

Cultivo de milho consorciado com leguminosas arbustivas perenes no sistema de aléias com suprimento de fósforo

Luciano Rodrigues Queiroz¹
Fábio Cunha Coelho²
Deborah Guerra Barroso²
João Carlos Cardoso Galvão³

RESUMO

O trabalho objetivou avaliar a influência do consórcio de milho-leguminosas arbóreas/arbustivas estabelecidas em sistema de aléias e adubadas com fósforo, sobre a produtividade do milho. Foram realizados experimentos, por dois ciclos de cultivo do milho (UENF - 506-8), no Campo Experimental do CCTA/UENF, em Campos dos Goytacazes – RJ. Os tratamentos consistiram do consórcio das seguintes espécies: *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., cultivadas em aléias, com o milho e, duas testemunhas com milho solteiro (sem e com NPK). As parcelas foram adubadas com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Oito meses após o plantio as leguminosas foram podadas, e o material incorporado ao solo e em seguida semeado o milho (1º ciclo) nas entrelinhas, com espaçamento de 80 cm entre fileiras. Sessenta dias após o plantio do milho, efetuou-se nova poda. No segundo ciclo fez-se a poda das leguminosas e a semeadura do milho, aproximadamente, nove meses após da semeadura do primeiro ciclo, repetindo-se os procedimentos realizados. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. No primeiro ciclo de cultivo, as plantas de milho que apresentaram os maiores teores foliares de N foram as do consórcio milho/guandu, milho/glicirídia e milho/NPK. Nesse ciclo o milho/NPK superou todos os tratamentos no peso de 1000 grãos e na produtividade. Entretanto, no segundo ciclo de cultivo, as produtividades de milho do consórcio milho/guandu e milho/glicirídia foram semelhantes à do milho/NPK, superando os demais tratamentos.

Palavras-chave: adubação verde, consórcio, fitomassa e *Zea mays*.

ABSTRACT

Maize intercropped with legume shrubs in alley system with phosphorus fertilization

The objective of this study was to evaluate the effects of perennial legume shrubs on maize production, in an alley intercropping system with phosphorus fertilization. Field experiments were carried out in two cycles of maize cultivation (UENF 506-8) in the CCTA/UENF Experimental Field, 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.) de Wit., *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Pers. and two control treatments: sole maize with or without NPK fertilizer. The experiment received 60 kg ha⁻¹ P₂O₅. Eight months after planting, the legumes were cut and incorporated into soil. Maize was sown between legume rows, with 80 cm inter-row spacing. New cut was carried out sixty days after the maize

Recebido para publicação em outubro de 2006 e aprovado em agosto de 2008

¹ FAPERJ - Laboratório de Fitotecnia (LFT) do CCTA - UENF. Av. Alberto Lamego, 2000. Bairro: Parque Califórnia. 28013-602 Campos dos Goytacazes, RJ. E-mail: lqueiroz@uenf.br;

² Laboratório de Fitotecnia - CCTA - UENF, E-mail: fcoelho@uenf.br, deborah@uenf.br;

³ Departamento de Fitotecnia - UFV - Viçosa, MG. :36571-000. E-mail: jgalvao@ufv.br.

planting. In the second cycle, the crop management was similar to the first cycle. The experiment was arranged in a randomized block design with four replicates. In the first cycle, the maize plants with the highest N foliar concentration were found in the alley cropping with *Gliricidia sepium* and *Cajanus cajan*. In the second cycle, maize+*Gliricidia sepium*, maize+*Cajanus cajan* and sole maize with NPK had higher grain productivity than the other treatments.

Key words: green manure, intercropping, phytomass, and *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

A queda gradual da produtividade das culturas anuais e/ou perenes, reflexo da perda de fertilidade do solo gerada pelo declínio de matéria orgânica e pela deficiência de ciclagem de nutrientes no solo, têm se tornado evidente nos sistemas de agricultura convencional. A utilização de espécies nativas, principalmente leguminosas arbóreas ou arbustivas, como forma de melhorar a fertilidade natural dos solos tem sido prática recomendada em regiões tropicais, destinadas à produção de alimentos básicos (Magalhães, 2000).

O nitrogênio (N), entre os elementos essenciais, é o que mais limita o crescimento e o rendimento do milho. Esta limitação ocorre porque as plantas requerem quantidades relativamente grandes de N (de 1,5% a 3,5% da massa da matéria seca da planta), e porque a maioria dos solos não possui N suficiente em forma disponível para sustentar os níveis de produção desejados. Como sua deficiência pode diminuir o rendimento e a qualidade dos grãos, buscam-se medidas de adubação para assegurar que níveis adequados estejam disponíveis às plantas. Algumas estimativas indicam que o fertilizante nitrogenado pode responder por 80% do gasto total com fertilizantes (Bellow, 2002).

A rotação com leguminosas pode ser favorável em termos de economia do N utilizado pelo milho. Esta prática contribui com menor quantidade de N para a cultura subsequente em relação às leguminosas herbáceas de adubação verde (Giller *et al.*, 1997). Isto porque a maior parte do N fixado é translocada para os grãos. Além do mais, muitas vezes, ambos, os grãos e resíduos, são removidos do campo. Conseqüentemente, o requerimento de N dos cereais cultivados em sucessão raramente é totalmente suprido pelos resíduos de leguminosas de grãos.

Para Rao & Mathuva (2000), leguminosas de dupla aptidão como caupi e amendoim são mais atrativas para os agricultores de pequena escala. Além de fornecerem N para o sistema, produzem alimento para o homem, como caupi e amendoim, ou forragem para os animais, como *Stylosanthes*. Assim, produzem grãos e favorecem produtos dos animais alimentados, como carne e leite, tra-

zendo também benefícios à produção de cereais cultivados em seqüência na rotação, pela melhoria nas características físicas e químicas do solo.

Uma alternativa viável na busca da sustentabilidade dos solos agrícolas é a adubação verde (Alcântara *et al.*, 2000). Um dos sistemas em que se utiliza a adubação verde na forma de aléias é o agroflorestal. Nesse sistema o cultivo é feito em alamedas, em que árvores e arbustos (leguminosas preferencialmente) são cultivados em fileiras, de forma intercalada com cultivos agrícolas (Barreto & Fernandes, 2001).

A contribuição de N pelas leguminosas para outras culturas em consórcio depende das espécies de leguminosas, de seu potencial de nodulação e da eficiência na produção de fitomassa. Isto é determinado pelo material genético e pelas condições ambientais, podendo ser potencializado pelo manejo dos resíduos (Rao & Mathuva, 2000). É notório que a fixação biológica de N resulta em maior gasto de energia e de fósforo (P) pela leguminosa. Assim, de acordo com trabalho de Radersma *et al.* (2004), a performance do sistema em aléias é dependente do teor de P no solo, devendo este ser suprido para que haja êxito.

Para Dommergues (1995) as leguminosas perenes podem ter maior capacidade para recuperar a fertilidade do solo que as leguminosas anuais produtoras de grãos, pela sua capacidade de absorver água e nutrientes do subsolo, resistindo à seca e, conseqüentemente, produzindo mais biomassa. Além disto, seu ciclo longo pode levar a maior fixação biológica de N. Assim, Alves *et al.* (2004) concluíram que o sistema de cultivo de guandu em aléias pode representar prática vantajosa, por contribuir na manutenção da fertilidade do solo.

Uma vez que o cultivo de milho é bastante exigente em termos de fertilidade de solo, a utilização de aléias com leguminosas arbóreas poderá ser alternativa eficiente e ao alcance dos pequenos agricultores para aumentar a produtividade do milho.

O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência de algumas espécies de leguminosas perenes plantadas em aléias e adubadas com fósforo, como fonte alternativa de nitrogênio para a cultura do milho (*Zea mays* L.), com fornecimento de fósforo, em Campos dos Goytacazes-RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

Nos anos 2003 a 2005, foram conduzidos ensaios no sistema de aléias com leguminosas arbustivas perenes com a cultura do milho, no Campo Experimental do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), em Campos dos Goytacazes – RJ (21°45' S, 41°18' W e altitude média de 11 m). O solo em que se realizaram os ensaios é um Latossolo Amarelo Distrófico, com pH em água: 5,6; P e K: 14 e 41 mg dm⁻³; Na, Ca, Mg e H/Al: 0,03, 2,1, 1,0 e 4,0 cmol_c dm⁻³; 1,2 % de C e 20,2 g dm⁻³ de matéria orgânica, sendo classificado como argiloso por possuir 45, 9 e 46% de areia, silte e argila, respectivamente.

O experimento foi constituído por nove tratamentos, sete espécies de leguminosas cultivadas em sistema de aléias com o milho e duas testemunhas sem leguminosas: milho solteiro com e sem fertilizante mineral (NPK). A maioria das leguminosas foi obtida no banco de germoplasma do Setor Silvicultura da UENF, sendo elas: *Albizia lebbek* (L.) Benth. (albizia), *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) com estacas obtidas na UFRRJ, em Seropédica-RJ.

O preparo do solo foi realizado com arado de discos e uma gradagem e, em seguida feita a sulcagem para o plantio das leguminosas que receberam no sulco o correspondente a 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples).

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental (U.E.) foi constituída por uma fileira de cinco metros de comprimento, com duas plantas de leguminosa por metro linear e três linhas de milho dispostas de cada lado da linha com leguminosas, espaçadas de 0,8 m entre si. Foram consideradas como área útil, as duas linhas de milho de cada lado das leguminosas, num total de quatro linhas, descartados 0,5 m das suas extremidades. A distância entre as aléias de leguminosas foi de 5,6m.

Oito meses após o plantio das leguminosas (01/07/2004), foram podadas manualmente a 1,5 m de altura e todas as folhas e ramos com menos que 1,5 cm de diâmetro foram espalhados no solo e incorporados com grade de discos (Alcântara *et al.*, 2000). Os galhos mais grossos que 1,5 cm de diâmetro foram retirados da área para facilitar a incorporação da massa vegetal com a grade (Barreto & Fernandes, 2001).

Uma testemunha de milho solteiro não recebeu nenhuma adubação, enquanto os tratamentos com milho associado às leguminosas receberam adubação fosfatada no sulco correspondente a dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅

como superfosfato simples. A outra testemunha de milho solteiro recebeu adubação de acordo com a análise de solo, conforme as recomendações regionais para a cultura do milho (De Polli *et al.*, 1988), empregando-se 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), 40 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) no plantio e 60 kg ha⁻¹ de N (uréia), sendo 1/3 no plantio e o restante em cobertura, 30 dias após a emergência (d.a.e.).

A sementeira do milho (híbrido inter varietal UENF 506-8) foi realizada duas semanas após a poda (15/07/2004). O desbaste ocorreu aos 30 d.a.e. das plântulas, deixando-se quatro plantas por metro linear.

As leguminosas foram podadas novamente aos 60 d.a.e. do milho, para evitar o sombreamento, sendo o material espalhado sobre o solo, e descartados galhos mais grossos que 1,5 cm de diâmetro. A fase de pendoamento/embonecamento iniciou-se aos 68 d.a.e., época em que se coletaram as folhas de milho para a análise foliar de N, P e K.

Depois da colheita das espigas a área foi deixada em posio por três meses e a seguir preparada com uma aração e uma gradagem para controle das ervas invasoras e incorporação dos restos culturais.

Em 18/04/2005, as leguminosas foram novamente podadas a 1,5 m de altura, ficando somente a haste principal. A biomassa das leguminosas foi espalhada na área correspondente a cada parcela e incorporada ao solo com grade. A segunda sementeira do milho foi realizada em 28/04/2005. A emergência das plântulas de milho ocorreu sete dias após a sementeira e o desbaste foi realizado 30 dias depois, deixando-se quatro plantas por metro. Nessa ocasião fez-se a cobertura nitrogenada na testemunha que recebeu fertilizantes químicos. Assim, como no primeiro ciclo, as leguminosas foram novamente podadas aos 60 d.a.e. do milho, sendo o material das podas distribuído sobre o solo.

No primeiro ciclo de cultivo do milho não ocorreu irrigação, por vinte dias na fase de pendoamento/embonecamento, devido à falta de água no lago de abastecimento. Neste período não houve precipitação pluvial, o que gerou déficit hídrico para o milho.

Nos dois ciclos de cultivo fez-se a irrigação de acordo com os requerimentos da cultura (exceto no período já mencionado) e capinas manuais para controle das ervas invasoras até os 30 d.a.e. do milho. O manejo fitossanitário da cultura foi realizado para reduzir o ataque de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), por meio de duas aplicações de inseticida (delthametrina 25 CE na dose de 0,2 L ha⁻¹).

Para determinação dos teores de N-orgânico, P e K foi tomada a folha oposta e abaixo da primeira espiga de dez plantas, por U.E., amostradas ao acaso, no período de aparecimento da inflorescência feminina (Malavolta *et al.*, 1997). O material foi secado, em estufa com circulação

forçada de ar a 65°C, por 72 horas, depois moído em moinho tipo Willey e a amostra homogeneizada.

Foram determinados o número de espigas por planta, o peso médio de 1000 grãos de milho e o peso de grãos debulhados por parcela. A produtividade de milho (kg ha^{-1}) foi obtida extrapolando-se a produção de grãos da área útil da parcela para um hectare, ponderando-se a perda de área ocupada pelas fileiras de arbustos.

A coleta de folhas para diagnóstico do estado nutricional quanto a N, P e K no segundo ciclo foi realizada na fase de embonecamento do milho (15/07/05). A colheita das espigas foi realizada em 10/10/2005. Após a retirada manual de sua palha as espigas foram debulhadas em debulhador elétrico e pesadas, o seu peso corrigido para 13% de umidade.

A fim de se detectar o efeito dos tratamentos, realizou-se a análise de variância, e foi aplicado o teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade, onde houve diferença significativa entre os dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ciclo de cultivo do milho, os valores de todas as variáveis analisadas foram menores em relação aos do segundo ciclo (Tabelas 1 e 2). Isto pode ser explicado pelo déficit hídrico que ocorreu no primeiro ciclo de cultivo, enquanto no segundo ciclo ocorreu suprimento adequado de água pela irrigação. Nesse segundo ciclo de cultivo, com o acúmulo de biomassa de dois cultivos, tem-se maior quantidade de material a ser mineralizado e podendo suprir melhor os nutrientes para a cultura.

No primeiro ciclo de cultivo, as plantas de milho consorciadas com guandu e gliricídia, juntamente com o milho/NPK apresentaram os maiores teores foliares de N (Tabela 2). Verificou-se assim, o efeito positivo da produção de fitomassa destas espécies (Tabela 1), a nutrição nitrogenada do milho. A contribuição à nutrição do milho

foi tal que o teor de N não diferiu do obtido pelo milho solteiro/NPK. No segundo ciclo de cultivo, o milho solteiro/NPK apresentou teor foliar de N próximo da faixa adequada ($27,5$ a $32,5 \text{ g kg}^{-1}$) para a cultura (Malavolta *et al.*, 1997), mas ainda abaixo dos teores considerados adequados. Certamente isto está relacionado ao baixo teor de matéria orgânica do solo ($20,2 \text{ g dm}^{-3}$). Assim, o aporte de N devido à fitomassa das leguminosas ou adubação não foi suficiente para a nutrição adequada do milho. Possivelmente, com a incorporação do material das podas ou do adubo nitrogenado, parte do N foi imobilizado pelas bactérias do solo. No campo a deficiência de N foi verificada visualmente em todos os tratamentos com aparecimento do sintoma típico nas folhas mais velhas (Malavolta *et al.*, 1997) o que certamente foi agravado pelo déficit hídrico ocorrido no primeiro ciclo.

Os teores foliares de P no milho (Tabela 2) ficaram dentro da faixa adequada em todos os tratamentos: $1,9$ a $3,5 \text{ g kg}^{-1}$, segundo Malavolta *et al.* (1997). Todavia, em nenhum dos tratamentos, os teores foliares de K no milho (Tabela 2) ficaram dentro da faixa adequada para a cultura, estando abaixo do esperado (Malavolta *et al.*, 1997).

Os tratamentos não diferiram quanto aos teores foliares de P no milho, em ambos ciclos de cultivo (Tabela 2). Como o P foi fornecido de acordo com o requerimento da cultura, via adubação, era esperada a ausência de efeito sobre esta variável. Os resultados obtidos corroboram parcialmente os relatados por Heinrichs *et al.* (2002), que não encontraram diferenças significativas dos teores foliares de P no milho consorciado com leguminosas, no primeiro ano de cultivo, entretanto, verificaram respostas diferenciadas no segundo ano.

No primeiro ciclo, constatou-se que o consórcio com aléias de guandu, canafístula e leucena influenciaram positivamente o teor foliar de K no milho, cujas folhas apresentaram teores médios estatisticamente semelhantes aos das folhas do milho solteiro/NPK (Tabela 2). Estes resul-

Tabela 1. Produtividade de fitomassa seca (FMS) e aporte dos nutrientes N, P, e K pela biomassa de leguminosas plantadas em consórcio com milho pelo sistema de aléias, por dois ciclos de cultivo.

Tratamento	Primeiro ciclo				Segundo ciclo			
	FMS	N	P	K	FMS	N	P	K
	kg ha^{-1}							
Guandu	6017 a	128 a	10,8 a	53 a	4593 a	98 a	8,2 a	41 b
Canafístula	2970 b	60 b	4,7 b	21 b	4384 a	88 b	6,9 b	30 c
Leucena	1633 b	52 b	3,4 b	20 b	4216 a	135 a	8,9 a	52 a
Sabiá	1078 c	25 c	1,6 c	6 d	2119 b	50 c	3,2 d	12 d
Sesbânia	1073 c	33 c	2,2 c	13 c	1456 d	44 c	3,0 d	16 d
Gliricídia	528 d	16 d	0,9 c	7 d	2858 b	90 b*	4,7 c	36 b
Albízia	304 d	10d	0,4 c	3 d	1540 c	49 c	2,4 d	15 d
C.V.: %	21	20	20	21	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.

Tabela 2. Teores de nitrogênio, fósforo e potássio, nas folhas de milho cultivado em sistema de aléias com leguminosas.

Tratamento	Primeiro ciclo			Segundo ciclo		
	N	P	K	N	P	K
	Teor (g kg ⁻¹)					
Milho/guandu	18,9 a	3,0 a	14,8 a	20,9 b	3,0 a	17,1 a
Milho/canafístula	16,2 b	3,1 a	14,7 a	21,0 b	3,5 a	17,1 a
Milho/leucena	16,4 b	2,5 a	14,8 a	20,0 b	3,1 a	16,9 a
Milho/sabiá	16,5 b	2,9 a	14,1 b	20,3 b	3,0 a	16,8 a
Milho/sesbânia	16,3 b	2,7 a	14,1 b	19,1 b	3,1 a	16,5 a
Milho/glicirídia	18,9 a	2,7 a	13,7 b	21,2 b	3,3 a	16,3 a
Milho/albízia	15,8 b	2,4 a	13,5 b	19,6 b	2,6 a	16,4 a
M solteiro s/ NPK	15,2 b	2,3 a	12,7 b	19,1 b	2,4 a	15,7 a
M solteiro/NPK	20,7 a	3,0 a	16,0 a	27,3 a	3,5 a	17,3 a
Média	17,2	2,7	14,2	20,9	3,1	16,7
C.V.: %	12,8	16,8	7,7	11,6	14,9	10,0

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

tados indicam que, provavelmente estas leguminosas podem reciclar o K de profundidades que as raízes do milho não alcançam, disponibilizando-o para a cultura. Já no segundo ciclo de cultivo, não se verificou efeito dos tratamentos sobre os teores foliares de K do milho. Possivelmente, o K, oriundo da palhada do milho do primeiro ciclo, foi suficiente e mascarou o efeito das leguminosas no segundo ciclo de cultivo. Heinrichs *et al.* (2002) observaram que os teores de K das folhas do milho não diferiram entre os tratamentos de milho consorciado com leguminosas, nem mesmo com a testemunha sem leguminosa, em dois anos de avaliação.

O número de espigas por planta não foi afetado pelos tratamentos no primeiro ciclo, mas no segundo observou-se que no consórcio com gliricídia e na testemunha adubada obtiveram-se os maiores índices de prolificidade (Tabela 3), o que evidencia a influência positiva da fertilização com NPK e do material das podas da gliricídia. Os

demais tratamentos assemelharam-se no número de espigas por planta (Tabela 3).

Esperava-se que as outras leguminosas também resultassem em maior prolificidade do milho, juntamente com a gliricídia. Entretanto, como verificado por Schroth & Lehmann (1995) e Lose *et al.* (2003), a gliricídia é uma espécie pouco competitiva, devido ao sistema radicular menos desenvolvido, mas com alta capacidade de rebrota após as podas. Além disto, seus resíduos são de fácil decomposição (Heineman *et al.*, 1997). Assim, possivelmente, pelo fato da gliricídia ser espécie pouco competitiva com a cultura principal, não afetou negativamente o milho, mantendo a prolificidade em comparação às demais leguminosas. Barreto & Carvalho Filho (1992) avaliando o efeito do consórcio leucena-milho em três anos de ensaio, relataram valores entre 1,0 e 0,66 espigas por planta no tratamento milho/leucena, entretanto sem efeito significativo da leucena.

Tabela 3. Número de espigas por planta (EPP), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) de milho cultivado em aléias com leguminosas.

Tratamento	Primeiro ciclo			Segundo ciclo		
	EPP	PMG (g)	PROD (kg ha ⁻¹)	EPP	PMG (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Milho/guandu	0,7 a	263 b	1951 b	1,0 b	326 a	5882 a
Milho/canafístula	0,7 a	240 b	1526 c	1,0 b	309 b	5073 b
Milho/leucena	0,6 a	250 b	1730 c	1,0 b	317 a	5584 b
Milho/sabiá	0,6 a	241 b	1361 c	0,9 b	293 b	5168 b
Milho/sesbânia	0,7 a	242 b	1613 c	0,9 b	313 b	4953 b
Milho/glicirídia	0,8 a	244 b	1858 b	1,1 a	324 a	6198 a
Milho/albízia	0,7 a	227 b	1624 c	0,9 b	301 b	4475 c
M solteiro s/ NPK	0,6 a	220 b	1324 c	0,9 b	281 b	4425 c
M solteiro/NPK	0,9 a	282 a	3222 a	1,1 a	333 a	6708 a
Média	0,7	24,5	1801	1,0	31,1	5385
C.V.: %	16,6	7,2	18,3	10,8	3,4	13,0

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O milho solteiro/NPK foi o que apresentou a maior média de peso de 1000 grãos no primeiro ciclo de cultivo (Tabela 3). Ressalta-se a importância da fertilidade adequada do solo com para a granação do milho, gerando grãos grandes e pesados, o que poderá determinar juntamente com outros componentes maior produtividade. De forma semelhante, Heinrichs *et al.* (2002), no primeiro ano de cultivo, também não verificaram efeito significativo das leguminosas sobre o peso de grãos do milho.

Os sistemas de aléias com guandu, glicírdia e leucena, no segundo ciclo de cultivo, apresentaram os maiores pesos de 1000 grãos (Tabela 3), indicando que os resíduos depositados no solo por estas espécies foram benéficos. O peso de 1000 grãos alcançado pelo milho em cultivo com essas espécies assemelhou-se ao do milho adubado, sendo, por conseguinte, superior ao milho solteiro sem NPK e demais consórcios. Este resultado indica a possibilidade de uso desta prática de agricultura de baixo *input* externo, como forma de fertilização do solo mantendo ou elevando a capacidade produtiva do milho.

As aléias com alvizia, canafístula, sabiá e sesbânia e a testemunha milho solteiro sem NPK apresentaram os menores pesos de 1000 grãos (Tabela 3). Evidencia-se que a fitomassa adicionada por essas espécies em função da baixa produtividade e, conseqüentemente, do pequeno aporte de nutrientes para o sistema, não foi suficiente para beneficiar a cultura do milho, neste componente da produção, resultando sementes mais leves dentre os tratamentos aplicados.

O milho solteiro/NPK apresentou a maior produtividade, no primeiro ciclo de cultivo. As aléias de guandu e glicírdia apresentaram produtividade semelhante entre si, porém, em média, 41% abaixo da apresentada pelo milho adubado. Entretanto, superaram, em média, em 25% a produtividade das demais leguminosas e do milho sem adubação (Tabela 3). Possivelmente, a fitomassa adicionada no primeiro ano por estas duas leguminosas foi suficiente para beneficiar a cultura de forma a promover acréscimos de produtividade no milho. Esse resultado é contrário ao obtido por Heinrichs *et al.* (2005) ao avaliarem espécies de leguminosas em consórcio com milho em Piracicaba-SP, eles observaram que no primeiro ano de cultivo, o rendimento de grãos de milho não foi influenciado pelo cultivo intercalar com os adubos verdes.

No segundo ciclo de cultivo, verificou-se que no consórcio em aléias com guandu e glicírdia, o milho apresentou rendimento de grãos semelhante à testemunha adubada, superando todos os outros tratamentos (Tabela 3). Observa-se, assim o efeito positivo da fitomassa adicionada pelo guandu e glicírdia (Tabela 3), que ao ser mineralizada forneceu nutrientes, principalmente N, contribuindo para a melhor nutrição de milho. Esse resultado

corroborava com o pelo obtido por Heinrichs *et al.* (2005) em que, somente no segundo ano, o rendimento de milho foi beneficiado pelo cultivo consorciado com leguminosas. Entretanto, esses autores fizeram a pesquisa em solo fértil e adotaram fertilização NPK em todos os tratamentos, usando inclusive 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Guandu e glicírdia foram capazes de beneficiar o rendimento de grãos, sem onerar o custo de produção com a aquisição de fertilizantes químicos, na maioria das vezes de custo elevado para a agricultura familiar. Barreto & Fernandes (2001), analisando o cultivo de glicírdia e leucena em aléias verificaram que a glicírdia exerceu menor competição com a mandioca na entre linha. Com incorporação dessas leguminosas ao solo elevaram-se o pH e os teores de cálcio/magnésio, porém, a matéria orgânica e a CTC não foram alteradas. No trabalho supracitado também foi observado redução de densidade do solo e elevação da macroporosidade em resposta à adição das leguminosas, em dois anos de ensaio. Lose *et al.* (2003) concluíram que a glicírdia favoreceu maiores produtividades, possivelmente pelo fato de ser pouco competitiva por nutrientes, luz e água. Por outro lado, confirmando os resultados favoráveis com o guandu, Rao e Mathuva (2000) obtiveram com o cultivo intercalar de milho/guandu, acréscimo de até 24% na produtividade em relação ao cultivo contínuo de milho solteiro.

As aléias com canafístula, leucena, sabiá e sesbânia resultaram em produtividade de milho superior à testemunha sem adubo e ao milho/alvizia (Tabela 3). Este fato, possivelmente está relacionado ao acúmulo da produção de fitomassa nos dois ciclos de cultivo (Tabela 1).

Certamente a canafístula, a leucena, o sabiá e a sesbânia liberaram nutrientes para o solo indicando que são espécies alternativas para fornecerem N para o milho, devendo ser mais bem investigadas nas condições locais, inclusive avaliando-se outros espaçamentos. Ngambeki (1985) mostrou que, no sul da Nigéria, sistemas em aléias com leucena têm aumentado e sustentado a produtividade de milho em 60% acima daquela do milho como cultura única, além de reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados. Entretanto, Mathuva *et al.* (1998) relataram redução da produtividade do milho consorciado com leucena de 15 a 30% em relação ao milho solteiro, devido à competição por água.

Espera-se melhor estabelecimento das leguminosas arbóreas com o passar do tempo, levando a obtenção de quantidades maiores de fitomassa e, por conseqüência, maiores acúmulos de nutrientes e acréscimos na produtividade (Heineman *et al.*, 1997). Além do benefício da presença de maior quantidade de material podado sobre o solo, para a nutrição do milho, reduz-se a erosão, pelo amortecimento do impacto das gotas de chuvas e melhora-se a infiltração pelo aumento da porosidade do solo,

com conseqüente redução das enxurradas e das perdas de solo (Carvalho *et al.*, 2004).

O milho das lavouras dos pequenos produtores de Campos dos Goytacazes pode ter sua produtividade elevada apenas com o uso e manejo de leguminosas cultivadas em aléias. Os tratamentos milho/glicírdia e milho/guandu produziram, 40% e 33%, respectivamente (Tabela 3) a mais que o tratamento similar ao utilizado pelo pequeno agricultor da região (milho solteiro sem aplicação de fertilizantes industriais) o que indica seu potencial de uso para a região. Assim, pode-se aumentar a produção de milho na região, sem aumentar o risco da atividade, que é maior quando o produtor precisa adquirir insumos de alto custo como fertilizantes.

É interessante ressaltar que, além da glicírdia ter apresentado bons resultados em termos de acréscimo na produtividade do milho, podendo ainda ser utilizada na alimentação animal. Acredita-se que o guandu poderá ter melhor aceitação pelos agricultores, por ser cultura amplamente divulgada entre os agricultores da região devido ao apreciado uso culinário de seus grãos. Assim, a aléia milho/guandu, além de trazer benefícios para o milho, pode proporcionar a colheita dos grãos da leguminosa, em anos em que se optar por não realizar a poda, já que alcançam alto valor no mercado varejista na região.

CONCLUSÕES

Os maiores teores foliares de N foram obtidos no cultivo de milho com aléias de guandu, glicírdia e no de milho solteiro adubado, no primeiro ciclo de cultivo.

Não ocorreu efeito dos tratamentos nos teores foliares de P, e nos de K, no segundo ciclo.

No primeiro ciclo de cultivo, não houve diferença entre os tratamentos quanto ao número de espigas por planta; enquanto a testemunha adubada superou todos os tratamentos no peso de 1000 grãos e na produtividade de grãos.

No segundo ciclo de cultivo, as produtividades de grãos do consórcio milho/guandu e milho/glicírdia foram semelhantes à do milho/NPK, os quais superaram os demais tratamentos.

REFERÊNCIAS

- Alcântara FA de, Furtini Neto AEF, Paula MB de, Mesquita HA de & Muniz JA (2000) Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 277-288.
- Alves SMC, Abboud ACS, Ribeiro RLD & Almeida DJ (2004) Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após incorporação de biomassa de guandu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 1111-1117.
- Barreto AC & Carvalho Filho OM (1992) Cultivo de leucena em consórcio de leucena com feijão, milho e algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27:1533-1540.
- Barreto AC & Fernandes MF (2001) Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36:1287-1293.
- Below FE (2002) Fisiologia, Nutrição e adubação nitrogenada do milho. *Informações Agronômicas*, 99:7-12.
- Carvalho R, Goedert WJ & Armando MS (2004) Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:1153-1155.
- De Polli H (Coord.) (1988) Manual de adubação para o Rio de Janeiro. Itaguaí, RJ: Ed. Universidade Rural. 179 p.
- Dommergues YR (1995) Nitrogen fixation by trees in relation to soil nitrogen economy. *Fertilization Research*, 42:215-230.
- Giller KE, Cadish G, Ehaliotis C, Adans E, Sakala WD & Mafongoya PL (1997) Building soil nitrogen capital in Africa. In: Buresh RJ, Sanchez PA & Calhoun F (eds.) Replenishing soil fertility in Africa. SSSA special publication, n.51, Madison: Soil Science Society of America, p.151-182.
- Heineman AM, Otieno HJO, Mengich EK & Amadalo A (1997) Growth and yield of eight agroforestry tree species in line plantings in Western Kenya and their effect on maize yields and soil properties. *Forest Ecology and Management*, 91:103-135.
- Heinrichs R, Vitti GC, Moreira A & Fancelli AL (2002) Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:225-230.
- Heinrichs R, Vitti GC, Moreira A, Figueiredo PA, Fancelli AL & Corazza EJ (2005) Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:71-79.
- Lose SJ, Hilger TH, Leihner DE & Kroschel J (2003) Cassava, maize and tree root development as affected by various agroforestry and cropping systems in Bénin, West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100:137-151.
- Magalhães JA (2000) Avaliação de leguminosas arbóreas e arbustivas de múltiplo propósito em Rondônia. In: 3º Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais. Manaus. Anais, 1. p. 42-47.
- Malavolta E, Vitti GC & Oliveira SA (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 319 p.
- Mathuva MN, Rao MR, Smithson PC & Coe R (1998) Improving maize (*Zea mays*) yields in semi-arid highlands of Kenya: agroforestry or inorganic fertilizers? *Field Crops Research*, 55:57-702.
- Ngambeki DS (1985) Economic evaluation of alley cropping leucaena with maize – maize and cowpea in Southern Nigeria. *Agriculture System*, 17:243-258.
- Radersma S, Otieno H, Atta-Krah AN & Niang AI (2004) System performance analysis of an alley-cropping system in Western Kenya and its explanation by nutrient balances and uptake processes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104:631-652.
- Rao MR & Mathuva MN (2000) Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78:123-137.
- Schroth G & Lehmann J (1995) Contrasting effects of roots and mulch from three agroforestry tree species on yields of alley cropped maize. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 54:89-101.