMA DE ALÉIAS, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ<sup>1</sup>**

Luciano Rodrigues Queiroz<sup>2</sup>, Fábio Cunha Coelho<sup>3</sup>, Deborah Guerra Barroso<sup>3</sup> e Valéria Aparecida Vieira Queiroz<sup>4</sup>

**RESUMO** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de fitomassa da parte aérea e o acúmulo de N, P e K nas leguminosas arbóreas em sistemas agroflorestais de aléias, bem como verificar o efeito da adição de fósforo sobre as leguminosas. Foram realizados experimentos de campo com a utilização de leguminosas, com e sem adição de P, por dois anos consecutivos de avaliação, em Campos dos Goytacazes, RJ. Os tratamentos consistiram do sistema de aléias com *Albizia lebbbeck* (L.) Benth., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Pers. Após oito meses de plantio das leguminosas, estas foram podadas a 1,5 m de altura, restando a haste principal. O material podado foi pesado, descartando-se os ramos com diâmetro superior a 1,5 cm e sendo retiradas as amostras compostas para determinações da fitomassa seca e dos teores de N, P e K. Efetuou-se nova poda 80 dias após a primeira, e pesou-se esse material. No primeiro ano, o guandu mostrou-se superior na produtividade de fitomassa seca e no acúmulo de N, P e K. No segundo ano de avaliação, no experimento com adição de P a leucena e a canafístula assemelharam-se ao guandu na produtividade de fitomassa, enquanto a leucena e o guandu, no acúmulo de N e P, porém a leucena superou o guandu e a canafístula no acúmulo de K na parte aérea. A aplicação de P teve efeito positivo na produtividade de fitomassa seca de algumas espécies.

Palavras-chave: Adubação verde, agrofloresta e fósforo.

## **EVALUATION OF PHYTOMASS PRODUCTIVITY AND N, P AND K ACCUMULATION OF SHRUB LEGUMES IN ALLEY CROPPING SYSTEM IN CAMPOS DOS GOYTACAZES (RJ)**

**ABSTRACT** – The objective of this study was to evaluate the shoot phytomass and shrub legumes N, P and K accumulation in agroforestry system (alley cropping system) and study the effect of P fertilization. Two field experiments were carried out - without and with P application - for two years: 2004 and 2005, using shrub legumes in Campos dos Goytacazes - RJ - Brazil. The treatments consisted of alley cropping system with the species: *Albizia lebbbeck* (L.) Benth., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit., *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Pers.. Eight months after the plantation, the legumes were pruned at 1.5-m height, and the shoot phytomass was weighed. Stems with diameter higher than 1.5 cm were not considered in the weighed phytomass. The dry matter obtained in the pruning was expressed as kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Samples from

<sup>1</sup> Recebido em 15.03.2006 e aceito para publicação em 09.10.2006.

<sup>2</sup> Doutor em Produção Vegetal, Laboratório de Fitotecnia, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF. Av. Alberto Lamego, 2000, 28013-602 Campos dos Goytacazes-RJ. E-mail: <lqueiroz@uenf.br>.

<sup>3</sup> Laboratório de Fitotecnia da UENF. E-mail: <fcoelho@uenf.br>; <deborah@uenf.br>.

<sup>4</sup> Embrapa Milho e Sorgo, caixa postal:151, 35701-970 Sete Lagoas-MG. E-mail: <valeria@cnpmc.embrapa.br>.

*the pruning were used to determine the dry phytomass and N, P and K contents. New pruning was carried out eighty days after the first cut. In the first crop year, **Cajanus cajan (L.) Millsp.** produced the highest dry phytomass and accumulated the highest amounts of N, P and K; while in the second year, in the experiment with P fertilization, **Cajanus cajan (L.) Millsp.**, **Peltophorum dubium (Spreng.) Stend.** and **Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit.** produced the highest dry phytomass, and **Leucaena** accumulated the highest amount of K in shoot phytomass. Phytomass productivity was higher when some legumes received phosphorus application.*

*Keywords: Green manure, agroforestry and phosphorus.*

## 1. INTRODUÇÃO

A redução na produtividade das culturas anuais e, ou, perenes, conseqüência da perda de fertilidade do solo provocada pelo declínio de matéria orgânica e pela deficiência de ciclagem de nutrientes no solo, têm se tornado comum nos sistemas de agricultura tradicional. A utilização de leguminosas arbóreas ou arbustivas, como forma de melhorar a fertilidade natural dos solos, tem sido uma prática bastante comum nas regiões tropicais, destinadas à produção de alimentos básicos. No entanto, apesar dos benefícios que os sistemas agroflorestais podem trazer, pouco se sabe sobre a magnitude das modificações microclimáticas e das respostas ecofisiológicas das espécies arbóreas e das culturas agrícolas, decorrentes de sua implantação.

Nos últimos anos, tem-se focalizado o estabelecimento de uma agricultura sustentável, fundamentada na manutenção da produtividade, na redução dos custos de produção, na preservação do ambiente e na diminuição da dependência de insumos industrializados, transformando os mecanismos de exploração social. Assim, a utilização de processos microbiológicos, visando ao aumento da disponibilidade de nutrientes, torna-se necessário, especialmente com relação ao nitrogênio para o qual a fixação biológica pode ser maximizada.

Os sistemas agroflorestais (SAF's) constituem uma alternativa de produção agropecuária que minimiza o efeito da intervenção humana. Ao imitar o ambiente natural pela consorciação de várias espécies dentro de uma área, aumenta-se a diversidade do ecossistema e aproveitam-se as interações favoráveis entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções (YOUNG, 1997). Carvalho et al. (2004) notaram que o solo sob sistema agroflorestal apresenta menor densidade aparente, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior estabilidade de agregados, em comparação com o mesmo solo sob sistema de plantio convencional.

O sistema agroflorestal na forma de aléias, ou cultivo em alamedas, consiste no crescimento de culturas alimentares ou comerciais entre ruas formadas por árvores e arbustos, em geral leguminosas perenes, de porte arbustivo ou arbóreo, em fileiras suficientemente espaçadas entre si, para permitir o cultivo de culturas alimentares ou comerciais entre elas, com crescimento rápido e preferencialmente fixadoras de N<sub>2</sub> (KANG et al., 1990). Estas têm suas copas podadas durante a estação de crescimento da cultura principal, e o produto das podas é aplicado no solo, onde se decompõem e fornecem nutrientes às plantas.

Três hipóteses são colocadas para explicar o aumento observado na fertilidade, após a introdução do sistema agroflorestal com espécies arbustivas em aléias: (i) o crescimento das culturas é acelerado pelo fornecimento de nutrientes, especialmente N, liberados pela decomposição de resíduos de árvores, os quais são aplicados por meio de uma poda regular; (ii) repetidas aplicações de material podado de leguminosas aumentam o conteúdo de matéria orgânica do solo; e (iii) o sistema radicular profundo de árvores é capaz de extrair nutrientes de camadas profundas do solo, deixando-os ao alcance para o crescimento das culturas através da ciclagem (KANG et al., 1990).

A contribuição de N pelas leguminosas para outras culturas em consórcio depende das espécies utilizadas, seu potencial de nodulação e eficiência na produção de fitomassa, o que é determinado pela espécie, material genético e condições ambientais, podendo ser potencializado pelo manejo dos resíduos (RAO e MATHUVA, 2000).

O conhecimento sobre o desempenho das leguminosas deve ser regionalizado, para que a escolha da melhor espécie recaia naquela com maior potencial de produção de fitomassa, de reciclagem de nutrientes e que melhor se ajuste ao sistema agrícola adotado na produção de culturas comerciais. Na falta de

informações sobre as leguminosas na região de Campos do Goytacazes, RJ, escolheram-se espécies de leguminosas arbóreas e arbustivas tropicais relatadas na literatura com potencial para esse sistema em outras regiões. Sendo elas: *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. (albízia), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (canafístula), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (leucena), *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (guandu), *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (sesbânia), *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (sabiá ou sansão-do-campo) e *Gliricidia sepium* (Jacq) Pers. (gliricídia).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de fitomassa seca da parte aérea das leguminosas utilizadas em SAFs e os acúmulos de N, P e K, bem como verificar o efeito da adição de fósforo sobre o desenvolvimento das leguminosas, em Campos dos Goytacazes, RJ.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois ensaios de campo com leguminosas arbóreas consorciadas com a cultura do milho, no Campo Experimental da Universidade Estadual do Norte Fluminense: Colégio Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, RJ, por dois anos de avaliação. A latitude local é de 21°45' (S), a longitude de 41°18' (W) e a altitude média da região é de 11 m. O clima é tropical chuvoso, pelo método de Köppen.

O ensaio foi realizado em Latossolo Amarelo Distrófico, e os resultados das análises química e física são apresentados no Quadro 1. Stamford e Silva (2000) consideram que a calagem não é necessária no cultivo da grande maioria das leguminosas tropicais. Com base nesse relato e aliado ao fato de a saturação

de bases da área experimental não ser muito baixa (44-45%), a calagem não foi realizada.

Montaram-se dois experimentos para as avaliações. No experimento 1, fez-se uma adubação fosfatada (60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> superfosfato simples) no sulco de plantio das leguminosas, enquanto no experimento 2 não se fez adubação fosfatada nas plantas de leguminosas e nas de milho. O preparo do solo foi realizado com arado de discos, uma gradagem com uma grade de discos de 20 polegadas e, em seguida, uma sulcagem, para o plantio das leguminosas.

Os experimentos foram constituídos por sete tratamentos, sendo sete espécies da família Fabaceae, obtidas no Banco de Germoplasma do Setor de Silvicultura da UENF, a saber: *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. (albízia), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (canafístula), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (leucena), *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (guandu), *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (sesbânia), *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (sabiá ou sansão-do-campo) e *Gliricidia sepium* (Jacq) Pers. (gliricídia), obtida na UFRRJ, em Seropédica, RJ.

As leguminosas foram semeadas diretamente no campo experimental, após escarificação mecânica das sementes, com o adicional de 30% na sua densidade, em 1º de novembro de 2003, exceto a gliricídia, que foi a partir de estacas (40 cm de comprimento) totalmente enterradas no sulco de plantio. Após 30 dias de emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, estabelecendo-se duas plantas por metro de todas as espécies em estudo.

Após oito meses do plantio das leguminosas, em 01/07/2004 estas foram podadas manualmente a 1,5 m de altura, ficando apenas a haste principal sem folhas.

**Quadro 1** – Análises química e física dos solos dos experimentos 1 (com aplicação de P), e 2 (sem aplicação de P) em Campos dos Goytacazes, RJ

**Table 1** – Chemical and physical soil analyses of experiment 1 (with P) and 2 (without P) in Campos dos Goytacazes-RJ

Experimento	pH	P		Na	Ca			C	MO	S.B.		T	m		V	Classe textural
		mg/dm <sup>3</sup>	K		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	Mg	H+Al			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	%		%			
1	5,6	14	41	0,03	2,1	1,0	4,0	1,17	20,2	3,2	7,2	0	45	Argilo arenoso		
2	5,5	6	38	0,04	2,0	1,3	4,3	1,17	20,2	3,4	7,7	3	44	Argiloso		

S.B.= soma de bases, T = CTC a pH 7,0, m = saturação de alumínio e V = saturação de bases.



Esse material podado (folhas e ramos de diâmetro de até aproximadamente 1,5 cm) foi coletado e pesado para se determinar o peso da matéria fresca das leguminosas (BARRETO e FERNANDES, 2001). Fez-se a amostragem desse material (descartando os ramos mais grossos) para obter o teor de água e o peso da matéria seca da biomassa vegetal e para a determinação dos teores e acúmulo de N, P e K no material podado. A amostragem da parte aérea das espécies utilizadas foi uma amostra composta de cada espécie, coletando-se quantidades iguais de todas as parcelas dos dois experimentos (sem e com adição de P).

As amostras foram embaladas em sacos de papel devidamente identificados e levadas ao laboratório para secagem em estufa com ventilação forçada a 65 °C, por 72 h. Após esse período, as amostras foram pesadas para determinação do peso da matéria seca. As amostras secas das leguminosas foram trituradas em moinho tipo Willey, com peneira de 20 malhas por polegada, e armazenadas para posteriores determinações químicas.

Cada unidade experimental (U.E.) foi constituída por uma fileira de 5 m, com duas plantas de leguminosas por metro linear, e fileiras espaçadas entre si 5,6 m.

Nas linhas entre as árvores, foi semeado milho (*Zea mays*, Híbrido UENF 506-8). O sistema de cultivo adotado para a cultura anual foi o convencional, sendo o preparo do solo com aração e gradagem. O cultivo do milho teve como objetivo favorecer possíveis retornos econômicos durante o estágio inicial de desenvolvimento das árvores (VIEIRA et al., 2003).

Nos dois experimentos e nos dois ciclos de cultivo, controlaram-se com capinas manuais as ervas invasoras. Segundo as recomendações de Mattei e Rosenthal (2002), o controle de formigas saúvas foi contínuo, utilizando-se iscas, com vistorias constantes, para não perder plântulas muito pequenas e facilmente elimináveis.

A segunda poda foi realizada 80 dias após a primeira, em 20/09/2004, seguida pela pesagem do material (descartados galhos mais grossos que 1,5 cm de diâmetro).

Foi pesada amostra de 100 mg da matéria seca da parte aérea das leguminosas para as determinações de N, P e K. Fez-se a digestão sulfúrica (LINDER, 1944),

seguida da avaliação colorimétrica, utilizando o reagente de Nessler para a determinação do N-orgânico (JACKSON, 1965) e o método da vitamina C para determinar o P (BRAGA e DEFELIPO, 1974), sendo ambas as leituras realizadas no colorímetro “Spekol UV VIS ZEISS” e a fotometria de chama para o K, num aparelho modelo “Analyser 910”.

Os valores anuais de produtividade de fitomassa seca (FMS) foram o resultado da soma de duas podas. Os valores de acúmulo de N, P e K foram obtidos com base nos resultados dos teores da análise foliar realizada na amostra, que foi retirada na primeira poda (01/07/2004), multiplicados pela produtividade de fitomassa seca em cada ano.

Em 18/04/2005, as leguminosas foram novamente podadas a 1,5 m de altura, permanecendo somente a haste principal. Após 80 dias, repetiu-se a operação. O material vegetal resultante foi pesado como no ano anterior, e amostras foram retiradas para determinar o teor de água e calcular a fitomassa seca.

O delineamento experimental foi constituído de blocos casualizados com quatro repetições. Realizaram-se a análise de variância de cada experimento e, posteriormente, a análise de variância conjunta. Em caso de efeitos significativos, foi aplicado o teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados obtidos dos teores de N, P e K na biomassa amostrada das leguminosas não passaram por análise estatística, sendo utilizados como dados auxiliares à discussão dos resultados provenientes do acúmulo de nutrientes pela biomassa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Produtividade de fitomassa seca

Observou-se que, nos experimentos com adição de fósforo (P) e sem aplicação de P, a maior produtividade de fitomassa seca da parte aérea foi obtida pelo guandu, que diferiu significativamente dos demais tratamentos no primeiro ano experimental (Quadro 2). Nesse ano, no experimento com adição de P o guandu produziu 102% a mais de fitomassa seca que canafístula, enquanto no experimento sem adição de P a diferença foi ainda maior, pois essa produtividade foi 221% maior que o segundo melhor tratamento (canafístula). Alcântara

et al. (2000) obtiveram, em Lambari, MG, 13200 kg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca do guandu, confirmando sua alta produtividade, a qual é explicada pela grande capacidade de enraizamento, uma vez que sua raiz pivotante atravessa camadas compactadas, explorando, assim, amplo volume de solo e podendo reciclar nutrientes em elevada quantidade.

No Estado da Paraíba, entretanto, Nascimento e Silva (2004) verificaram maior eficiência da leucena e do guandu na produção de fitomassa seca, com valores de 12.480 e 9.390 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Alves et al. (2004), em Seropédica, RJ, alcançaram 11.000 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de guandu contendo 283 kg de N e 23 kg de P, o que não afetou positivamente a produtividade da cultura em consórcio, pois o solo já estava fértil e sob manejo orgânico. Entretanto, segundo esses autores, por contribuir na manutenção da fertilidade do solo, o cultivo de guandu em aléias pode ser uma prática vantajosa para os produtores orgânicos.

O guandu é, possivelmente, menos exigente em P no solo que as demais leguminosas avaliadas, uma vez que existe P disponível no solo do experimento, embora baixo (Quadro 1) ou, ainda, que possua uma associação com micorrizas bastante eficientes, uma vez que conseguiu manter elevada produtividade de fitomassa seca, em baixo conteúdo de P no solo, em comparação com às demais espécies. Tais explicações

estão de acordo com o trabalho de Sanginga et al. (1996), que relataram que o guandu foi uma das espécies de leguminosas testadas com baixa resposta a P e alta colonização micorrízica quando comparada com outras espécies mais responsivas a P. A influência de fungos micorrízicos na absorção de P foi verificada por Habte e Manjunath (1987), citados por Sanginga et al. (1996), concluindo que plantas com intensa associação micorrízica têm mais baixo requerimento de P no solo que plantas sem efetiva micorrização.

No ano de 2005, a diferença de produtividade de fitomassa seca entre o guandu e a canafístula foi maior no experimento sem adição de fósforo. Nesse ano, a produtividade do guandu foi superior em relação às demais leguminosas, embora no experimento com aplicação de P a canafístula, a leucena e o guandu não apresentaram médias com diferença significativa na produtividade de fitomassa seca (Quadro 3). Evidencia-se, assim, a importância da adubação fosfatada para algumas espécies que exigem esse nutriente para se desenvolverem e alcançarem razoável produtividade de fitomassa (RAIJ, 1991).

Essa boa “performance” da canafístula em Campos dos Goytacazes é corroborada pela conclusão de Mattei e Rosenthal (2002) de que a semeadura direta de canafístula é uma alternativa para a implantação da espécie, possibilitando transformar áreas de capoeiras em um sistema agroflorestral no futuro.

**Quadro 2** – Produtividade de fitomassa seca e acúmulo dos nutrientes N, P e K pela biomassa das leguminosas, nos experimentos sem e com adição de P, no ano de 2004, em Campos dos Goytacazes, RJ

**Table 2** – Dry phytomass productivity and N, P and K shrub legumes accumulated in two experiments – without and with phosphorus (P) fertilization – in 2004, in Campos dos Goytacazes, RJ

Tratamento	Sem P				Com P			
	FMS	N	P	K	FMS	N	P	K
	kg ha <sup>-1</sup>				kg ha <sup>-1</sup>			
Albúzia	193 d	6 d	0,3 d	2 e	304 d	10 d	0,4 c	3 d
Canafístula	1670 b	34 c	2,7 c	12 c	2970 b**	60 b*	4,7 b*	21 b*
Gliricídia	360 d	11 d	0,6 d	4 e	528 d	16 d	0,9 c	7 d
Guandu	5371 a	114 a	9,7 a	48 a	6017 a*	128 a	10,8 a	53 a
Leucena	1613 c	52 b	3,4 b	19 b	1633 b	52 b	3,4 b	20 b
Sabiá	1108 c	26 c	1,6 c	7 d	1078 c	25 c	1,6 c	6 d
Sesbânia	1091 c	33 c	2,3 c	13 c	1073 c	33 c	2,2 c	13 c
C.V.: %	19	19	19	19	21	20	20	21

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. \* e \*\* representam efeito significativo de P em nível de 5% ou 1%, respectivamente. FMS = fitomassa seca.

**Quadro 3** – Produtividade de fitomassa seca e acúmulo dos nutrientes N, P e K pela biomassa das leguminosas, nos experimentos sem e com adição de P, no ano de 2005, em Campos dos Goytacazes, RJ

**Table 3** – Dry phytomass productivity and N, P and K shrub legumes accumulated in two experiments – without and with phosphorus (P) fertilization – in 2005, in Campos dos Goytacazes, RJ

Tratamento	Sem P				Com P			
	FMS	N	P	K	FMS	N	P	K
	kg ha <sup>-1</sup>				kg ha <sup>-1</sup>			
Albícia	463 e	15 d	0,7 d	5 d	1540 c**	49 c**	2,4 d**	15 d**
Canafístula	3630 b	73 b	5,8 b	25 b	4384 a*	88 b*	6,9 b	30 c
Gliricídia	2386 c	75 b	4,1 c	29 b	2858 b	90 b*	4,7 c	36 b
Guandu	4486 a	96 a	8,1 a	40 a	4593 a	98 a	8,2 a	41 b
Leucena	1464 d	47 c	3,1 c	18 c	4216 a**	135 a**	8,9 a**	52 a**
Sabiá	1862 d	43 c	2,8 d	11 d	2119 b	50 c	3,2 d	12 d
Sesbânia	648 e	20 d	1,4 d	8 d	1456 d*	44 c**	3,0 d	16 d**
C.V.: %	17	15	16	15	19	18	20	19

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. \* e \*\* representam efeito significativo de P em nível de 5% ou 1%, respectivamente. FMS = fitomassa seca.

No primeiro ano de ensaio, a albícia e a gliricídia foram as espécies que exibiram as menores produtividades de fitomassa seca nos dois experimentos, mas no segundo ano a gliricídia apresentou aumento de produtividade nos dois experimentos (Quadros 2 e 3). Tais resultados indicam maior estabelecimento dessa espécie na área, certamente pelo maior crescimento do sistema radicular. Radersma e Grierson (2004) observaram que exsudatos radiculares de *Cassia* e *Grevillea* elevam a desorção e dissolução do P e tornam o P orgânico em P inorgânico, aumentando, assim, a absorção de fósforo. Dessa forma, aumenta-se a eficiência da FBN pela maior disponibilidade de fosfatos, resultando em maior desenvolvimento das brotações.

A sesbânia e o guandu apresentaram redução de produção de fitomassa seca no segundo ano (Quadros 2 e 3) em relação ao primeiro ano, sendo explicada pelo fato de que tais espécies mostraram reduzida brotação após a segunda poda e um lento desenvolvimento dos brotos (parâmetros não quantificados, mas observados no campo).

O sabiá e a sesbânia em 2004 (com P) produziram valores de FMS intermediários aos demais tratamentos, próximo ao valor exibido no experimento sem adição de P, ou seja, nota-se a ausência de resposta ao P. Isso contradiz o trabalho de Resende et al. (1999), que estudaram a resposta de diversas espécies florestais nos estádios iniciais e notaram que as espécies *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. e *Sesbania virgata* (Cav.)

Pers. foram mais responsivas ao fornecimento de P, indicando a necessidade do suprimento deste nutriente para o adequado desenvolvimento. Deve-se ressaltar, no entanto, que o solo utilizado por esses pesquisadores apresentava apenas 1,0 mg dm<sup>-3</sup> de P, enquanto o solo utilizado neste experimento apresenta valores um pouco mais altos (Quadro 1), o que pode explicar essa ausência de resposta nesse primeiro ano.

No ano de 2004, notou-se efeito significativo de P apenas para a produtividade de fitomassa seca do guandu e da canafístula. Já no ano de 2005 não houve mais o efeito do P na produtividade da fitomassa seca do guandu, mas sim para canafístula, leucena, sesbânia e albícia (Quadros 2 e 3).

O efeito do fósforo levando ao incremento na produtividade de fitomassa seca e, por consequência, ao aumento no acúmulo de nutrientes é explicada porque o fósforo participa de grande número de compostos essenciais em diversos processos metabólicos das plantas. Está presente também nos processos de transferência de energia, e desde o início do desenvolvimento vegetal participa da formação dos primórdios das partes reprodutivas (RAIJ, 1991). Esse mesmo autor comentou que o P estimula o desenvolvimento radicular e é essencial para a boa formação de frutos e sementes. A grande maioria das espécies florestais, quando na sua fase de muda, necessita de maior disponibilidade de fósforo, pois a demanda deste nutriente é mais intensa nessa fase.

As leguminosas, uma vez que dependem da simbiose como fonte de nitrogênio, requerem alto teor de fósforo no solo para suprir as demandas de energia nos processos de fixação biológica do  $N_2$ .

### 3.1.2. Acúmulo de N, P e K pelas leguminosas

Os dados obtidos dos teores médios de N, P e K na biomassa amostrada das leguminosas são apresentados no Quadro 4. De maneira geral, o guandu foi o que mais acumulou N, P e K na biomassa da parte aérea, entretanto, com a aplicação de P em 2005, a leucena apresentou acúmulo de N e P semelhante ao guandu e acúmulo de K 29% a mais que essa leguminosa.

Barreto e Fernandes (2001) relataram teores de N, P e K em leucena de 26,9; 1,7; e 10,9  $g\ kg^{-1}$  e em a gliricídia, de 27,3; 1,7; e 15,6  $g\ kg^{-1}$ , respectivamente. Notou-se que os teores de N são mais altos e os de K, inferiores (Quadro 4) aos obtidos por esses autores no Estado de Sergipe, enquanto os de P foram praticamente iguais.

A maior contribuição do guandu no fornecimento de nutrientes se deve à sua maior produção de fitomassa seca, proporcionando maiores conteúdos de nutrientes (Quadro 2), sendo superior às demais espécies estudadas no acúmulo de N, P e K em 2004. Esse resultado é similar ao obtido pela leucena no ano de 2005, no experimento com aplicação de P, em que os valores de acúmulo de N e P foram semelhantes àqueles no guandu. Com relação ao K, em razão de seu maior teor foliar (Quadro 4) a leucena superou o guandu em seu acúmulo (Quadro 3). Assim, o guandu foi a espécie que mostrou a maior capacidade de reciclar nutrientes, fornecendo também uma considerável quantidade de potássio para o sistema, nos dois anos e em ambos os experimentos, fato relatado também em outros trabalhos (ALCÂNTARA et al., 2000). Todavia, considerando esse segundo ciclo do experimento, na presença de fósforo a leucena acumulou mais N, P e K que todas as outras espécies.

A gliricídia e a canafístula em 2005 apresentaram valores elevados de acúmulo de N em torno de 89  $kg\ ha^{-1}$  no experimento com P e de 74  $kg\ ha^{-1}$  no experimento sem P, podendo, assim, contribuir com a cultura principal com o aporte de nitrogênio. Também Barreto e Fernandes (2001), nos tabuleiros costeiros de Sergipe, relataram a grande contribuição da gliricídia

para o cultivo em aléias, em função da alta produtividade de biomassa seca (de 5.800  $kg\ ha^{-1}$ , na média de quatro anos) e de alta riqueza nutricional, contribuindo com 160  $kg\ ha^{-1}$  por ano de nitrogênio para o sistema. Esses autores concluíram que essa espécie satisfaz as exigências para o cultivo em aléias, que são alta produtividade de fitomassa com qualidade nutricional.

Em 2004, a canafístula apresentou maior acúmulo de N, P e K quando se aplicou P, enquanto no ano de 2005 se notou o efeito do fósforo, favorecendo maior acúmulo de nitrogênio pela canafístula e gliricídia maiores acúmulos de N e K pela sesbânia e também o efeito favorável do P no acúmulo de N, P e K na biomassa seca da leucena e albízia. A adubação fosfatada tem característica muito importante para situações de agricultura de insumos mínimos, como é o caso de agricultores familiares que nunca usaram adubos. É comum haver respostas acentuadas de culturas a pequenas aplicações de fosfatos solúveis, aplicados de forma localizada, fato que estimula o desenvolvimento radicular, propiciando condições às culturas de obterem os demais nutrientes (RAIJ, 1991).

No experimento sem adição de P, obtiveram-se as menores contribuições em aporte de nutrientes para o sistema, tanto no primeiro quanto no segundo ano de ensaio. Esse resultado corrobora os de Radersma et al. (2004), em que o milho no sistema em aléias com *Calliandra* apresentou resposta positiva ao P e ausência de resposta nos tratamentos sem fornecimento de P. Ressalta-se, neste trabalho, que o guandu acumulou grandes quantidades de N, P e K, mesmo sem a aplicação de P nos dois anos de avaliação.

**Quadro 4** – Teores médios de N, P e K na fitomassa seca da parte aérea das leguminosas avaliadas nos experimentos em Campos dos Goytacazes, RJ

**Table 4** – N, P and K mean contents in the dry shoot phytomass of the legumes evaluated in experiments in Campos dos Goytacazes, RJ

Tratamento	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
		( $g\ kg^{-1}$ )	
Albízia	32,0	1,5	10,0
Canafístula	20,0	1,6	7,0
Gliricídia	31,4	1,7	12,0
Guandu	21,3	1,8	9,0
Leucena	32,0	2,1	12,0
Sabiá	23,4	1,5	6,0
Sesbânia	30,4	2,1	12,0

No primeiro ano, o guandu mostrou-se superior na produtividade de fitomassa seca e no acúmulo de N, P e K. No segundo ano de avaliação, no experimento com P a leucena e a canafístula assemelharam-se ao guandu na produtividade de fitomassa seca. A leucena e o guandu assemelharam-se no acúmulo de N e P, porém a leucena superou o guandu no acúmulo de K na parte aérea. A aplicação de P teve efeito positivo na produtividade de fitomassa seca.

#### 4. AGRADECIMENTOS

À FAPERJ, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.277-288, 2000.
- ALVES, S. M. C. et al. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1111-1117, 2004.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1287-1293, 2001.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1153-1155, 2004.
- JACKSON, M. L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: JACKSON, M. I. (Ed.). **Soil chemical analysis**. Eglewood Chiffis: Pretince Hall, 1965. p.195-196.
- KANG, B. T.; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A. N. Alley farming. **Advanced Agronomy**, v.43, p.15-359, 1990.
- LINDER, R. C. Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. **Plant Physiology**, v.19, p.76-89, 1944.
- MATTEI, V. L.; ROSENTHAL, M. D. Semeadura direta de canafístula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. no enriquecimento de capoeiras. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.649-654, 2002.
- NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F. Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.947-949, 2004.
- RADERSMA, S.; GRIERSON, P. F. Phosphorus mobilization in agroforestry: organic anions, phosphatase activity and phosphorus fractions in the rhizosphere. **Plant Soil**, v.259, p.209-219, 2004.
- RADERSMA, S. et al. System performance analysis of an alley-cropping system in Western Kenya and its explanation by nutrient balances and uptake processes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.104, p.631-652, 2004.
- RAO, M. R.; MATHUVA, M. N. Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.78, n.2, p.123-137, 2000.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres / Potafos, 1991. 343p.
- RESENDE, A. V. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.11, p.2071-2081, 1999.
- SANGINGA, N. et al. Phosphorus requirement and nodulation of herbaceous and shrub legumes in low P soils of a Guinean savanna in Nigéria. **Applied Soil Ecology**, v.3, p.247-255, 1996.
- STAMFORD, N. P.; SILVA, R. A. Efeito da calagem e inoculação de sabiá em solo da mata úmida e do semi-árido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p.1037-1045, 2000.
- VIEIRA, A. R. R.; FEISTAUER, D.; SILVA, V. P. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvicultural, submetidas a extremos climáticos de geadas na região de geadas na região de Florianópolis. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.627-634, 2003.
- YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. 3.ed. Oxford: CAB International, 1997. 276p.
- R. Árvore, Viçosa-MG, v.31, n.3, p.383-390, 2007