

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR, MILHO E
FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO
CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ**

JOSÉ BARBOSA DUARTE JÚNIOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JUNHO – 2006**

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR, MILHO E FEIJÃO
EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO
CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ**

JOSÉ BARBOSA DUARTE JÚNIOR

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy
Ribeiro, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor em Produção
Vegetal.

Orientador: Prof. Fábio Cunha Coelho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JUNHO – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 062/2006

Duarte Júnior, José Barbosa

Avaliação agronômica da cana-de-açúcar, milho e feijão em sistema de plantio direto em comparação ao convencional em Campos dos Goytacazes-RJ / José Barbosa Duarte Júnior. – 2006.
284 f.: il.

Orientador: Fábio Cunha Coelho
Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2006.
Bibliografia: f. 236-260.

1. Adubação Verde 2. Agricultura sustentável 3. *Crotalaria juncea* 4. Economia 5. Plantio direto I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CCD – 631.874
631.58

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR, MILHO E FEIJÃO
EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO
CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ**

JOSÉ BARBOSA DUARTE JÚNIOR

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy
Ribeiro, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor em Produção
Vegetal.

Aprovada em 28 de junho de 2006

Comissão Examinadora:

José Antonio Azevedo Espindola (Ph.D., Solos) – EMBRAPA AGROBIOLOGIA

Prof. Silvério de Paiva Freitas (D.Sc., Fitotecnia) – UENF

Prof. Nivaldo José Ponciano (D.Sc., Economia Rural) – UENF

Prof. Fábio Cunha Coelho (D.Sc., Fitotecnia) – UENF
Orientador

Ao meu Senhor e Salvador,
Jesus Cristo,

Às minhas amadas esposa e filha,
Priscila Duarte e Carlyne Duarte,

Aos meus amados e preciosos pais,
José Barbosa Duarte e Terezinha Dias Duarte,

Ao meu amado irmão,
Álvaro Dias Duarte.

DEDICO e OFEREÇO

“... A ciência incha, mas o amor edifica. Se alguém pensa saber alguma coisa, ainda não sabe como convém saber. Mas se alguém ama a Deus, esse é conhecido dEle”.

Paulo

1ª Coríntios 8;1-3

“Combato para que os seus corações sejam consolados, e estejam unidos em amor, e enriquecidos da plenitude da inteligência, para conhecimento do mistério de Deus – Cristo, em quem estão escondidos todos os tesouros da sabedoria e da ciência”.

Paulo

Colossenses 2;2-3

AGRADECIMENTOS

A Deus, criador e Pai eterno, que sempre esteve presente e fiel, visto que, por modo especial, concedeu-me todas as coisas.

Aos meus pais, José Barbosa Duarte e Terezinha Dias Duarte, pelo amor, ensinamentos, todos os cuidados e apoio em várias vezes em que precisei durante a vida.

Ao meu sogro, Dr. José Caires de Souza, e sogra, Sra. Vera Lúcia Assed Caires de Souza, pelo amor, confiança, obséquio e pelo apoio com suas orações.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias e à coordenação do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realizar este curso.

À UENF/FAPERJ, pela concessão da bolsa de estudo, o que viabilizou a parte financeira.

Ao Professor Orientador Fábio Cunha Coelho, que soube transmitir seus conhecimentos e sua experiência pacientemente e pelo companheirismo passo a passo na realização do trabalho.

Ao professor Edenio Detmann, pelo aconselhamento, pelas críticas e valiosas sugestões na defesa de projeto de tese e pela contribuição nos procedimentos estatísticos.

Ao professor Silvério de Paiva Freitas, pelo aconselhamento, pelas sugestões e valiosas contribuições nas avaliações fitossociológicas das plantas espontâneas.

Aos professores das disciplinas cursadas, pela dedicação no ensino das matérias.

Ao Engenheiro Agrônomo Willy Pedro Vasconcellos Prellwitz, gerente da Fazenda Abadia, e ao Grupo Queiroz Galvão, por ter acreditado na importância deste trabalho, pelo empréstimo da área na fazenda, tratores e implementos agrícolas para a realização dos experimentos, bem como, por todo o apoio que foi necessário durante a condução da pesquisa no campo.

Aos funcionários da Fazenda Abadia João Batista, Amaro Viana, Juarez, Fábio Júnior, Adilson (*in memoriam*), Daniel, Jerson, Aladi, Salvador (Dodô), Antônio (Toninho), Francisco (Chiquinho), Amaro Braga, José Faria, Flávio, Magno, Jorge e Faria, pela importante contribuição operacional na instalação e condução dos experimentos no campo.

Ao técnico de nível superior José Acácio, do Setor de Nutrição de Plantas, pela importante contribuição nos trabalhos de laboratório.

Aos amigos em Cristo Silas Quirino de Carvalho, Maria José de Carvalho, Sílvio Cayres de Souza, Simone Cayres de Souza, Edmar, Reinaldo, Isabela, Jane, Edalma, Mirian, Raquel, Raul Henrique Brianese, Damaris C. Brianese, Elvis Cândido Lima, Elizete Blanco Lima, Robson Wolfe, Maria Alice Wolfe, Odair José Kuhn, Arlete Serafin Kuhn, Alfredo Richart, Alda Meire Richart, Roberto Luis Portz, Vanildo Heleno Pereira, Ana Olsen, Carmem Lúcia, Rubens Fey, Renan Toledo e outros, pelo apoio com suas orações.

Aos colegas da pós-graduação Luiz Augusto Lopes Serrano, Marcelo Gabetto, Edson Alves de Lima, Romano R. Valicheski e a todos os demais, pelo coleguismo e pela ajuda nos estudos e trabalhos realizados.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram, apoiando e ajudando efetivamente para a elaboração deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOSÉ BARBOSA DUARTE JÚNIOR, filho de José Barbosa Duarte e Terezinha Dias Duarte, nasceu na cidade de Umuarama, Estado do Paraná, em 13 de março de 1977.

De uma família de agricultores, residiu na zona rural, no município de Palotina – PR, do primeiro ano de vida aos sete anos de idade. Ante o desejo familiar de melhores condições escolares para que os filhos estudassem e obtivessem um diploma, mudou-se para a cidade de Assis Chateaubriand – PR.

Em janeiro de 1984, iniciou o curso Primário na Escola Estadual Engenheiro Azaury Guedes Pereira e concluiu em dezembro de 1987, no município de Assis Chateaubriand – PR.

Em fevereiro de 1988, iniciou o curso Ginásial na Escola Estadual Guimarães Rosa e Colégio Estadual Padre Anchieta e concluiu em dezembro de 1991, Assis Chateaubriand – PR.

Em fevereiro de 1992, iniciou o curso de Educação Geral de segundo grau no Colégio Estadual Padre Anchieta e Colégio Estadual Chateaubriandense e concluiu em dezembro de 1994, Assis Chateaubriand – PR.

Em março de 1996, iniciou o curso de Agronomia, sendo aluno da segunda turma, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, onde realizou pesquisas de Iniciação Científica por três anos, desenvolvendo trabalhos com nutrição mineral de plantas, fertilidade e microbiologia do solo em lavouras de feijão, milho, soja e plantas medicinais, sob orientação do Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa (*in memoriam*) e, posteriormente, do Prof. Dr. José Renato Stangarlin, em Marechal Cândido Rondon – PR.

Em dezembro de 2000, recebeu o título de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR.

Em setembro de 2002, recebeu o título de Mestre em Produção Vegetal, área de concentração Fitotecnia, pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes – RJ.

Em junho de 2006, recebeu o título de Doutor em Produção Vegetal, área de concentração Fitotecnia, pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes – RJ.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	05
3. TRABALHOS	27
3.1. ESPÉCIES PARA A COBERTURA DE SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O RENDIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ	27
RESUMO	27
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
3.2. A CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL COM E SEM ADUBAÇÃO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ	53
RESUMO	53
ABSTRACT	54
INTRODUÇÃO	55
MATERIAL E MÉTODOS	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

3.3. INCIDÊNCIA E DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ	78
RESUMO	78
ABSTRACT	79
INTRODUÇÃO	79
MATERIAL E MÉTODOS	81
RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
CONCLUSÕES	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
3.4. AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ	108
RESUMO	108
ABSTRACT	109
INTRODUÇÃO	109
MATERIAL E MÉTODOS	111
RESULTADOS E DISCUSSÃO	113
CONCLUSÕES	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
3.5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ	124
RESUMO	124
ABSTRACT	125
INTRODUÇÃO	125
MATERIAL E MÉTODOS	127
RESULTADOS E DISCUSSÃO	136
CONCLUSÕES	140
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
3.6. ESPÉCIES PARA A COBERTURA DE SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O RENDIMENTO DO MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ	142
RESUMO	142
ABSTRACT	143
INTRODUÇÃO	143
MATERIAL E MÉTODOS	145
RESULTADOS E DISCUSSÃO	152
CONCLUSÕES	161
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
3.7. AVALIAÇÃO DO MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ	167

RESUMO	167
ABSTRACT	168
INTRODUÇÃO	168
MATERIAL E MÉTODOS	170
RESULTADOS E DISCUSSÃO	176
CONCLUSÕES	185
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	185
3.8. AVALIAÇÃO DE ESQUEMA DE ROTAÇÃO PARA MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ	190
RESUMO	190
ABSTRACT	191
INTRODUÇÃO	192
MATERIAL E MÉTODOS	193
RESULTADOS E DISCUSSÃO	199
CONCLUSÕES	208
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	208
3.9. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ	212
RESUMO	212
ABSTRACT	213
INTRODUÇÃO	213
MATERIAL E MÉTODOS	215
RESULTADOS E DISCUSSÃO	224
CONCLUSÕES	229
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	229
4. RESUMO E CONCLUSÕES	232
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	236
APÊNDICE	261

RESUMO

DUARTE JR., José Barbosa, Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, junho de 2006. Avaliação agronômica da cana-de-açúcar, milho e feijão em sistema de plantio direto em comparação ao convencional em Campos dos Goytacazes – RJ. Professor Orientador: Fábio Cunha Coelho. Professores Conselheiros: Edenio Detmann e Silvério de Paiva Freitas.

Com o objetivo de avaliar adubos verdes e as melhores espécies de plantas de cobertura para as culturas da cana-de-açúcar, do milho e do feijão comum, além de avaliar os sistemas de plantio direto comparativamente ao convencional para as culturas citadas dos pontos de vista agrônomo e econômico, foram realizados experimentos de 2003 a 2005 em Campos dos Goytacazes – RJ. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, fazendo-se tanto experimento simples, como em esquema fatorial. A crotalária juncea apresentou a maior taxa de cobertura do solo, em torno de 87%, aos 35 dias após emergência (DAE), sendo 15, 40 e 748% superior, respectivamente, ao feijão-de-porco, mucuna preta e vegetação espontânea e, aos 92 DAE, produziu 17.852 kg ha⁻¹ de matéria seca. As leguminosas avaliadas acumularam maior quantidade de N e Cu na fitomassa que a vegetação espontânea. A crotalária apresentou maior acúmulo de K, Mg, S, Zn e Fe que feijão-de-porco, mucuna e vegetação espontânea. A cana-de-açúcar 'SP80-1842', em sistema de plantio direto (SPD) sobre palhada de crotalária, feijão-de-porco e mucuna preta, apresentou produtividade média de 135.863 kg ha⁻¹. O SPD, com o emprego das leguminosas em cobertura, contribuiu para a cana-de-açúcar obter produtividade 37% superior ao plantio convencional (PC) com a vegetação

espontânea incorporada. O SPD de cana-de-açúcar sobre leguminosas proporcionou maiores teores foliares de N e K na cana do que a cultivada convencionalmente com vegetação espontânea incorporada. As plantas daninhas *Cyperus rotundus* e *Sorghum halepense* são as que apresentaram os maiores índices de valor de importância na área experimental. A maior incidência de plantas daninhas na cana PC, dentre outros fatores, culminou na redução de 27% na produtividade de colmos em comparação à cana SPD. O SPD, utilizando a prática inerente da adubação verde antecedendo a cana-planta, proporcionou, na camada de 0 a 5 cm de profundidade, aumento, respectivamente, de 14 e 13% nos teores de carbono e na matéria orgânica do solo em relação ao plantio convencional. A receita líquida da cana-planta em SPD com emprego da adubação verde foi, aproximadamente, 117% superior ao resultado em PC. O custo por tonelada de colmo produzida foi 26% inferior no SPD em relação ao PC. No experimento do milho e do feijão comum, foi verificado que o feijão-de-porco aos 51 DAE proporcionou 82% de cobertura do solo, além de apresentar a maior produtividade de matéria seca ($15.415 \text{ kg ha}^{-1}$), maiores teores de N, Ca e Cu na parte aérea e se mostrou mais eficiente no acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e Cu comparativamente ao milheto e à vegetação espontânea. O milheto foi mais eficiente que a vegetação espontânea, em acúmulo de P, Mg, S, Zn e Fe na parte aérea. O sistema de semeadura direta (SSD) sobre palhada de feijão-de-porco proporcionou as maiores produtividades de grãos do milho 'UENF 506-8' (6.569 kg ha^{-1}) e do feijão 'Pérola' (2.858 kg ha^{-1}), comparativamente ao SSD sobre palhada de milheto e semeadura convencional (SC). O milho cultivado em SSD sobre palhada de feijão-de-porco apresentou os maiores teores de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu nas folhas, maior número de espigas por planta, peso médio de espigas, peso de cem grãos do que o SC. O feijão cultivado em SSD sobre palhada de feijão-de-porco apresentou os maiores teores de N, K e Mg nas folhas, mas quando cultivado em SSD sobre palhada de milheto apresentou os maiores teores foliares de P, K, S, Mn, Zn e Cu. O feijão comum quando cultivado em SSD sobre a palhada de feijão-de-porco apresentou o maior número de vagens por planta, sementes por vagem, peso de cem grãos em relação ao cultivo em SSD sobre palhada de milheto e SC. As maiores produtividades obtidas pelo milho foram quando se utilizou a sucessão feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/milho; e feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-

porco/milho em SSD. As maiores produtividades do feijão ocorreram quando se utilizou a sucessão feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/feijão comum; e feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/feijão comum em SSD. Os resultados econômicos da cultura do milho evidenciaram a sua inviabilidade econômica tanto no SSD como no SC, na atual conjuntura de mercado deste produto no Brasil. No entanto, o SSD ainda proporcionou os melhores resultados. O feijão em SSD com o emprego da adubação verde apresentou a receita líquida, a taxa de retorno mensal e a relação custo/benefício, respectivamente, 1.073, 262 e 50% superior ao cultivo utilizando-se a semeadura convencional.

ABSTRACT

DUARTE JR., José Barbosa, Agronomist Engineer, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, June 2006. Agronomic evaluation of the sugarcane, maize and bean using the no-tillage system in comparison with the conventional one in Campos dos Goytacazes – RJ. Adviser: Fábio Cunha Coelho. Committee Members: Edenio Detmann e Silvério de Paiva Freitas.

With the objective of evaluating green manures and the best species of covering plants for the sugarcane, maize and bean cultures, besides the evaluation of no-tillage systems comparatively to the conventional ones in the mentioned cultures of the agronomic and economical points of view, experiments from 2003 to 2005 have been accomplished in Campos of Goytacazes - RJ. The experimental design was a randomized complete block with four repetitions, it was made quite a simple experiment, as in the factorial outline. The sunnhemp presented in the largest tax of covering the soil around 87% to the 35 days after emergency (DAE), being 15, 40 and 748% superior, respectively, to the jack bean, velvet bean and spontaneous vegetation, and to 92 DAE it produced 17.852 kg ha⁻¹ of dry matter. The appraised legumes accumulated larger amounts of N and Cu in the dry mass than in the spontaneous vegetation. The sunnhemp presented larger accumulations of K, Mg, S, Zn and Fe than the jack bean, velvet bean and spontaneous vegetation. The sugarcane 'SP80-1842' in no-tillage system (SPD) on dry mass sunnhemp, jack bean and velvet bean have presented a medium productivity of 135.863 kg ha⁻¹. The SPD used with the legumes in cover contributed, to the sugarcane, to obtain productivity 37% superior to the conventional planting (PC) with the spontaneous vegetation incorporated. Sugarcane SPD over legumes provided larger contents foliate of N and K in the

cane than the one cultivated conventionally with spontaneous vegetation incorporated. The weed *Cyperus rotundus* and *Sorghum halepense* are the ones that presented the largest indexes of importance value at the experimental area. The largest incidence of weed in the cane PC, among other factors, culminated in the reduction of 27% in the productivity of stems in comparison to the cane SPD. The SPD with the inherent practice of the green manures preceding the cane-plant, has provided in the layer from 0 to 5 cm depth, increasing, respectively, between 14 and 13% the contents of carbon and the organic matter of the soil in relation to the conventional planting. The liquid income of the cane-plant in SPD with the use of the green manures was 117% superior approximately to the result in PC. The cost per ton of stem produced was 26% inferior in SPD in relation to PC. In the experiment of the maize and bean it was verified that the jack bean at the 51 DAE provided 82% of covering of the soil, besides the presentation of the largest productivity of dry matter ($15.415 \text{ kg ha}^{-1}$), higher contents of N, Ca and Cu in the aerial part, and it has shown more efficiency in the accumulation of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe and Cu comparatively to the millet and spontaneous vegetation. The millet was more efficient than the spontaneous vegetation, accumulating P, Mg, S, Zn and Fe in the part area. The no-tillage system sowing (SSD) on dry mass of jack bean, has provided the largest productivities of grains of the 'UENF 506-8' maize (6.569 kg ha^{-1}) and of the 'Pérola' bean (2.858 kg ha^{-1}), comparatively to SSD on millet dry mass and conventional sowing (SC). The maize cultivated in SSD on dry mass of jack bean presented the largest contents of N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe and Cu in the leaves, larger number of maize ears per plant, their medium weight, weight of a hundred grains than the SC. The bean cultivated in SSD on dry mass of jack bean, has presented the largest contents of N, K and Mg in the leaves, but when cultivated in SSD on millet dry mass it presented the largest contents foliate of P, K, S, Mn, Zn and Cu. The bean when cultivated in SSD over the dry mass of jack bean, has presented the largest number of green beans per plant, seeds per each green bean, weight of a hundred grains in relation to the cultivation in SSD over millet dry mass and SC. The highest productivities obtained by the maize happened it was used a succession of jack bean/maize/jack bean/maize; and jack bean/bean/jack bean/maize in SSD. The highest productivities of the bean happened when it was used a succession of jack bean/maize/jack bean/bean; and jack bean/bean/jack bean/bean in SSD. The

economical results of the maize culture evidenced the economical unviability not only in SSD but also in SC, in the current conjuncture of the marketing production in Brazil. However, the SSD has still provided the best results. The bean in SSD with the use of the green manures presented the liquid income, the monthly return rate and the cost/benefit relation, respectively, 1.073, 262 and 50% superior to the cultivation using the conventional sowing.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, entre 162 países produtores, produzindo 5,0% da produção mundial (FAO, 2006), sendo a produção inferior apenas à dos Estados Unidos e da China. A cultura do milho (*Zea mays*) é a 2ª maior em importância econômica no Brasil, sendo superada, apenas, pela soja (M.A., 2006a). No entanto, o país importou cerca de 597 mil toneladas de grãos somente no ano de 2005 (Conab, 2006a). Apesar disso, a Conab (2006b) indica que a produção de milho nacional está se elevando proporcionalmente mais do que o consumo. O maior consumo interno desse produto está relacionado à fabricação de ração para as atividades da avicultura e da suinocultura, que têm aumentado significativamente. A produtividade média de milho no Brasil é de 3.028 kg ha⁻¹ (M.A., 2006b), sendo muito baixa quando comparada ao potencial dessa cultura, que pode chegar a 13.000 kg ha⁻¹ em condições experimentais e comerciais (Gerage et al., 2005).

Por outro lado, o Brasil é o maior produtor do mundo de feijão (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae), produzindo 16% da produção mundial, mas também é um dos maiores consumidores, com um consumo per capita de 17,64 kg ano⁻¹, necessitando de importações, sendo que o Estado de Minas Gerais é o maior produtor, respondendo por, aproximadamente, 19% da produção nacional (Conab, 2006c; FAO, 2006). A cultura do feijão, na escala de produção de grãos, fica com a 5ª posição em importância econômica, correspondendo com 2,6% da produção total, sendo superada em ordem crescente pelo trigo, arroz, milho e soja (M.A., 2006a). Na

maioria das regiões produtoras a produtividade é baixa, o que, possivelmente, tem suas causas em métodos de manejo de solo e culturais inadequados, nas variações climáticas, em problemas fitossanitários e no esgotamento progressivo da fertilidade do solo. O rendimento médio do feijoeiro no Brasil gira em torno de 797 kg ha⁻¹ (M.A., 2006b), sendo muito inferior à produtividade potencial da cultura que, em condições de pesquisa, chega a 6.000 kg ha⁻¹ (White & Izquierdo, 1991).

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) do mundo, produzindo 420 milhões de toneladas por ano, respondendo por, aproximadamente, 33% da produção mundial, sendo cerca de 85% no Centro-Sul e, aproximadamente, 15% no Norte-Nordeste (Conab, 2005; FAO, 2006). A Conab (2006d) estima, para a safra 2006/07, a produção de, aproximadamente, 470 milhões de toneladas de cana, 17 bilhões de litros de álcool e 29 milhões de toneladas de açúcar. O Estado do Rio de Janeiro, especialmente a região Norte Fluminense, destaca-se como um pólo da cultura da cana-de-açúcar. A agroindústria canavieira é uma atividade tradicional, porém esteve decadente nesta região no final da década de 90. A crise do setor provocou o fechamento de algumas usinas. Em 1980, havia 17 usinas e 1 destilaria autônoma em funcionamento, enquanto que, em 1997, apenas 10 usinas e 1 destilaria permaneceram em operação (Morgado & Vieira, 1999). Atualmente, há 9 usinas e 1 destilaria, e o setor sucroalcooleiro regional, assim como o nacional, novamente encontra-se em expansão e crescimento. A produtividade média da região gira em torno de 45 ton ha⁻¹, portanto, muito baixa quando comparada com outras regiões sucroalcoleiras do Brasil e a média nacional de 74 ton ha⁻¹ (Conab, 2005; Morgado & Vieira, 1999).

De maneira geral, essas culturas citadas têm apresentado baixas produtividades, devido à contínua utilização de métodos convencionais de manejo do solo (Corrêa, 1980; Morgado & Vieira, 1999). Empregando-se técnicas antigas importadas na década de 60 de países de clima temperado como os EUA que, por causa do inverno rigoroso com repetidas nevascas, necessitava revolver o solo para expô-lo à radiação solar da primavera-verão para facilitar o descongelamento da superfície e, assim, iniciar o cultivo das culturas de verão. No entanto, essas características climáticas não são as mesmas do Brasil, no qual predominam os

climas tropicais e subtropicais, carecendo de técnicas específicas ao próprio clima e solo.

O plantio direto é um sistema de manejo de solo promissor para as condições climáticas do Brasil. Assim, agricultores que praticam o plantio direto no manejo do solo têm alcançado produtividades com as culturas do milho e da soja na ordem de 12 e 4,5 ton ha⁻¹, respectivamente (Dijkstra, 2003). Com o plantio direto, maximiza-se a eficiência na utilização de insumos (fertilizantes e combustíveis), pois a palhada formada na superfície do solo aumenta o teor de matéria orgânica que confere maior atividade microbiana, a retenção de umidade, a agregação do solo, a CTC, o potencial produtivo e, conseqüentemente, alcançando-se a sustentabilidade da área agrícola (Peixoto et al., 1997).

Neste contexto, e considerando-se a competitividade do mercado mundial, torna-se necessário reduzir os custos de produção, aumentar a produtividade e proteger o meio ambiente em todos os setores agrícolas. Essa preocupação é uma realidade para a maior parte dos agricultores e técnicos que atuam nos setores de produção do milho, feijão e cana-de-açúcar, dentre outras culturas. De acordo com a estimativa da FEBRAPDP (Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha), a área nacional cultivada em plantio direto de 1992/93 a 2003/04 safra verão/safrinha/inverno cresceu mais de 1.000%, chegando em torno de 22 milhões de hectares. O Paraná, em 2001, apresentava uma área de quase 5 milhões de hectares de plantio direto, sendo a maior entre os demais Estados (FEBRAPDP, 2004). O Estado do Rio de Janeiro nem aparece no levantamento estatístico de áreas cultiváveis em sistema de plantio direto no Brasil.

Dessa maneira, uma das alternativas que está sendo bastante investigada é o manejo conservacionista do solo com a semeadura direta ou plantio direto na palha das culturas, e esse manejo tem proporcionado bons resultados em termos econômicos e de produtividade.

Definem-se como objetivos neste estudo:

- 1) Determinar, entre as espécies utilizadas, as melhores plantas de cobertura para as culturas da cana-de-açúcar, do milho e do feijão comum;

2) Avaliar, comparativamente, os sistemas de plantio direto e convencional, baseando-se na melhoria química do solo e nas características agronômicas das culturas citadas;

3) Comparar, economicamente, as culturas da cana-de-açúcar, do milho e do feijão cultivadas em sistema plantio direto versus o preparo convencional do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Devido à sua multiplicidade de aplicações, quer na alimentação humana, quer na alimentação animal, assume relevante papel socioeconômico, além de constituir-se em indispensável matéria-prima impulsionadora de diversificados complexos agroindustriais (Dourado Neto & Fancelli, 2004).

O milho, sendo uma planta de origem tropical, exige, durante o seu ciclo vegetativo, calor e umidade para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, proporcionando rendimentos compensadores. Há muitos séculos, o milho vem sendo utilizado como alimento e, em decorrência de sua extrema importância, o homem tem procurado sempre estender os limites geográficos da sua produção (Dourado Neto & Fancelli, 2004).

A área mundial ocupada pela cultura do milho (*Zea mays*), em 2005, foi de 146 milhões de hectares, com uma produção de, aproximadamente, 694 milhões de toneladas de grãos (rendimento médio mundial de 4.753 kg ha^{-1}) (FAO, 2006). O aumento do consumo mundial de milho vem sendo proporcionalmente maior do que a elevação da produção. De acordo com o Ministério da Agricultura (2006c), a produção em 2003/04 foi de 623 milhões de toneladas, enquanto o consumo foi de

644 milhões de toneladas de milho. Isso se deve à alteração no hábito alimentar dos europeus e americanos, os quais passaram a consumir mais carne branca (suínos e aves), implicando elevação da produção mundial de frangos e, conseqüentemente, ampliando a demanda por rações que têm como principal matéria-prima energética o milho.

A área cultivada de milho nos países que compõem o Mercosul ficou em torno de 15 milhões de hectares, com uma produção de 55 milhões de toneladas de grãos (rendimento médio Mercosul 3.696 kg ha^{-1}) (FAO, 2006). O cenário do Mercosul, no que se refere à produção, mostrou-se diferente comparado ao mundial. Assim, a produção em 2003/04 foi de 61 milhões de toneladas, enquanto o consumo ficou em 44 milhões de toneladas (Conab, 2006b). Ainda que, nesta mesma safra, a produção tenha diminuído em, aproximadamente, 4% em relação à anterior, o consumo diminuiu também em torno de 1%, assim continuando estável este panorama.

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, sendo responsável por 5,0% da produção mundial (FAO, 2006), com produção inferior apenas à dos Estados Unidos e da China. No Brasil, apesar da área plantada ter se mantido praticamente constante nos últimos sete anos, pode-se verificar um aumento de 33% na produtividade da cultura em relação às safras anteriores. Esse incremento se explica pela necessidade que o produtor tem de aumentar seus rendimentos e sua competitividade nos mercados interno e externo (Fiorelli, 2004; M.A., 2006b; M.A., 2006d).

Com a manutenção da área de plantio ao longo dos últimos anos, o aumento de produtividade só foi possível graças ao aumento da tecnologia aplicada. Em algumas regiões em que a cultura do milho é a principal opção de plantio, as produtividades são muito mais altas que a média brasileira de 3.028 kg ha^{-1} , a exemplo da região dos Campos Gerais no Estado do Paraná, onde a produtividade média tem alcançado valores de 9.000 a $13.000 \text{ kg ha}^{-1}$ (Fiorelli, 2004; Gerage et al., 2005; M.A., 2006b), porém, vale salientar que justamente nesta região a semeadura direta na palha é praticada desde a década de 70, o que, provavelmente, favoreceu, em parte, a obtenção de altas produtividades. Os maiores produtores de milho do

país são, em ordem decrescente, os Estados do Paraná, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso, Santa Catarina e Goiás (Conab, 2006c).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2005), o Brasil exporta produtos do complexo milho para mais de 20 países. Assim, as exportações chegam a 1,1 milhões de toneladas, enquanto as importações ficam em torno de 597 mil toneladas (Conab, 2006a; Conab, 2006e). De acordo com as previsões realizadas pelo Ministério da Agricultura (2006c), no final da safra 2005/06, ter-se-ão estoques chegando a 130 milhões de toneladas.

Levantamentos de produção têm reiterado que o milho vem sendo cultivado de modo intensivo e em diferentes épocas do ano no Brasil. Assim, a produção de milho tem sido contabilizada em duas grandes safras cultivadas durante o ano agrícola (1ª safra e 2ª safra), além do cultivo no inverno em regiões com infraestrutura de irrigação. A área total cultivada com milho, na safra 2004/05, atingiu pouco mais de 11,5 milhões de hectares, gerando uma produção de, aproximadamente, 35 milhões de toneladas. Por sua vez, a chamada 2ª safra ("safrinha") apresentou uma participação bastante significativa nesses números totais. Aproximadamente, 26% da área cultivada e do total produzido em 2004/05 devem ser atribuídos aos plantios de 2ª safra de milho. Esses valores mostram a ocorrência de uma expansão significativa nos plantios de milho fora de sua época tradicional de cultivo (Fiorelli, 2004; M.A., 2006a; M.A., 2006d; M.A., 2006e).

A consequência prática dos crescentes plantios tem sido a presença da cultura do milho em diferentes estádios de desenvolvimento fenológico durante grande parte do ano agrícola. Deste modo, os solos são explorados intensivamente em termos de fertilidade, além de interferências em alguns aspectos físicos, principalmente quando utilizado o manejo convencional que geralmente causa a erosão e a desagregação do solo. Além disto, os insetos pragas podem encontrar facilmente as plantas de milho para serem parasitadas, uma vez que existe a formação de uma verdadeira ponte biológica criada pelos plantios sucessivos da cultura (Dourado Neto & Fancelli, 2004).

O Estado do Rio de Janeiro, em área de, aproximadamente, 11,6 mil hectares, chegou a produzir, em 2005, cerca de 26,4 mil toneladas de grãos de acordo com Conab (2006c). Assim, o rendimento médio gira em torno de 2.276 kg

ha⁻¹, o que é muito baixo quando comparado com o nacional e o potencial produtivo da cultura.

2.2 Aspectos gerais da cultura do feijão

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes constituintes da dieta do brasileiro, por ser reconhecidamente uma excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos e de ser rico em ferro (Vieira et al., 1998).

Apesar da ampla adaptação e distribuição geográfica do feijoeiro, ele é muito pouco tolerante a fatores extremos do ambiente, sendo uma cultura relativamente exigente no que diz respeito à maioria das condições edafoclimáticas. Dessa forma, algum conhecimento a respeito das exigências e limitações do feijoeiro é de fundamental importância para a escolha de um ambiente onde a cultura possa crescer, desenvolver-se e produzir bem, aproveitando ao máximo o potencial do cultivar utilizado, as respostas à adubação e o benefício das outras práticas ou tecnologias empregadas (Vieira et al., 1998).

O feijão é produzido mundialmente em mais de 100 países. Porém, seis países são responsáveis por mais de 63% da produção total (Brasil, Índia, China, Myanmar, México e Estados Unidos). A produção mundial de feijão é de 19 milhões de toneladas produzidas numa área de, aproximadamente, 27 milhões de hectares, portanto, resultando numa produtividade média mundial de, aproximadamente, 704 kg ha⁻¹ (FAO, 2006).

No contexto do Mercosul, verifica-se área cultivada com feijão de 4,0 milhões de hectares, sendo que o Brasil detém 94% desse total. A produção é de 3,3 milhões de toneladas de grãos e o rendimento médio de 825 kg ha⁻¹. No entanto, mesmo o Brasil sendo o maior produtor de feijão do Mercosul, é a Argentina que apresenta a maior produtividade média (1.179 kg ha⁻¹), seguida do Paraguai (893 kg ha⁻¹). Por sua vez, o Brasil apresenta 797 kg ha⁻¹ e, finalmente, o Uruguai com a menor produtividade, 626 kg ha⁻¹ (FAO, 2006).

O Brasil é um dos maiores produtores de feijão do mundo, mas é, também, um dos maiores consumidores, com um consumo per capita em torno de 17,64 kg ano⁻¹, necessitando de importações, sendo que, em 2005, foi de, aproximadamente,

101 mil toneladas de grãos (FAO, 2006; M.A., 2006a). O Estado de Minas Gerais é o maior produtor, respondendo por 19% da produção nacional (Conab, 2006c). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006), no Estado de Minas Gerais, as estimativas de produção para os principais municípios produtores como Ibiá e Unaí, respectivamente, são de 10,5 e 16,2 mil toneladas de grãos, e as produtividades médias de 2.100 a 3.000 kg ha⁻¹, ainda para o final da safra 2006. A cultura do feijão, a nível nacional, na escala de produção de grãos, fica com a 5ª posição em importância econômica, correspondendo com, aproximadamente, 2,6% da produção total, sendo superada em ordem crescente pelo trigo, arroz, milho e soja (M.A., 2006a). Recentemente, levantamento consolidado no Brasil relata uma área plantada, na safra 2005/06, de 4,0 milhões de hectares, resultando numa produção de 3,2 milhões de toneladas. Portanto, a produtividade média nacional para esse ano agrícola foi de 800 kg ha⁻¹ (Conab, 2006c).

O consumo, per capita, do feijão tem sofrido grandes oscilações nos últimos anos. Caso houvesse permanecido nos níveis de 1972, seriam necessários em torno de 5,2 milhões de toneladas. No entanto, não há perspectivas de que o consumo retorne aos patamares da década de 70, pois a substituição do feijão por outros alimentos mais práticos, como o macarrão, é um fato consolidado. Além do mais, o êxodo rural para os centros urbanos tem contribuído para a mudança do hábito alimentar (Cobucci et al., 1999).

A área plantada com feijão (*Phaseolus vulgaris*) não acompanhou o crescimento populacional, apresentando ligeiro recuo nesses últimos anos. Entretanto, a produtividade cresceu, em média, 26% nos últimos cinco anos, tendo em vista a substituição do plantio tradicional, mais precisamente o sistema convencional, notadamente na Região Centro-Sul, pelo plantio tecnificado em sistema de plantio direto e, na Região Sudeste, principalmente Minas Gerais, o cultivo irrigado. Este fato vem transformando essa cultura em atividade empresarial com ganho na produtividade (Cobucci et al., 1999; Conab, 2006b).

No país, o feijão é cultivado praticamente em três safras distintas, a 1ª safra “das águas” (semeadura em outubro/novembro), 2ª safra “da seca” (semeadura em janeiro/fevereiro) e a 3ª safra “de inverno” (semeadura em maio/setembro). Essa

última, contudo, somente é realizada em regiões nas quais se disponibiliza irrigação (Cobucci et al., 1999; M.A., 2006a).

No Estado do Rio de Janeiro, normalmente a cultura do feijão é utilizada na rotação de culturas em áreas de olericultura, principalmente no período de outono (Vairo do Santos, 1999). Portanto, o feijoeiro no Estado, raras exceções, é cultivado por pequenos produtores rurais, com reduzido acesso à assistência técnica. A produtividade média é de, aproximadamente, 846 kg ha⁻¹, portanto, um pouco acima da média nacional, e abaixo da produtividade potencial da cultura, que chega a 6.000 kg ha⁻¹ (White & Izquierdo, 1991; Conab, 2006c). Assim, como em vários Estados do país, no Rio de Janeiro carece-se de novas tecnologias no sistema de produção, principalmente no que se refere ao manejo do solo ao uso de cultivares produtivas recomendadas para região, manejo adequado da fertilidade do solo, controle fitossanitário, dentre outros fatores.

2.3 Aspectos gerais da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) é considerada uma gramínea. Esse termo provém de “gramina”, nome usado pela primeira vez por Linné, designando plantas semelhantes à grama. A cana-de-açúcar é, certamente, uma das culturas mais importantes, economicamente, para o homem, além de importante fonte de açúcar. Foi a primeira cultura introduzida no Brasil. É cultivada há quatro séculos no litoral do Nordeste. Mais recentemente, devido ao álcool, essa cultura disseminou-se por quase todos os estados brasileiros, estabelecendo-se nos mais diferentes tipos de solos (Embrapa, 2006).

Mesmo sendo uma planta rústica, hoje estão sendo feitos altos investimentos para o seu cultivo, pois as características ambientais e a competitividade exigem produtividade, redução de custos e dos impactos no meio ambiente (Embrapa, 2006).

Segundo a FAO (2006), a área mundial cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) é de, aproximadamente, 19,7 milhões de hectares, produzindo em torno de 1,3 bilhões de toneladas de cana com produtividade média mundial de,

aproximadamente, 66 ton ha⁻¹. O Brasil é o maior produtor de cana do mundo, contribuindo com, aproximadamente, 33% do total produzido.

No contexto do Mercosul, a cana é cultivada nos quatro países integrantes do mercado comum, destacando-se o Brasil, que produz cerca de 420 milhões de toneladas numa área de 5,7 milhões de hectares da cultura, apresentando rendimento médio de 74 ton ha⁻¹, e o Uruguai e o Paraguai com a menor área colhida e produtividade, respectivamente. Dessa maneira, o Brasil responde por, aproximadamente, 95% da produção de cana do Mercado Comum dos países do Cone Sul. A produtividade média do cenário do Mercosul gira em torno de 72 ton ha⁻¹ (Conab, 2005; FAO, 2006).

No Brasil, a atividade sucroalcooleira expandiu-se, significativamente, com o Proálcool (Programa Nacional do Álcool), definido em novembro de 1975 e acelerado a partir de julho de 1979, constituindo uma tentativa do governo brasileiro de desenvolver fontes alternativas para gerar energia. Esse programa federal, administrado pelo Ministério da Indústria e Comércio através da CENAL (Comissão Executiva Nacional do Álcool), tinha por objetivo o aumento da produção de safras agro-energéticas e a capacidade industrial de transformação, visando à obtenção de álcool para substituir o petróleo e seus derivados, em especial a gasolina (Oliveira & Neto, 1980).

A primeira meta do programa era chegar a uma produção de 3 milhões de m³ de álcool em 1980. Em 1974 e 1975, anteriormente à definição do programa, a produção tinha sido de 625 mil m³. Para atrair o empresariado envolvido na produção e processamento da cana, o governo utilizou-se de políticas específicas: “O principal instrumento utilizado pelo governo brasileiro para estimular o aumento da produção de cana-de-açúcar e da capacidade industrial de transformação em álcool a partir de 1975 foi o crédito subsidiado concedido aos projetos aprovados pelos órgãos executivos do programa” (Oliveira & Neto, 1980).

Entretanto, embora o Proálcool tenha sido implementado em 1975, foi somente a partir de 1979, após o segundo choque do petróleo, que o Brasil, de forma mais ousada, lançou a Segunda Fase do Proálcool, possuindo uma meta de produção de 7,7 milhões de m³ de álcool em cinco anos (Oliveira & Neto, 1980). Atualmente, praticamente 21 anos depois da segunda fase do Proálcool, estima-se

para 2006/07 que a produção brasileira seja de mais de 17 milhões de m³ de álcool, ou seja, 121% a mais que as metas estabelecidas na década de 80, além de 29 milhões de toneladas de açúcar (Conab, 2006d).

Os Estados maiores produtores de cana da confederação brasileira são, em ordem decrescente de volume de produção, São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Alagoas e Pernambuco, sendo que, o Estado de São Paulo responde por 62% da produção nacional. No entanto, os que apresentam, respectivamente, a maior e a menor produtividade são os Estados de São Paulo com 84 ton ha⁻¹ e o Rio Grande do Sul em torno de 28 ton ha⁻¹ (Conab, 2006d).

A participação do Estado do Rio de Janeiro na produção brasileira de açúcar é 1,62% e de álcool 1,65%. Estes percentuais são inferiores ao de participação da área colhida com cana-de-açúcar em relação ao Brasil, que foi de 2,90% (Conab, 2006d). Tal situação se deve aos baixos índices de produtividade agrícola de rendimento industrial obtidos no Estado.

2.4 O sistema de plantio direto

Há cerca de 60 anos, iniciaram-se as primeiras experiências com plantio direto em instituições de pesquisas dos Estados Unidos e de outros países. O interesse por essa questão cresceu devido ao cuidado com relação à degradação do solo, à redução da produtividade e aos elevados custos de preparo do solo por métodos convencionais (os quais consistem em preparar o solo com aração e gradagem, por várias vezes, incorporando os restos da cultura anterior). As pesquisas mostraram grandes limitações do sistema, face ao problema de incidência das plantas daninhas e à dificuldade no seu controle (Pastana, 1972; Corrêa, 1980, Muzilli, 1981).

Os trabalhos de pesquisa com respeito ao manejo do solo evoluíram do cultivo mínimo (consiste em preparar o solo com equipamento que não incorpora os restos da cultura anterior, como o escarificador, deixando-os à superfície como uma cobertura protetora para reduzir a energia do impacto das gotas de chuva) (Pastana, 1972), para o sistema de plantio direto na palha iniciado nos Estados Unidos na década de 50, sendo que, a partir da década de 60, tal sistema passou a ser

avaliado na cultura do milho pelos agricultores americanos (Corrêa, 1980). Os sistemas de cultivo mínimo e plantio direto caracterizam-se pelo manejo conservacionista, pois mantêm a cobertura do solo acima de 30% com resíduos vegetais (Boller & Caldato, 2001).

A expressão Plantio Direto é derivada do termo “no-tillage”, que foi definida por Jones et al. (1968), citado por Sá (1998), como sendo o procedimento de plantio de uma cultura diretamente sobre uma cobertura vegetal morta quimicamente, ou sobre resíduos da cultura anterior, sem o preparo mecânico do solo por meio de aração, gradagens, escarificações e outros métodos convencionais. Posteriormente, Muzilli (1981) ampliou o conceito, definindo-o como um processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para adequada cobertura e contato das sementes com o solo.

Na década de 90, Sá (1998) lançou um conceito que assume a visão holística integrada de um sistema envolvendo a combinação de práticas culturais ou biológicas, tais como: a) o uso de produtos químicos ou práticas mecânicas no manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação de coberturas do solo, com a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo; b) a combinação de espécies com exigência nutricional, produção de fitomassa e sistema radicular diferenciados, visando a constituir uma rotação de culturas; c) a adoção de métodos integrados de controle de plantas daninhas, com utilização de cobertura dos solos, herbicidas específicos e o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura.

No Brasil, provavelmente, a primeira referência escrita sobre cultivo mínimo foi feita em 1964, pelo professor Clibas Vieira e senhor Russel D. Frazier, em Minas Gerais. Eles resumiram as vantagens do cultivo mínimo e explicaram dois métodos empregados em solos arenosos dos EUA (Muzilli, 1981). Porém, as primeiras experiências com plantio direto iniciaram-se no Estado do Paraná, em 1971. Tanto por parte da pesquisa, como por parte dos agricultores, a experiência acumulada se refere à sucessão trigo-soja, pois são as culturas mais difundidas em plantio direto no Sul do Brasil. Na década de 80, a cultura do milho começou a ganhar novos

adeptos para cultivo nesse sistema, sobretudo na região dos Campos Gerais ou Centro-Sul do Paraná (Muzilli et al., 1983a).

Nas primeiras pesquisas, já foi possível constatar maior retenção de água, teor de matéria orgânica, movimentação da água no perfil do solo por capilaridade favorecida pela porosidade intacta promovida pelo sistema, além de redução do consumo de combustível, da mão-de-obra e da taxa de evaporação da água. Entretanto, constatou-se a indispensável necessidade da rotação de culturas e adubação verde para aumentar a disponibilidade de nitrogênio, para reduzir a infestação de plantas daninhas por efeitos alelopáticos e supressivos e somando-se a eficácia dos herbicidas, a redução de maneira geral nos custos de produção (Galvão et al., 1981; Muzilli et al., 1983a; Santos et al., 1997).

Entre as principais vantagens da semeadura direta, em condições tropicais e subtropicais, destaca-se o aumento da eficiência da ciclagem dos nutrientes, seja oriundo dos fertilizantes ou do próprio solo. Este fato está relacionado à redução das perdas de nutrientes por erosão e lixiviação, assim como alterações induzidas na dinâmica dos nutrientes (Chueri & Vasconcelos, 2000).

Do ponto de vista de fertilidade do solo, o efeito dos materiais orgânicos no acúmulo e nas interações na ciclagem de nutrientes com suas respectivas influências nas culturas em sucessão foram avaliadas por diversos pesquisadores (Muzilli, 1983; Sidiras & Pavan, 1985; Santos et al., 1995; Franchini et al., 2000) que encontraram resultados favoráveis pelo emprego do plantio direto.

O sistema de plantio direto contribui eficazmente para a diminuição da oxidação da matéria orgânica, que é eficaz para promover melhoria das propriedades físicas do solo (agregação, porosidade, beneficiando a aeração e a infiltração e o armazenamento da água no solo), aumento da CTC, liberação gradativa de nitrogênio, construção de um reservatório de fósforo lábil no perfil cultural do solo e correção da acidez por processos organoquímicos sem a necessidade de incorporar-se os corretivos ao solo (Muzilli, 2002).

A utilização de sistemas conservacionistas de produção de milho é uma eficiente alternativa ao sistema tradicional (pousio/milho) em acumular matéria orgânica no solo e contribuir para o seqüestro do CO₂ atmosférico em solos agrícolas e, portanto, para melhoria da qualidade ambiental (Amado et al., 2001). Mello & Yano

(2001) inferiram que a melhor maneira de corrigir e evitar novos danos ao solo e ao meio ambiente é a adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como a técnica do plantio direto.

De modo geral, fica claro que o sistema de semeadura direta, necessariamente, engloba as práticas de adubação verde e rotação de culturas para estabelecer um grupo de explorações interligadas na propriedade, de forma a garantir rentabilidade, estabilidade de produção e conservação de patrimônio, além da conservação e do aumento da fertilidade do solo.

2.4.1 Plantas de cobertura e rotação de culturas

A utilização de adubos verdes e a rotação de culturas em manejos conservacionistas mostraram-se indispensáveis desde o início das investigações do sistema de plantio direto. A rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais, dentro de um mesmo período agrícola ao longo dos anos de cultivo, numa mesma área agrícola. As plantas de cobertura servem para formação da palhada na superfície do solo, culminando na redução de gastos com fertilizantes nitrogenados e herbicidas (Muzilli et al., 1983b; Aita et al., 1994). Dessa maneira, a principal função das plantas de cobertura reside na reciclagem de nutrientes, principalmente o nitrogênio na fixação biológica de N_2 , no caso das leguminosas (Heinzmann, 1985; Spagnollo et al., 2002; Perin et al., 2004) e no efeito alelopático e supressivo sobre plantas daninhas como ocorre com o feijão-de-porco, a crotalária e a mucuna preta (Fernandes et al., 1999).

Durante um período de oito anos, Amado et al. (2001) constataram maiores adições anuais de carbono e nitrogênio pelos sistemas com plantas de cobertura e rotação de culturas (aveia preta, ervilhaca comum, tremoço azul, azevém, mucuna preta e feijão-de-porco), que variaram de 4.240 a 4.700 kg ha⁻¹ de C e de 141 a 217 kg ha⁻¹ de N, enquanto, no sistema sem plantas de cobertura e somente com a cultura do milho obtiveram-se, apenas, 2.780 kg ha⁻¹ de C e 71 kg ha⁻¹ de N.

A adubação verde, consorciada ou em sucessão de culturas, tem sido sugerida como prática para manutenção ou elevação do teor de matéria orgânica no solo (Gonçalves & Ceretta, 1999). Assim, esta prática poderá ser uma das soluções

para aumentar a produtividade agrícola nos tabuleiros, que é baixa devido à reduzida capacidade de retenção de água e nutrientes dos solos. Características como alto teor de areia na composição textural, presença de argilas de baixa atividade e baixos teores de matéria orgânica são determinantes para essa condição. O manejo da matéria orgânica em solos com tais características é de grande importância, já que esta é responsável por 56 a 82% da CTC dos solos tropicais (Raij, 1981).

Scivittaro et al. (2000) observaram que o rendimento de grãos do milho obtido pela utilização de mucuna preta associada a 100 kg ha⁻¹ de N-uréia foi superior em 82% ao verificado para a testemunha sem adubação verde e química. O mesmo resultado foi encontrado por Spagnollo et al. (2002), entretanto, em comparação ao tratamento testemunha, as leguminosas, dentre elas o feijão-de-porco, aumentaram o rendimento do milho de 17 a 93% (423 a 2.256 kg ha⁻¹).

O rendimento da cultura do feijão dobrou com a utilização da adubação verde com a mucuna preta em relação ao tratamento em sucessão à cultura do milho (Arf et al., 1999). Outro estudo mostrou que as plantas de cobertura do solo incrementaram em 32% a produtividade do feijão em comparação ao solo sem cobertura (Andreola et al., 2000).

Embora a rotação de culturas seja tecnicamente recomendada pelos seus benefícios no controle da propagação de pragas e doenças e na reciclagem de nutrientes, a decisão final fica por conta do agricultor, que dá muito mais ênfase à questão econômica do que ao aspecto da sustentabilidade do sistema como um todo (Silva & Resck, 1997). Dessa forma, em análise econômica do uso de leguminosas na cultura do milho, Spagnollo et al. (2001) concluíram que o cultivo de leguminosas para cobertura do solo demonstrou-se uma alternativa viável para aumentar significativamente a receita líquida da cultura do milho. Além disso, constataram que as espécies capazes de se destacar em relação ao seu efeito na receita líquida da cultura do milho foram a mucuna cinza, o feijão-de-porco e o guandu anão.

Um outro problema são as restrições impostas pelo déficit hídrico que dificulta, até mesmo, a produção da palha para a cobertura do solo, requisito básico para a implantação e manutenção do sistema de plantio direto (Salton & Mielniczuk, 1995).

De maneira geral, a escolha das espécies que apresentam rápido desenvolvimento inicial, tolerância ao Al tóxico, sistema radicular profundo e produção de massa suficiente para a cobertura do solo, baixa taxa de decomposição e a relação C/N apropriada às culturas sucessoras é que favorecerá o grau de sucesso obtido com a utilização dessa prática (Fernandes et al., 1999; Gonçalves & Ceretta, 1999). Uma relação C/N dos resíduos de coberturas verdes de 23-24 mostrou ser mais adequada para o milho, proporcionando mineralização uniforme de N. Entretanto, para o feijão e a soja, relação C/N superior a 25 é ideal para se obter cobertura morta estável, com condições favoráveis à formação e funcionamento dos nódulos (Heinzmann, 1985).

A suscetibilidade do material orgânico à decomposição está ligada aos teores de lignina e polifenóis e às relações entre os seus constituintes, como C/N, C/P, lignina/N, polifenóis/N e lignina + polifenóis/N (Palm & Sanchez, 1991). Resíduos vegetais que contenham baixas concentrações de N e P e alto conteúdo de lignina e polifenóis apresentam baixa taxa de decomposição e liberação lenta de nutriente (Myers et al., 1994).

Em trabalho no qual se avaliaram espécies para cobertura do solo no Norte do Estado do Rio de Janeiro (Lima, 2002), verificou-se que o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) apresentou maior velocidade inicial de cobertura, atingindo 100% aos 40 dias após emergência, enquanto o guandu, o teosinto e o sorgo não atingiram 50% de cobertura durante o período de inverno. Quanto ao acúmulo de N, P e K, o tremoço branco (*Lupinus albus*) acumulou 1,85 e 2,0 vezes mais N em comparação ao milho e testemunha, respectivamente. A aveia preta (*Avena strigosa*) e o milho (*Pennisetum glaucum*) acumularam 27 e 84% mais P em comparação com a testemunha e o tremoço branco. Já o milho e a testemunha acumularam 1,89 vez mais K em comparação ao sorgo e ao tremoço branco. O nabo forrageiro, a aveia preta e o milho reduziram significativamente o número e o peso de matéria seca das plantas daninhas.

Favero et al. (2000) constataram, em pesquisa na qual se avaliaram cinco leguminosas no Estado de Minas Gerais, que o feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*) apresentou maior produtividade de matéria seca e maior acúmulo de todos os nutrientes estudados (N, P, K, Ca e Mg), seguido por mucuna preta e feijão-

de-porco. Dessa maneira, no Sul do Brasil, em estudo também com leguminosas de cobertura, Spagnollo et al. (2002) constataram que a matéria seca da parte aérea de leguminosas variou de 1,26 a 5,48 ton ha⁻¹, e o N na fitomassa, de 31 a 132 kg ha⁻¹, na média de safras e de doses de N. Quanto ao potencial de produção de matéria seca e N na fitomassa, de maneira geral, as plantas de cobertura foram distribuídas em três grupos: mucuna cinza e guandu anão > feijão-de-porco > soja preta. Todas as espécies apresentaram uma relação C/N baixa (<20).

A produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nutrientes dos adubos verdes milheto e crotalária foram determinados numa pesquisa na Zona da Mata Mineira. A crotalária apresentou maior produção de fitomassa, que foi 108% maior que a vegetação espontânea e 31% superior à do milheto. A presença de crotalária resultou em maiores teores de N e Ca, enquanto o milheto e as plantas espontâneas apresentaram maiores teores de potássio. O acúmulo de P e de Mg foi fortemente influenciado pela produção de fitomassa, atingindo valores elevados com a presença da crotalária, ao passo que o acúmulo de N e de Ca resultou tanto dos maiores teores quanto da maior produção de fitomassa nos tratamentos com a leguminosa. A crotalária contribuiu, em associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, via fixação biológica do nitrogênio, com 173 kg ha⁻¹ de N (Perin et al., 2004).

Com respeito ao crescimento radicular de algumas espécies utilizadas como cobertura em solos compactados, Silva & Rosolem (2001) verificaram que os estados de compactação impostos em subsuperfície não impediram o crescimento de raízes de aveia preta, guandu, milheto, mucuna preta, sorgo e tremoço azul, indicando que, em solo arenoso, a densidade crítica para essas espécies é superior a 1,6 ton m³ (correspondendo à resistência à penetração de 1,22 MPa). O milheto apresentou-se como a espécie mais indicada para cobertura, por suas características de produção de matéria seca e crescimento radicular.

2.4.2 A importância da formação de palhada no sistema de plantio direto

A viabilidade do sistema de semeadura direta é alcançada quando altas quantidades de palhada são produzidas e mantidas na superfície do solo. Assim,

tem-se melhor conservação da umidade do solo em razão da permanência da palhada, permitindo à cultura estabelecimento mais rápido, dando-lhe condições de maior capacidade competitiva com as plantas daninhas. A permanência da cobertura morta na superfície do solo atua como agente supressor ou, no mínimo, retardador da germinação das sementes e da emergência das plantas daninhas (Galvão et al., 1981). Agronomicamente é importante, que, a palhada esteja distribuída uniformemente sobre o solo, pois vários são os efeitos negativos causados pela desuniformidade da palhada, entre esses se relacionam o controle das plantas daninhas e a germinação das sementes das culturas (Bortoluzzi & Eltz, 2000).

Muitas plantas produzem metabólitos secundários, aparentemente sem uma função fisiológica equivalente à dos metabólitos primários, os quais se acumulam nos diversos órgãos das plantas, mas de uma função ecológica importantíssima. Dessa maneira, muitas espécies interferem no crescimento de outras por meio da produção e liberação de substâncias químicas com propriedades de atração e estímulo ou inibição; estas substâncias são denominadas aleloquímicos, e esse fenômeno, como alelopatia (Rice, 1974).

As principais formas de liberação no ambiente ocorrem através dos processos de volatilização, exsudação pelas raízes, lixiviação e decomposição dos resíduos (Durigan & Almeida, 1993). A ação alelopática, tanto durante o crescimento vegetativo quanto durante o processo de decomposição, exerce inibição interespecífica sobre outras espécies (Erasmus et al., 2004). No entanto, na prática, é difícil distinguir-se se os efeitos de um planta sobre a outra se devem à alelopatia ou à competição (Fuerst & Putnan, 1983).

Outro efeito importante que tem sido observado é a supressão de plantas daninhas pela palhada dos adubos verdes na superfície do solo. Dessa maneira, a fitomassa produzida pela adubação verde tem influência direta na supressão de plantas daninhas nos agroecossistemas, pois existe correlação linear entre a quantidade desta fitomassa e a efetiva redução da infestação por plantas daninhas, e diferentes espécies de adubos verdes modificam a composição da população das plantas daninhas infestantes na área (Almeida & Rodrigues, 1985; Severino & Christoffoleti, 2001).

Em detrimento da formação de palhada, Galvão et al. (1981) detectaram na cultura do feijão eficiência relativa de, aproximadamente, 66% a mais no controle da tiririca quando comparado com a do sistema sem palhada na superfície do solo.

As temperaturas mais elevadas são determinadas em solo descoberto e as mais baixas em solo sob fitomassa seca, embora com a mesma insolação, no solo sem palha o incremento é maior, pois leva maior fluxo de calor para seu interior, comparado ao de solos com palhada, além de ocorrer variação do fluxo de calor em função do tipo de resíduo depositado na superfície do solo (Derpsch et al., 1985). Dessa maneira, Bortoluzzi & Eltz (2000) constataram, que nas horas mais quentes do dia, o solo sem palhada de cobertura chegou a 47°C, enquanto o solo coberto ficou em torno de 35,8°C. A maior amplitude térmica ocorreu no solo sem palha (17°C), por outro, lado a menor amplitude (11,9°C) foi verificada no solo protegido pela palhada. As elevadas temperaturas máximas do solo provocaram prejuízos às plantas, causando efeito deletério no seu crescimento, desenvolvimento e produção.

A cobertura do solo com a palhada protege a superfície do solo dos impactos das gotas de chuva e o escoamento superficial, que são agentes ativos de erosão hídrica (Schick et al., 2000).

Nos primeiros 10 cm de profundidade do solo, percebe-se maior teor de água nos solos cobertos com palhada que em solos desnudos (Galvão et al., 1981), em razão da menor transferência de energia e da evaporação da água pela presença de cobertura, sendo seus efeitos mais pronunciados nas proximidades da superfície do solo. Este fato reflete indiretamente no índice de velocidade de emergência (IVEM), pois, em solo desnudo, o IVEM apresentou-se significativamente menor que no solo coberto com cobertura morta ou palha (Bortoluzzi & Eltz, 2000).

Nos preparos conservacionistas de solo, a palhada e a rugosidade diminuem o escoamento superficial e permitem aumentar a distância entre os terraços em relação aos preparos convencionais, apesar do aumento da consolidação da superfície, que ocorre especialmente na semeadura direta (Bertol et al., 2000). De acordo Boller & Caldato (2001), a palhada de centeio chega a cobrir 78% da superfície do solo, proporcionando maior proteção contra erosão.

A palhada de mucuna preta proporcionou benefícios na nodulação mais eficiente na cultura do feijão e, conseqüentemente, maior acúmulo de N e matéria

seca nas plantas de feijão (Abboud & Duque, 1986). Esse fato, certamente, está relacionado com as condições favoráveis de temperatura e umidade no solo promovido pela palha em cobertura. As diferentes palhadas das plantas de cobertura influenciam diretamente o rendimento de grãos da cultura do feijoeiro, sendo mais afetado pela espécie produtora de palha que pela sua forma de cultivo (Oliveira et al., 2002).

Sidiras & Pavan (1985) argumentaram que, em decorrência da importância da matéria orgânica nas reações físico-químicas dos solos, as práticas que envolvem o seu manejo (como da palhada das plantas de cobertura que forma uma serrapilheira natural na superfície do solo) proporcionam melhores níveis de fertilidade. Assim, para agricultores de limitada disponibilidade financeira e cultivando solo com baixo nível de fertilidade e declive acentuado, uma prática alternativa seria a seguinte: para cada hectare cultivado, outro deve ser manejado com cobertura permanente do solo, visando à recuperação da fertilidade, para posterior produção econômica de alimentos.

2.4.3 Efeitos do sistema de plantio direto sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo

O plantio direto com a cobertura permanente do solo, em comparação com o convencional, proporciona benefícios químicos ao solo como aumento no pH, CTC efetiva e nos teores de Ca, Mg, K e P e diminuição na saturação de alumínio, principalmente em horizontes próximos à superfície do solo (Muzilli, 1983b; Sidiras & Pavan, 1985). Semelhantemente, outros trabalhos, avaliando os efeitos de sistemas de manejo sobre os nutrientes, observaram maiores valores de P, K, Ca e matéria orgânica (M.O.) principalmente nas camadas de 05 cm, para o plantio direto em comparação ao preparo convencional (Merten & Mielniczuk, 1991; Maria & Castro, 1993; Falleiro et al., 2003).

A adoção do sistema de plantio direto aumenta a biomassa microbiana, graças à adição de exsudatos radiculares, decomposição das raízes e deposição de resíduos de plantas na superfície do solo, além das menores flutuações de temperatura e de umidade do solo (Salinas-Garcia et al., 1997).

A biomassa microbiana do solo é uma fonte importante de nutrientes e sua flutuação em tamanho e atividade pode influenciar a produtividade das plantas cultivadas. A matéria orgânica adicionada ao solo fornece energia, carbono e elétrons à população microbiana, a qual induz modificações na dinâmica dos nutrientes, entre eles a do fósforo (Magid et al., 1996). O fósforo contido na biomassa microbiana é biologicamente disponível, especialmente na rizosfera, onde, aproximadamente, 40% das espécies de microrganismos apresentam fosfatases capazes de hidrolisá-lo. A atividade das fosfatases ácidas e alcalinas é maior no solo submetido ao sistema de plantio direto (SPD) do que sob cultivo convencional (SC) (Doran, 1980; Rheinheimer et al., 2000).

O acúmulo de carbono orgânico foi maior nos sistema plantio direto e menor no sistema convencional. Os solos sob plantio direto funcionaram como depósito e os solos sob o convencional como fonte de CO₂ para a atmosfera. Dessa maneira, o plantio direto é um sistema de manejo conservacionista, que poderá contribuir significativamente para o seqüestro de carbono e, conseqüentemente, reduzir o efeito estufa (Corazza et al., 1999).

Em estudo das alterações de algumas características químicas do solo, após sete anos de plantio direto, empregando a rotação de culturas e adubos verdes, Franchini et al. (2000) verificaram que o sistema tremoço-milho diminuiu o pH do solo e os teores de Ca e Mg trocáveis e aumentou o alumínio trocável, a acidez potencial e o N-total do solo em relação ao sistema trigo-soja. Não foram observadas diferenças entre os sistemas de rotação quanto aos teores de Gorgânico e K no solo. A diminuição do teor de Ca no sistema tremoço-milho foi maior do que a quantidade de Ca aplicado na forma de calcário durante o experimento. A adubação nitrogenada no trigo e no milho foi relacionada com a acidificação observada no solo. A manutenção dos teores de K e diminuição dos teores de Ca e Mg resultaram de uma alteração na preferência de lixiviação de cátions no sistema tremoço-milho. A formação de complexos orgânicos com cátions divalentes foi sugerida como provável mecanismo responsável por estas alterações químicas no solo.

A ciclagem de nutrientes é favorecida na semeadura direta pela exploração de um maior volume de solo pelas raízes, maior produção de palhada, redistribuição vertical dos nutrientes no perfil e modificações químicas induzidas na rizosfera que

aumentam a disponibilidade de nutrientes, principalmente quando plantas de cobertura são utilizadas (Merten & Mielniczuk, 1991).

Estudo do efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso permitiu verificar que o plantio direto foi o que mais afetou a camada superficial de 0-10 cm, com aumento da densidade do solo e, conseqüentemente, reduzindo a macroporosidade e a porosidade total quando comparado com o preparo convencional (Corrêa, 1985). Entretanto, em outro Latossolo, a porosidade total, macro e microporosidade do solo não apresentaram diferença em três profundidades avaliadas (Da Ros et al., 1996) e, as áreas com seis e nove anos de plantio direto apresentaram maiores percentagens de agregados nas classes de diâmetro (mm) médio geométrico maiores (9,52-4,76 e 4,76-2,0), com aumento de 58,72 e 69,51%, respectivamente, em relação à área com um ano de plantio direto, que apresentou apenas 20,3%. Carvalho et al. (1999), estudando comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas, concluíram que o sistema convencional acarreta adensamento da camada superficial, causa maior macroporosidade, enquanto o sistema plantio direto proporciona menor desagregação do solo e ainda garante maior retenção de água.

Resultados de experimentos que relacionam plantio direto e convencional demonstraram tendência de aumento da densidade na camada superficial do solo nos primeiros anos de implantação do plantio direto (Fernandes et al., 1983; Vieira & Muzilli, 1984). Segundo Voorhees & Lindstron (1984), são necessários três a quatro anos em sistema de plantio direto para modificar favoravelmente a porosidade na camada de 0-15 cm, comparando-se a solos cultivados convencionalmente. Albuquerque et al. (1995), após sete anos de plantio direto, não encontraram diferença em relação ao preparo convencional na densidade, porosidade total, macro e microporosidade. No entanto, valores menores de densidade, maiores de porosidade total e macroporosidade foram obtidos por outros autores, após três a seis anos de plantio direto em relação ao preparo convencional e preparo mínimo (Bonfante, 1983; Corsini & Ferraudo, 1999).

Segundo Eltz et al. (1989), a melhor estrutura do solo em sistema de plantio direto pode ser observada na redução da percentagem de agregados, nas classes de

menor diâmetro, e do aumento nas de maior diâmetro, estando relacionada ao aumento do tempo de cultivo neste sistema. De acordo com Da Ros et al. (1996), com o aumento do tempo de cultivo em plantio direto ocorreu um acréscimo de 2,88 e 3,58 vezes no diâmetro médio geométrico dos agregados, respectivamente, nas áreas de seis e nove anos de plantio direto em relação à área com um ano de plantio direto.

Em Latossolo Vermelho distrófico muito argiloso fase cerrado, o cerrado nativo propiciou menor resistência à penetração (0,84 a 2,09 MPa) e maior permeabilidade de água (95 mm h^{-1}), enquanto foram verificados maiores valores de resistência à penetração vertical para o sistema com preparo convencional e cultivo em rotação com milho e feijão, na profundidade de 15 a 30 cm do solo, sendo o valor 3,04 MPa classificado como alto, indicando possível restrição ao desenvolvimento radicular e compactação do solo. Entretanto, ao longo do perfil do solo, os maiores valores de resistência à penetração foram observados para o plantio direto. Não houve diferenças significativas na permeabilidade entre os sistemas de manejo, estando os valores na faixa de $6\text{-}14 \text{ mm h}^{-1}$, sendo classificada como lenta (Beutler et al., 2001).

Semelhantemente, Furlani et al. (2003) verificaram, em Nitossolo Vermelho distrófico latossólico, que, até 12 cm de profundidade, o sistema de semeadura direta apresentou maiores valores que os demais preparos do solo. A semeadura direta obteve o maior valor a 9 cm de profundidade (3,22 MPa), a escarificação a 39 cm (2,82 MPa) e o preparo convencional a 33 cm (3,16 MPa), profundidades essas que coincidem com a de trabalho da semeadora, escarificador e arado de discos, respectivamente.

Em outra avaliação de resistência à penetração em Latossolo Roxo argiloso, observou-se que valores de resistência do solo à penetração superiores a 3,5 MPa não restringiram o desenvolvimento radicular do milho, porém influenciaram sua morfologia. O plantio direto apresentou melhores condições de continuidade estrutural para o desenvolvimento radicular, do que o sistema convencional, tendo sido sua resistência mais afetada pela distribuição estrutural, do que pela umidade do solo (Tavares Filho et al., 2001).

A agregação das partículas unitárias do solo é promovida pela presença de material cimentante. Entre os agentes cimentantes, encontram-se os colóides orgânicos, originários da atividade biológica do solo, que produz substâncias gomosas, lipídios e outras substâncias insolúveis em água, que podem cobrir partículas unitárias, contribuindo para a formação de agregados ou para estabilizar os agregados já formados (Henklain, 1997). Num Latossolo Roxo distrófico, identificou-se o efeito de diferentes sistemas de cultivo na atividade biológica do solo. Após quatro anos, o número de minhocas encontradas no solo reduziu significativamente, à medida que o solo foi conduzido no preparo convencional (Derpsch et al., 1984).

A atividade dos microorganismos do solo, constatada pela determinação de sua respiração (pela produção de CO₂), foi reduzida quando o solo foi mais mobilizado e sem presença de cobertura verde permanente. Além disso, o número de artrópodes presentes no solo também apresentou acréscimo pela presença de adubação verde no sistema de plantio direto. O plantio direto favorece um ambiente adequado aos microorganismos, que se desenvolvem melhor entre 10 e 40°C, com o ótimo em torno de 35°C. As bactérias nitrificadoras, importantes ao desenvolvimento das plantas, tornam-se mais ativas próximo a 35°C, nos solos tropicais, e 25°C em solos de regiões temperadas (Henklain, 1997).

A população de anelídeos (minhocas) em plantio direto é maior que no convencional, com aproximadamente 7 e 54 minhocas, respectivamente, em cada sistema (Henklain, 1997).

Sob o sistema de plantio direto, algumas espécies novas podem causar danos, a exemplo do curculionídeo que ataca a soja (*Sternechus subsignatus*), porém, organismos úteis na decomposição de material orgânico, na abertura de galerias e no controle biológico natural de pragas desenvolvem-se e contribuem significativamente na reciclagem de nutrientes e no equilíbrio de populações de pragas (Gassen, 1999).

2.4.4. Efeito do sistema de plantio direto na produtividade

O plantio direto como estratégia de manejo do solo visando à manutenção da água e à restauração da fertilidade do solo de acordo com Sá (1998) é fator preponderante para alcançar altas produtividades, não só ocasionalmente, mas com acréscimos ao longo dos anos.

Muzilli et al. (1983a) constataram que a alternância do milho com uma leguminosa trouxe melhoria da produtividade no plantio direto. Tal prática aumentou cerca de 12% o rendimento de grãos quando comparada com o sistema convencional. Em outro trabalho, Muzilli et al. (1983b) verificaram que híbridos e variedades de milho reagiram favoravelmente ao plantio direto e adubação verde no inverno, evidenciando sensível melhoria de rendimento. Somente a adoção dessa prática permitiu obter índices médios de aumento da ordem de 26% em relação aos obtidos nas condições de solo degradado pelo manejo convencional.

Em pesquisa realizada em Minas Gerais para avaliar o sistema de plantio direto e convencional na cultura do feijão durante um ano agrícola, a produtividade no primeiro sistema foi 35% superior e evidenciou-se a superioridade do plantio direto nessa cultura em relação ao sistema convencional (Galvão et al., 1981).

No Estado do Paraná, em trabalho avaliando plantas de cobertura em sistema de plantio direto, Derpsch et al. (1985) demonstraram que os rendimentos do milho e feijão foram influenciados pelas espécies de plantas de cobertura utilizadas como adubo verde. Os maiores rendimentos de milho foram obtidos após tremoço branco, e feijão após nabo forrageiro.

Trabalho avaliando a produtividade da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo mostrou que o plantio direto da cana propiciou para a cana planta aproximadamente 131 ton ha^{-1} , enquanto no convencional ficou em torno de 65 ton ha^{-1} . Da mesma forma, no segundo corte, o plantio direto resultou em produção 121% a mais do que o sistema convencional (Dalben et al., 1983).

3. TRABALHOS

3.1. ESPÉCIES PARA A COBERTURA DE SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O RENDIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto (SPD) em comparação ao preparo convencional do solo (PC). O trabalho foi realizado em Campos dos Goytacazes – RJ, no período de dezembro/2003 a julho/2005. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrimum*), crotalária (*Crotalaria juncea*) e vegetação espontânea (testemunha). A crotalária, aos 35 dias após emergência (DAE), apresentou maior taxa de cobertura do solo (87%) e, aos 92 DAE, produziu 17.852 kg ha⁻¹ de matéria seca, sendo 41, 78 e 407% superior ao feijão-de-porco, mucuna e vegetação espontânea, respectivamente, além de superá-las em acúmulos de K, Mg, S, Zn e Fe. O feijão-de-porco e a mucuna apresentaram maiores teores de N na parte aérea do que as demais plantas de cobertura. O feijão-de-porco apresentou teores de P e Ca maiores que crotalária e mucuna. A vegetação espontânea apresentou o maior teor de K na parte aérea em relação às plantas de cobertura. As leguminosas acumularam maiores quantidades de N e Cu do que a

vegetação espontânea. A crotalaria e o feijão-de-porco acumularam 66% a mais de P na parte aérea que a mucuna. O SPD, utilizando a adubação verde, contribuiu significativamente para a cana-de-açúcar obter produtividade de 135.863 kg ha⁻¹, sendo 37% superior ao PC com a vegetação espontânea.

Palavras-chaves: *Crotalaria juncea*, *Saccharum* sp., agricultura sustentável

ABSTRACT

THE SOIL COVERING SPECIES AND THEIR EFFECTS OVER THE SUGARCANE NO-TILLAGE SYSTEM INCOME IN CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

The objective of this experiment was to evaluate green manures and their effects in the sugarcane income using the no-tillage system (SPD) in comparison to the conventional soil preparation (PC). The experiment was accomplished in Campos dos Goytacazes – RJ, from december/2003 to july/2005. The experimental design was a randomized complete block with four repetitions. The treatments were: jack bean (*Canavalia ensiformis*), velvet bean (*Mucuna aterrimum*), sunnhemp (*Crotalaria juncea*) and spontaneous vegetation (control). The sunnhemp after 35 days emergency (DAE) presented a higher rate of soil covering 87% and, the 92 DAE produced 17.852 kg ha⁻¹ of dry matter 41, 78 and 407% superior to the jack bean, velvet bean and spontaneous vegetation, respectively, besides overcoming them in accumulations of K, Mg, S, Zn and Fe. The jack bean and the velvet bean presented the highest content of N in the aerial part than the other covering plants. The jack bean presented higher contents of P and Ca than the sunnhemp and the velvet bean. The spontaneous vegetation presented the highest content of K in the aerial part in relation to the covering plants. The leguminosas accumulated highest amounts of N and Cu than the spontaneous vegetation. The sunnhemp and the jack bean have accumulated 66% more of P in the aerial part than the velvet bean. The SPD using the green manures contributed significantly to the sugarcane, obtaining a productivity of 135.863 kg ha⁻¹, being 37% superior to PC with the spontaneous vegetation.

Key words: *Crotalaria juncea*, *Saccharum* sp., sustainable agriculture

INTRODUÇÃO

A adubação verde é uma prática conhecida desde a Antiguidade, podendo ser definida como a utilização de espécies vegetais com diversas finalidades, tais como reciclar nutrientes do solo, fixar nitrogênio atmosférico em simbiose com bactérias fixadoras quando do emprego de leguminosas, formação de palhada na superfície do solo e promover a cobertura do solo (Salton & Mielniczuk, 1995; Amado et al., 2001; Perin et al., 2004).

O emprego de leguminosas para cobertura do solo em sistema de plantio direto em culturas da família Poaceae apresenta-se como uma alternativa para o suprimento parcial ou total de N (Gonçalves et al., 2000; Perin et al., 2004). Além do suprimento de N, a cobertura do solo por essas espécies pode determinar um aumento no rendimento das culturas comerciais, considerando-se a manutenção da umidade do solo, a diminuição das temperaturas máximas e da amplitude térmica (Salton & Mielniczuk, 1995), a reciclagem de nutrientes como P, K, Ca, Mg e S (Caceres & Alcarde, 1995; Perin et al., 2004). A associação do sistema de plantio direto ao uso de plantas de cobertura também demonstrou potencial para recuperar o teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, seqüestrar carbono no solo e contribuir para mitigar o efeito estufa (Amado et al., 2001).

A taxa de cobertura do solo é importante para a proteção do solo. Segundo Bertol et al. (2002), a equação universal de perda do solo envolve o fator C, relativo ao manejo e cobertura do solo, influenciando na erosão hídrica. Estes autores afirmam que a cobertura de 20% do solo com resíduos vegetais pode contribuir para reduzir as perdas de solo em, aproximadamente, 50% em relação ao solo descoberto.

A cultura da cana-de-açúcar conduzida no Estado do Rio de Janeiro possui grande afinidade com a adubação verde, uma vez que quando o canavial é reformado, normalmente após o quarto ou quinto corte, o solo permanece desprovido de vegetação por vários meses, sendo freqüente a ocorrência de elevadas precipitações pluviométricas neste período, o que torna bastante severos os

problemas decorrentes de erosão hídrica do solo, o que é agravado pelo manejo inadequado do solo com o tradicional preparo convencional com aração e gradagem. A rotação com culturas anuais como a soja com a cana-de-açúcar também proporciona benefícios, entre os quais melhor aproveitamento do solo e dos insumos agrícolas, aporte de nitrogênio pela leguminosa e obtenção de renda, durante todo o ano (Messias, 1999; Dinardo-Miranda, 2001).

Diversas leguminosas prestam-se ao uso como adubos verdes em solos cultivados com cana-de-açúcar, sendo a mais utilizada a *Crotalaria juncea* L (Caceres & Alcarde, 1995). Observa-se que ainda há insuficientes informações científicas que embasem recomendações de utilização de outras espécies de leguminosas como adubos verdes, aliado a poucos dados que mostrem os benefícios econômicos dessas espécies que justifiquem a adoção da adubação verde nos solos cultivados, em especial os com cana-de-açúcar.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos adubos verdes de verão crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna preta (*Mucuna aterrimum*) na taxa de cobertura do solo, produção de matéria seca e nos teores e acúmulos de nutrientes, assim como seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar implantada sobre a palhada destes materiais em sistema de plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Abadia, pertencente ao Grupo Queiroz Galvão, 3^o Sub-distrito do 1^o Distrito de Campos, no município de Campos dos Goytacazes, na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro, durante o período de novembro de 2003 a março de 2004.

O município de Campos dos Goytacazes está situado a 21°44'47" de latitude Sul e 41°18'24" de longitude Oeste com altitude de 12 metros acima do nível do mar e relevo com declividade suave na maior parte de sua extensão. O clima classificado, segundo Köppen, como Aw, do tipo quente úmido, com temperatura do mês mais frio superior a 18°C e a temperatura média anual em torno de 24°C, sendo a amplitude térmica anual muito pequena, com temperatura média do mês mais frio em torno de 21°C e a mais quente, em torno de 27°C. A precipitação anual média está em torno

de 1023 mm, concentrando-se principalmente nos meses de outubro a janeiro (Oliveira, 1996). Os dados climatológicos referentes ao período da condução do experimento estão na Figura 1.

O experimento foi conduzido em solo classificado como Cambissolo Ta eutrófico argiloso, com boa drenagem, e textura argilo-siltosa, em torno de 38% de argila, 52% silte e 10% de areia total. Anterior à instalação do experimento a área era cultivada com a cultura da cana-de-açúcar em sistema de preparo convencional, com aração e gradagem nos períodos de renovação do canavial, e a colheita manual após a cana ser queimada, durante, aproximadamente, 30 anos. Pelo histórico de adubação da cultura nessa área nos últimos 10 anos foi totalmente sem aplicação de adubo no plantio e em cobertura na cana-soca.

A análise química do solo, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H₂O) = 5,5; S-SO₄ = 47,0 (mg dm⁻³); P = 3,5 (mg dm⁻³); K⁺ = 0,25 (cmol_c dm⁻³); Ca⁺⁺ = 4,6 (cmol_c dm⁻³); Mg⁺⁺ = 1,8 (cmol_c dm⁻³); Al⁺⁺⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); H⁺+Al = 3,8 (cmol_c dm⁻³); Na⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); C = 16,5 (g dm⁻³); M.O. = 28,5 (g dm⁻³); Fe = 69,0 (g dm⁻³); Cu = 2,0 (g dm⁻³); Zn = 2,3 (g dm⁻³) e B = 0,4 (g dm⁻³). O solo foi preparado de forma convencional por meio de duas arações para completa destruição da soqueira da cana (uma pesada e a outra média), uma subsolagem em torno de 50 cm de profundidade para rompimento de possível camada compactada, seguida de duas gradeações (uma para quebrar torrões e a outra para nivelamento do terreno). Para a calagem, utilizou-se calcário calcítico com PRNT de 80%, aplicado na dose de 0,76 toneladas por hectare. Foi aplicado, como melhorador da fertilidade do solo, o gesso agrícola, tomando-se de base 30% da recomendação de calagem, o que resultou na dose de 0,23 toneladas por hectare.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (D.B.C), com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram quatro tipos de plantas de cobertura: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna preta (*Mucuna aterrimum*), crotalária juncea (*Crotalária juncea*) e vegetação espontânea. As plantas de cobertura foram utilizadas no período de renovação do canavial e avaliadas para acumulação de nutrientes, formação de palhada e cobertura do solo para a implantação do sistema de plantio direto em cana-planta de ano-e-meio variedade SP80-1842. A parcela ou unidade experimental apresentou 11 m de largura e 11 m

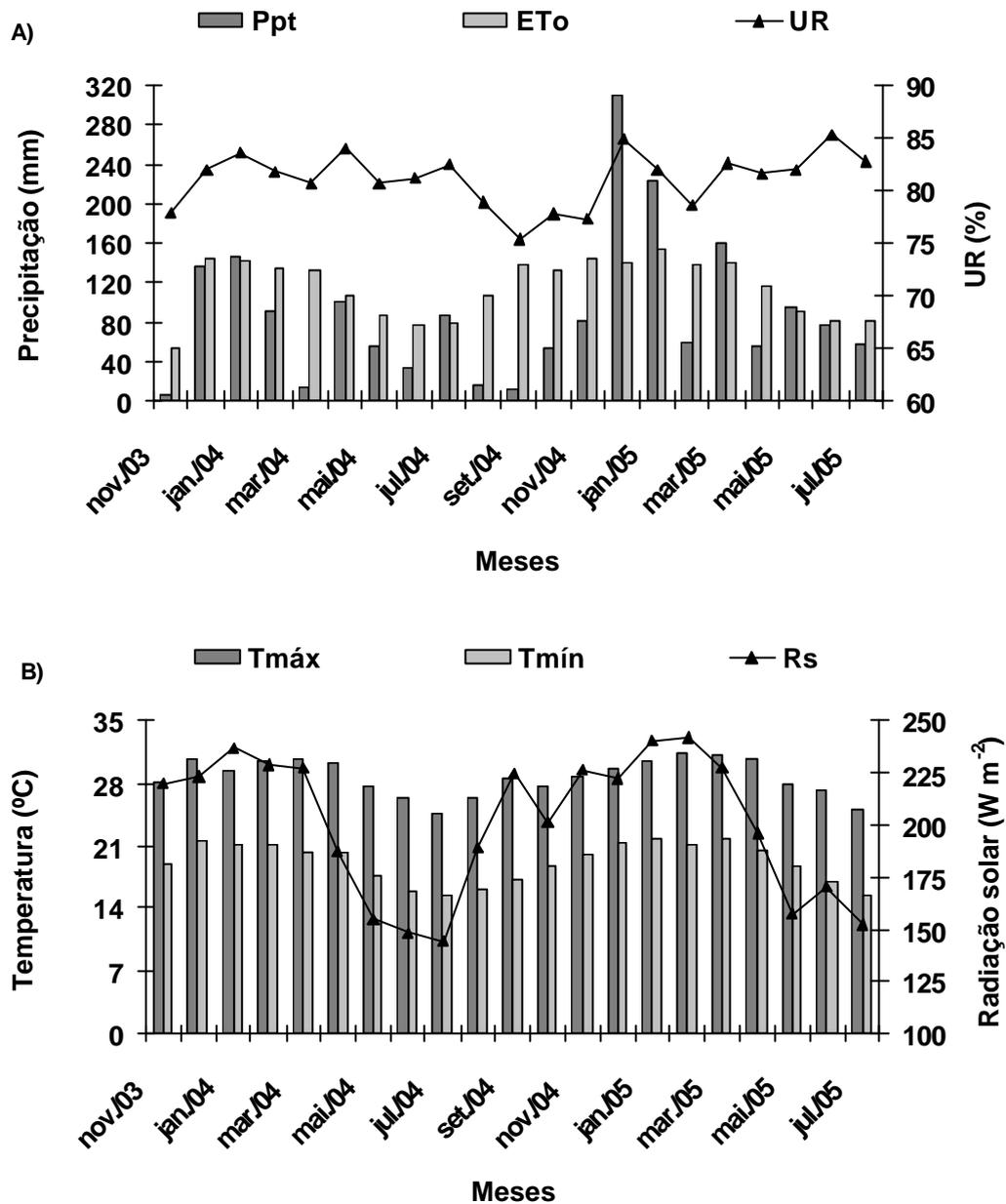


Figura 1. Dados climáticos durante o período de novembro de 2003 a julho de 2005. A) Precipitação total (Ppt), evapotranspiração de referência (ETo) e médias de umidade relativa (UR) e em B) médias de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) e radiação solar (Rs). Fonte: Estação climatológica da UENF/PESAGRO-RJ

de comprimento, com 22 linhas espaçadas 0,5 m entre si para o feijão-de-porco, mucuna preta e crotalária juncea e 8 linhas espaçadas de 1,3 m para a cana-de-açúcar.

A área total da unidade experimental ou parcela constituiu-se de 121 m². Os blocos foram dispostos seguindo transversalmente o gradiente textural do terreno, determinado pela análise textural do solo, com uma faixa de 2 m separando os blocos.

Em 01 de dezembro de 2003, foi realizada a semeadura dos adubos verdes em sulcos espaçados de 0,5 m para o feijão-de-porco, a mucuna preta e a crotalária juncea. Utilizou-se a densidade de semeadura de 3, 5 e 25 sementes viáveis por metro linear para feijão-de-porco, mucuna preta e crotalária, respectivamente, conforme recomendações do fornecedor de sementes. A profundidade média da semeadura foi de 2 cm, sendo que esta foi realizada manualmente. Não foi realizada adubação na ocasião da semeadura. O período escolhido para semeadura é justificado por ser aquele recomendado tecnicamente para as espécies utilizadas, com a ocorrência de chuvas que dispensa a irrigação. Dessa maneira, a adubação verde poderá ser praticada pelos agricultores da região com custo apenas das sementes e operações de semeadura. Foi considerada emergência das plantas de cobertura a época em que, aproximadamente, 50% de todas as espécies emergiram. Não foi empregada nenhuma prática de manejo das plantas daninhas, pragas e doenças.

Foram demarcados três quadros de 45,4 x 45,4 cm, no sentido diagonal de cada unidade experimental para tomada de fotografias, aos 9, 35, 51 e 80 dias após a emergência (DAE) das espécies de cobertura para determinação da taxa de cobertura do solo. O local de tomada das fotografias foi demarcado para que todas as avaliações fossem realizadas sempre na mesma área. A área demarcada abrangeu uma linha nas unidades com espaçamento de 0,5 m sendo que a linha ficou no centro da área fotografada. As fotografias foram tomadas a uma altura de 1 m da superfície do solo, com três repetições por unidade experimental. As imagens fotográficas foram feitas com máquina fotográfica digital modelo MAVICA – SONY, armazenando-se os arquivos em disquete para processamento posterior (Lima, 2002).

A avaliação da taxa de cobertura foi realizada com auxílio dos “softwares” Microsoft Photo Editor e Microsoft Word. Cada fotografia foi recortada do programa Microsoft Photo Editor, de modo a ficar quadrada, com 3,69 x 3,69 cm que corresponde à área da superfície do solo fotografada de 0,454 x 0,454 m (0,206 m²). Na sequência, as fotografias foram coladas em documento do programa Microsoft Word e sobrepostas por 10 linhas horizontais e 10 verticais eqüidistantes, obtendo-se assim, 100 pontos de interseção sobre a fotografia. Dessa maneira, foram contadas diretamente no monitor do computador as porcentagens de cobertura dos adubos verdes e plantas daninhas (Lima, 2002).

Aos 92 dias após emergência (DAE) das plantas de cobertura, foram realizadas amostragens para determinação da produção de fitomassa das plantas de cobertura e de plantas daninhas, e os teores e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Fe e Cu na parte aérea das plantas de cobertura.

A amostragem foi realizada lançando-se de forma aleatória, sobre cada unidade experimental, um quadro de 50 x 50 cm, coletando-se as plantas de cobertura e vegetação espontânea presentes. As plantas presentes dentro do quadro foram cortadas rente ao solo e separadas em duas classes: plantas de cobertura e vegetação espontânea. As espécies de vegetação espontânea foram identificadas quantificando-se a espécie predominante.

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 horas (Boaretto et al., 1999). Após este período, as amostras foram pesadas para determinação do peso da matéria seca.

As determinações de macro e micronutrientes foram realizadas no setor de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. As amostras secas das plantas de cobertura foram trituradas em moinho do tipo Willey, com peneira de 20 malhas por polegada. Para determinação de P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Fe e Zn das plantas de cobertura, foram utilizadas amostras de 0,50 g do material vegetal moído e submetidas à digestão nítrico-perclórica (Jones et al., 1991; Malavolta, 1997), usando-se 3,0 mL de HNO₃ 65% p.a. mais 1,0 mL de HClO₄. Os teores de Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, em espectrômetro de absorção atômica SHIMATZU Modelo

AA6200. Para determinar o teor de P, fez-se a redução do complexo fosfo-molibdico pela vitamina C (Braga e Defelipo, 1974) e S foi realizado por turbidimetria do sulfato de bário e, posteriormente, foram determinados por espectrofotometria em espectrofotômetro Zeiss Modelo Spekol UV VIS (Malavolta, 1997). O K foi determinado por fotometria de chama (Malavolta, 1997). Para a determinação do N orgânico, usaram-se amostras de 0,10 g de material vegetal moído, que foram submetidas à digestão sulfúrica (Linder, 1944; Jones et al., 1991; Malavolta, 1997). No extrato, dosou-se o N orgânico, utilizando-se o reagente de Nessler (Jackson, 1965). O teor de N orgânico foi determinado por espectrofotometria em espectrofotômetro Zeiss Modelo Spekol UV VIS.

Para quantificar a produtividade e os açúcares teoricamente recuperáveis da cana (ATR), fez-se a colheita manualmente da cana-crua (sem queimada) da área útil de 18,2 m². Pesaram-se os colmos da cana colhida com auxílio de uma balança da marca Caudura, modelo F3. Posteriormente, foram coletados aleatoriamente dez colmos dos pesados, formando-se um feixe, que foi devidamente identificado e encaminhado ao laboratório de usina de açúcar com destilaria anexa para determinar brix, leitura sacarimétrica (L) e peso do bagaço úmido (PBU). Para calcular a ATR, utilizaram-se as equações propostas pela Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA, 2005).

Os resultados de produção de matéria seca (das plantas de cobertura e plantas daninhas), teores e acumulação de nutrientes foram analisados segundo o delineamento em blocos ao acaso com quatro tratamentos (espécies de plantas de cobertura) e quatro repetições. Na análise de variância (Teste F), os dados foram interpretados quando a existência de diferença significativa entre os tratamentos (Ferreira, 2000).

Utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + b_r + TR_i + e_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} = valor observado na parcela que recebeu a planta de cobertura i , no bloco j ;

μ = média geral da variável;

b_r = efeito do bloco r ($r = 1, 2, 3$ e 4);

TR_i = efeito da planta de cobertura i ($i = 1, 2, 3$ e 4);

e_{ij} = efeito do erro aleatório, normal e independente, com distribuição de média 0 e variância s^2 .

Para avaliação do efeito das plantas de cobertura sobre a taxa de cobertura do solo, utilizou-se o esquema da análise da variância conjunta (Ferreira, 2000; Ribeiro Júnior, 2001).

Utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + TR_i + D_j + (TRD)_{ij} + (bD)_{jk} + e_{ijk}, \text{ em que:}$$

Y_{ijk} = observação da planta de cobertura i na data j e no bloco k ;

μ = constante inerente a todas as observações;

TR_i = efeito da planta de cobertura i ($i = 1, 2, 3$ e 4);

D_j = efeito da data j ($j = 1, 2, 3$ e 4);

$(TRD)_{ij}$ = efeito da interação da planta de cobertura i com a data j ;

$(bD)_{jk}$ = efeito do bloco k ($k = 1, 2, 3$ e 4) dentro da data j ;

e_{ijk} = erro experimental associado à observação Y_{ijk} .

Nos casos em que na análise de variância o $F_{\text{calculado}}$ foi significativo, as médias dentro de cada época foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Para analisar o comportamento dos adubos verdes em função da época de amostragem, fez-se a regressão (Ribeiro Júnior, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A crotalária juncea foi superior, quanto à taxa de cobertura do solo, ao feijão-de-porco, mucuna preta e vegetação espontânea. Aos 51 dias após a emergência (DAE), estimou-se que a crotalária apresentou 100% de cobertura (Figura 2). Esta característica de alta velocidade de cobertura no período inicial confere à crotalária um bom potencial no controle da erosão e proteção do solo em curto espaço de tempo. Segundo Bertol et al. (2002), a equação universal de perda de solo envolve o fator C , relativo ao manejo e cobertura do solo, influenciando na erosão hídrica. Estes autores afirmam que a cobertura de 20% do solo com resíduos vegetais contribui para reduzir as perdas de solo em, aproximadamente, 50% em relação ao solo descoberto. A alta taxa de cobertura inicial da crotalária, superou significativamente a vegetação espontânea ou plantas daninhas (Figuras 2 e 3).

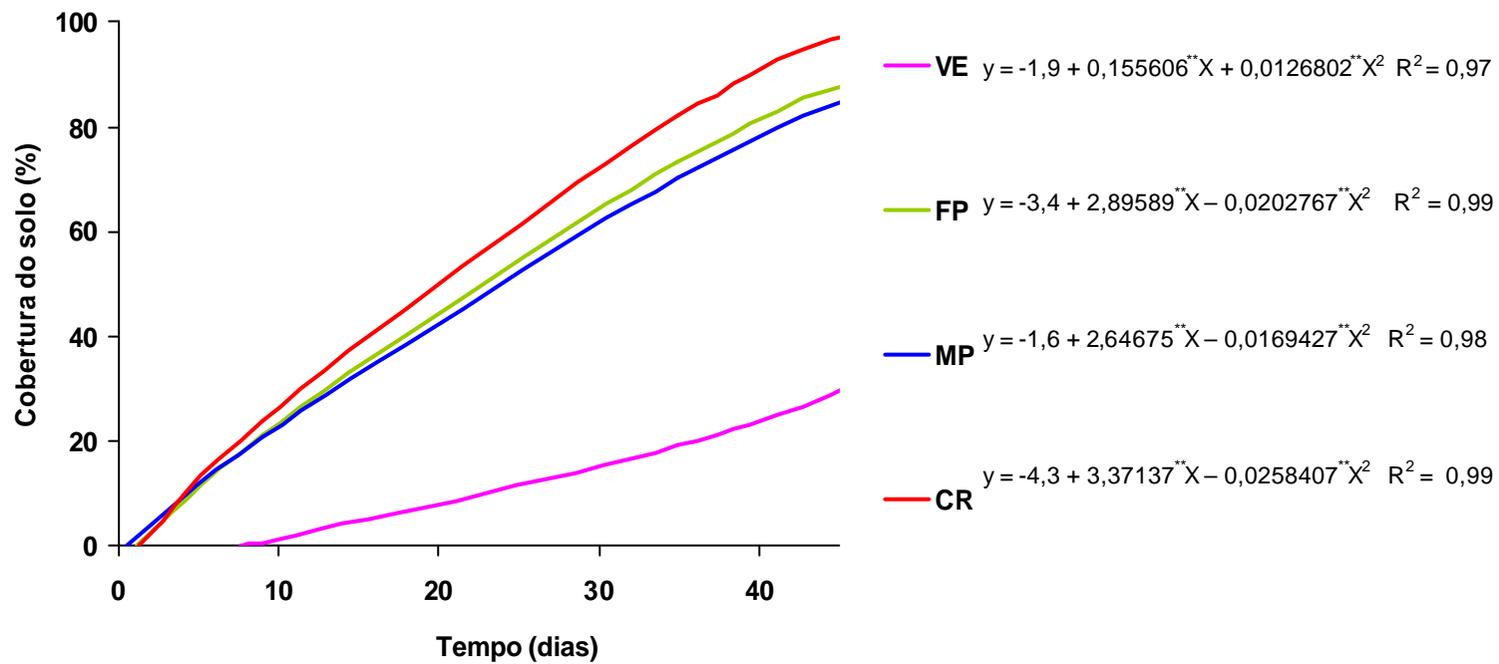


Figura 2. Taxa de cobertura do solo pelas espécies de plantas de cobertura. VE = vegetação espontânea; FP = feijão-de-porco; MP = mucuna preta; CR = crotalaria juncea

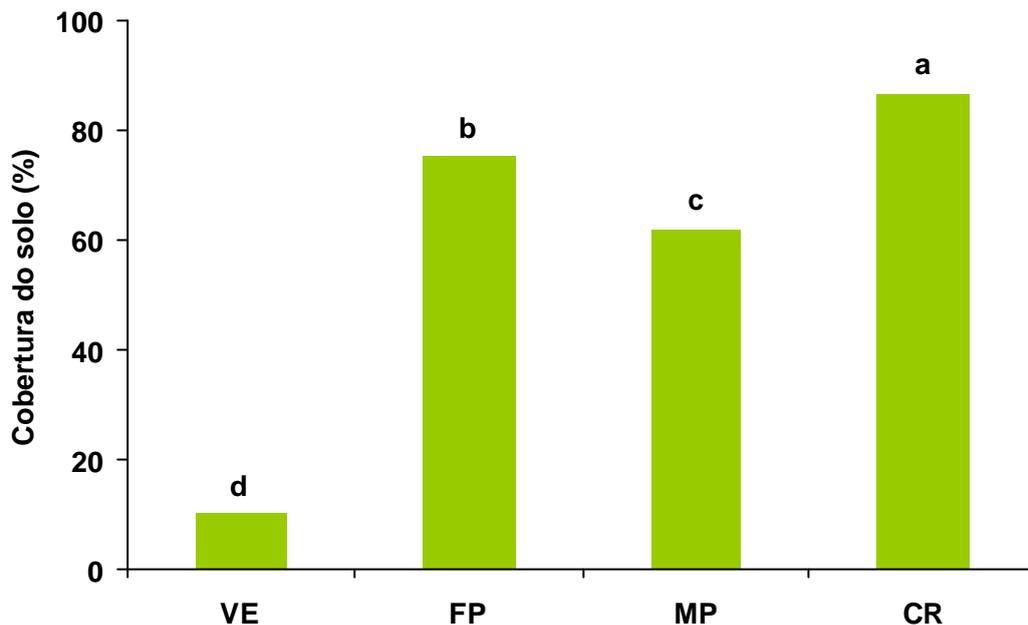


Figura 3. Cobertura do solo aos 35 DAE das plantas de cobertura. VE = vegetação espontânea; FP = feijão-de-porco; MP = mucuna preta e CR = crotalária

Resultado semelhante foi observado por Lima (2002), no período de inverno, com o nabo forrageiro que, aos 44 DAE, já havia proporcionado 100% de cobertura do solo. Possivelmente, uma espécie de planta de cobertura com rápida taxa de cobertura do solo, além do benefício já citado, exerce efeito supressivo sobre as plantas daninhas, auxiliando no seu manejo.

O feijão-de-porco e a mucuna preta também merecem destaque, pois apresentaram elevada taxa de cobertura inicial, porém, menor que a crotalária. Utilizando-se a equação FP $y = -3,4 + 2,89589^{**}X - 0,0202767^{**}X^2$ (Figura 2), vemos que o feijão-de-porco proporcionou 100% de taxa de cobertura aos 70 DAE, mas apresentou queda nas datas seguintes. Possivelmente, a queda na proporção de cobertura de solo pelo feijão-de-porco se deve à sobreposição pelas folhas das plantas daninhas de maior porte, como exemplo o *Sorghum halepense*, sendo contabilizado como cobertura por planta daninha. Outro fenômeno, possivelmente relacionado e observado, foi a senescência de folhas, que ocorreu neste período em diante do ciclo do feijão-de-porco. Dados semelhantes foram relatados por Lima

(2002) com a mucuna anã, que aos 46 DAE, apresentou 46% de cobertura e nas datas seguintes apresentou queda na proporção de cobertura de solo.

Vale lembrar que as plantas de cobertura cresceram em competição com as plantas daninhas, e que não foi efetuado nenhum tipo de manejo de plantas daninhas durante o cultivo dos adubos verdes.

A mucuna preta apresentou taxa de cobertura similar à do feijão-de-porco até seus 68 DAE com 100% de proporção de cobertura de solo. Entretanto, aos 85 DAE estimou-se que a mucuna continuava cobrindo 100% do solo, enquanto, na mesma data, o feijão-de-porco proporcionava apenas 96% de cobertura.

A vegetação espontânea apresentou baixa taxa de cobertura inicial com curva distinta das dos adubos verdes e atingindo, de acordo com a estimativa, o máximo de cobertura aos 80 DAE com, aproximadamente, 92% do solo coberto, sendo este valor estimado pela equação. A cobertura inicial do solo pelas plantas daninhas aos 35 DAE das leguminosas apresentou-se com a menor taxa quando comparada à crotalária juncea, ao feijão-de-porco e à mucuna preta (Figura 3). A crotalária apresentou a maior proporção de cobertura de solo aos 35 DAE, que foi de, aproximadamente, 87%, seguida, em ordem decrescente, do feijão-de-porco, da mucuna e da vegetação espontânea, com taxas de 75, 62 e 10%, respectivamente. Por outro lado, num trabalho conduzido no período de inverno por Lima (2002), constatou-se justamente o contrário do observado nesse trabalho de verão, sendo que a vegetação espontânea, naquele caso, obteve a maior cobertura do solo, aos 55 DAE, em relação às espécies utilizadas para adubação verde.

Possivelmente, isto se deve ao cultivo da crotalária, feijão-de-porco e mucuna preta dentro do período ideal do zoneamento agrícola recomendado, o que favoreceu o crescimento e desenvolvimento rápido e competitivo com a vegetação espontânea. Enquanto Lima (2002) não seguiu rigorosamente o zoneamento proposto para todas as espécies que foram utilizadas, assim os adubos verdes foram cultivados numa condição ambiental não muito favorável ao crescimento e desenvolvimento rápido, com exceção de algumas espécies como o nabo forrageiro.

A crotalária apresentou a maior produtividade de matéria seca (MS), apresentando valor 1,6 vez maior que a média do feijão-de-porco com a mucuna preta aos 92 DAE (Quadro 1). Semelhantemente, num Cambissolo, Perin et al.

(2004) verificaram que a crotalária, aos 68 dias após o plantio (DAP), também apresentou a maior produção de fitomassa (9.340 kg ha⁻¹), inclusive em relação à vegetação espontânea. Estes resultados também corroboram o obtido por Caceres & Alcarde (1995).

Quadro 1. Produtividade de matéria seca, teor de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea das plantas de cobertura, aos 92 dias após emergência, em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie	Parte aérea das plantas de cobertura						
	Matéria seca	Teor de macronutriente					
		N	P	K	Ca	Mg	S
	-- kg ha ⁻¹ --	----- g kg ⁻¹ -----					
Crotalária juncea	17.852a	17,9b ¹	4,8b	11,1b	6,9b	3,2a	3,9a
Feijão-de-porco	12.623b	23,3a	6,2a	9,6b	15,4a	2,8a	4,2a
Mucuna preta	10.051b	22,4ab	4,8b	10,2b	9,5b	2,9a	4,1a
Veg. espontânea	3.519c	12,4c	2,3c	20,7a	3,4c	2,1b	1,7b
Média	11.011	19,0	4,5	12,9	8,8	2,8	3,5
CV (%)	18	18	12	15	24	13	11

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A maior produção de fitomassa obtida pela crotalária, comparativamente ao obtido por Perin et al. (2004), deve-se, em parte, ao seu maior período de crescimento (92 DAE), ao passo que esta espécie foi amostrada aos 68 DAP por aqueles autores. Além disso, a condição edafoclimáticas predominante em cada local possivelmente influenciou na capacidade de produção de fitomassa pelos adubos verdes.

O feijão-de-porco e a mucuna preta não obtiveram pesos de matéria seca que diferissem significativamente entre si. Porém, os pesos de matéria seca do feijão-de-porco e da mucuna, respectivamente, foram de, aproximadamente, 359 e 286% superiores à da vegetação espontânea. Tais dados corroboram aqueles encontrados por Favero et al. (2000), que também não constataram diferenças entre

feijão-de-porco e mucuna. Já a crotalária obteve 507% a mais de produtividade de matéria seca em relação à vegetação espontânea (Quadro 1). Semelhantemente, Perin et al. (2004) constataram que a crotalária produziu 108% a mais de fitomassa que a vegetação espontânea.

As produtividades de matéria seca da crotalária, do feijão-de-porco e da mucuna, respectivamente, foram 91, 95 e 48% superiores às encontradas por outros autores (Perin et al., 2004; Favero et al., 2000). Este fato pode ser justificado pela amostragem das plantas de cobertura ter ocorrido aos 92 DAE, enquanto os autores Favero et al. (2000) e Perin et al. (2004) coletaram as plantas de cobertura no período do florescimento.

As leguminosas geralmente apresentam uma baixa relação C/N (ex. feijão-de-porco em torno de 15) quando comparadas a plantas de outras famílias (ex. aveia preta em torno de 36), mas no caso da crotalária, que possui a maior proporção de sua fitomassa no caule que é altamente lignificado e fibroso, a relação C/N poderá ser acima de 25, valor considerado próximo ao equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização. Portanto, a crotalária, além de contribuir significativamente para fixação biológica do nitrogênio, se destacar na produção de fitomassa, poderá proporcionar prolongada cobertura do solo.

As elevadas produções de fitomassa pelas leguminosas em curto período de tempo, revelam que estas espécies encontram-se adaptadas às condições ambientais do experimento, podendo ser consideradas espécies potenciais para o cultivo na Região Norte Fluminense.

Quanto à vegetação espontânea, o guizo-de-cascavel (*Crotalaria incana* L.), a quebra-pedra (*Phyllanthus tenellus* Roxb.), a erva-andorinha (*Chamaesyce hyssopifolia* L.), a tiririca (*Cyperus rotundus* L.) e o capim-massambará (*Sorghum halepense* L.) foram as espécies predominantes. A vegetação espontânea, além de proporcionar o menor acúmulo de matéria seca, quando utilizada para fins de cobertura do solo, algumas espécies poderão produzir grandes quantidades de sementes (ex. capim-massambará), aumentando o banco de sementes e a probabilidade de maior incidência dessas espécies na cultura de interesse comercial sucessora, elevando, conseqüentemente, os custos de produção. A menor produção de fitomassa proporcionada por estas espécies, quando comparada à adubação

verde com leguminosas, corrobora dados de Favero et al. (2000) e de Perin et al. (2004).

As leguminosas crotalária, feijão-de-porco e mucuna preta se destacaram com relação aos teores de N, sendo que o feijão-de-porco e a mucuna apresentaram os teores mais elevados (Quadro 1). Este alto teor de N na fitomassa aérea das leguminosas provavelmente se deve ao processo de fixação biológica de nitrogênio nestas leguminosas. A mucuna e o feijão-de-porco apresentaram teor de N semelhantes, o que corrobora o estudo de Favero et al. (2000).

O feijão-de-porco obteve teor de N na parte aérea 88% superior à vegetação espontânea, a qual apresentou o menor teor de N. Provavelmente, o menor teor de N da vegetação espontânea se deve à predominância de gramíneas e cyperáceas. Em outro trabalho, o teor de N na vegetação espontânea foi semelhante à crotalária (Perin et al., 2004). As diferenças entre o encontrado neste trabalho e no de Perin et al. (2004) podem ser justificadas pelas diferentes condições edafoclimáticas e composição fitossociológica da vegetação espontânea. A crotalária apresentou teor de N semelhante à mucuna, no entanto, 23% menor que o feijão-de-porco.

Os teores de P na parte aérea da crotalária e mucuna não diferiram significativamente ($P < 0,05$), porém, foram 23% menores em relação ao do feijão-de-porco, o qual apresentou o maior teor de P (Quadro 1). A vegetação espontânea apresentou o menor teor de fósforo quando comparada com as leguminosas. Perin et al. (2004) verificaram que os teores de P da vegetação espontânea e das leguminosas foram semelhantes.

A crotalária, feijão-de-porco e mucuna apresentaram teores de K na parte aérea que não diferiram entre si significativamente e, em média, 50% menor do que o teor de K obtido pela vegetação espontânea (Quadro 1). Semelhantemente, a vegetação espontânea apresentou teor de K mais elevado do que as demais plantas de cobertura avaliadas por outros autores (Favero et al., 2000; Lima, 2002; Perin et al., 2004), sugerindo que as espécies espontâneas foram mais eficientes na absorção deste nutriente.

Os teores de Ca na parte aérea da crotalária e da mucuna foram semelhantes ($P < 0,05$). Já o feijão-de-porco apresentou o maior teor de Ca, sendo 353, 123 e 62% superior, respectivamente, à vegetação espontânea, à crotalária e à

mucuna (Quadro 1). A vegetação espontânea apresentou o menor teor de Ca, mas, em outro trabalho, Perin et al. (2004) não constataram diferença significativa com relação à crotalária.

Quanto aos teores de Mg e S na parte aérea das leguminosas, não diferiram, significativamente, entre si, mas, em média, seus teores de S e Mg foram, respectivamente, 139 e 41% superiores aos obtidos pela vegetação espontânea (Quadro 1). Perin et al. (2004) verificaram que a crotalária apresentou teores semelhantes de Mg quando comparada à vegetação espontânea.

A crotalária e o feijão-de-porco apresentaram teores de Mn, Zn, Fe e Cu na parte aérea que não diferiram entre si significativamente (Quadro 2). De maneira semelhante, a mucuna preta e a vegetação espontânea se assemelharam com relação aos teores de Mn, Zn e Fe. Já com relação aos teores de Mn e Zn foram, em média, respectivamente, 95 e 29% superiores ao feijão-de-porco e crotalária. Entretanto, a mucuna apresentou teor de cobre, aproximadamente, 80% superior à vegetação espontânea.

Quadro 2. Teor de Mn, Zn, Fe e Cu na parte aérea das plantas de cobertura, em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie	Parte aérea das plantas de cobertura			
	Teor de micronutrientes			
	Mn	Zn	Fe	Cu
	----- mg kg ⁻¹ -----			
Crotalária juncea	49,0b ¹	21,3b	170,7a	7,4b
Feijão-de-porco	41,9b	20,6b	159,3a	8,2b
Mucuna preta	92,3a	28,4a	187,0a	15,1a
Vegetação espontânea	85,3a	25,7a	131,9a	8,4b
Média	67,1	24,0	162,2	9,8
CV (%)	22	13	27	16

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

As plantas de cobertura, quanto aos teores de Fe na parte aérea, foram semelhantes, estatisticamente ($P < 0,05$). A mucuna apresentou teores de Mn, Cu e Zn, em média, 103, 94 e 36% superiores à média do feijão-de-porco e crotalária (Quadro 2). Portanto, esta espécie pode ser muito eficiente na reciclagem desses micronutrientes do solo.

Como esperado, as leguminosas acumularam a maior quantidade de N na matéria seca, em média 282 kg ha^{-1} de nitrogênio, não diferindo, significativamente, entre si (Quadro 3). Entretanto, as plantas de cobertura crotalária, feijão-de-porco e mucuna acumularam, juntas, em média, 557% a mais N que a vegetação espontânea. Dessa maneira, se justifica também a maior produtividade de matéria seca das leguminosas em relação à vegetação espontânea (Quadro 1). Com relação à crotalária e à mucuna preta foram obtidos acúmulos de N semelhantes, respectivamente, por Perin et al. (2004) (305 kg ha^{-1}) e Favero et al. (2000) (205 kg ha^{-1}). Já o acúmulo de N pelo feijão-de-porco foi 56, 80 e 133% superior ao encontrado na literatura, respectivamente (Caceres & Alcarde, 1995; Favero et al., 2000; Oliveira et al., 2002).

Quanto ao acúmulo de P, a crotalária e o feijão-de-porco não diferiram entre si ($P < 0,05$), mas foram superiores em 919 e 66% em comparação à mucuna preta e vegetação espontânea, respectivamente (Quadro 3). Outros trabalhos realizados constataram variados resultados, maiores teores de P na parte aérea da mucuna em relação ao feijão-de-porco (Favero et al., 2000), mucuna e feijão-de-porco não diferiram entre si, significativamente (Oliveira et al., 2002), crotalária acumulou teor de P superior à vegetação espontânea (Perin et al., 2004) e mucuna acumulou teor de P inferior a vegetação espontânea (Lima, 2002).

A crotalária se destacou com o acúmulo de K da parte aérea, sendo superior, em média, 101% ao feijão-de-porco, mucuna e vegetação espontânea (Quadro 3). O maior peso de MS da crotalária (Quadro 1), possivelmente, foi o fator que contribuiu para o resultado de maior acúmulo de K na parte aérea (Quadro 3), tendo em vista que a vegetação espontânea obteve o maior teor de K (Quadro 1). Igualmente, foi constatado que o acúmulo de K no feijão-de-porco não diferiu da mucuna nos resultados obtidos por outros autores (Favero et al., 2000; Oliveira et al., 2002). Já Perin et al. (2004) encontraram que a vegetação espontânea e crotalária não

diferiram, significativamente, e Lima (2002) constatou que a vegetação espontânea obteve acúmulo de K superior às plantas de cobertura estudadas.

O feijão-de-porco obteve o maior acúmulo de Ca, o equivalente a 81% a mais de teor de Ca na parte aérea do que a crotalária e a mucuna, as quais não diferiram entre si, significativamente. Porém, essas duas últimas plantas citadas acumularam, em média, 808% de Ca a mais que a vegetação espontânea na biomassa seca (Quadro 3). Estes resultados são semelhantes ao de Favero et al. (2000), que constataram teor de cálcio no feijão-de-porco 83% superior à mucuna preta. Por outro lado, a crotalária acumulou 127% a mais de Ca que a vegetação espontânea (Perin et al., 2004).

Quadro 3. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Fe e Cu na parte aérea das plantas de cobertura aos 92 dias após a emergência, em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie	Acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura									
	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe	Cu
	----- kg ha ⁻¹ -----									
Crotalária juncea	320a ¹	85a	200a	123b	57a	69a	0,88a	0,38a	3,04a	0,13a
Feijão-de-porco	297a	78a	121b	197a	35b	53b	0,53b	0,26b	2,01b	0,10ab
Mucuna preta	230a	49b	104b	95b	29b	41c	0,94a	0,29b	1,88b	0,15a
Vegetação espontânea	43b	8c	73b	12c	7c	6d	0,30b	0,09c	0,46c	0,03b
Média	223	55	125	107	32	42	0,66	0,26	1,85	0,10
CV (%)	30	22	28	38	28	18	38	25	37	25

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A crotalária acumulou na biomassa aérea quantidade de Mg e de S superiores as demais coberturas estudadas (Quadro 3). Em termos acumulativos de

Mg e S, a crotalária, respectivamente, foi 63, 97 e 714% e 30, 68 e 1050% maior do que o feijão-de-porco, mucuna e vegetação espontânea, respectivamente. Semelhantemente, Perin et al. (2004) observaram que a crotalária obteve maior acúmulo de Mg que a vegetação espontânea. Já o feijão-de-porco e a mucuna não diferiram entre si significativamente, mas foram, em média, 357% superiores em relação à vegetação espontânea na quantidade de Mg. Este resultado corrobora os de Favero et al. (2000), que observaram, também, que o feijão-de-porco não diferiu da mucuna em termos de acúmulo de Mg na parte aérea. O acúmulo de S pelo feijão-de-porco foi 29 e 783% superior, respectivamente, à mucuna e à vegetação espontânea. E a mucuna preta acumulou 583% a mais S do que a vegetação espontânea.

Para o acúmulo de Mn na biomassa aérea, a crotalária e a mucuna foram semelhantes entre si, bem como o feijão-de-porco e a vegetação espontânea não se diferiram significativamente (Quadro 3). Entretanto, a média acumulada de Mn na parte aérea da crotalária e da mucuna foi 2,2 vezes superior ao feijão-de-porco e à vegetação espontânea. Já Oliveira et al. (2002) constataram que feijão-de-porco obteve a mesma quantidade de Mn que a mucuna preta.

O feijão-de-porco e a mucuna preta foram semelhantes estatisticamente para acúmulo de Zn e Fe (Quadro 3), corroborando Oliveira et al. (2002), que observaram o mesmo resultado. A crotalária apresentou acúmulo de Zn e Fe na parte aérea, respectivamente, na ordem crescente de 38 e 322% e de 56 e 561% superiores, respectivamente, à média do feijão-de-porco com a mucuna e à média da vegetação espontânea. Porém, as médias do acúmulo de Zn e Fe de feijão-de-porco e mucuna, respectivamente, foi 3,1 e 4,2 vezes superiores à vegetação espontânea.

Para o Cu, as três leguminosas estudadas acumularam a mesma quantidade, não diferindo entre si significativamente (Quadro 3). Dessa maneira, o feijão-de-porco também não diferiu para acúmulo de Cu da vegetação espontânea. Porém, a crotalária e a mucuna preta, em média, acumularam 367% a mais Cu do que a vegetação espontânea. Semelhantemente, para os acúmulos de Cu na fitomassa da mucuna e do feijão-de-porco não foi constatada diferença significativa (Oliveira et al., 2002).

As leguminosas proporcionaram os maiores rendimentos à cana-de-açúcar em sistema de plantio direto (SPD) em relação ao preparo convencional (PC) com vegetação espontânea incorporada ao solo (Quadro 4). Assim, a cana cultivada em SPD sobre a palhada da crotalária, feijão-de-porco e mucuna obteve produtividade média 37% superior à cana cultivada em PC, ou seja, 36.855 kg ha⁻¹ a mais de cana. No trabalho realizado por Caceres & Alcarde (1995), a produtividade da cana sobre a crotalária juncea, a mucuna preta e o feijão-de-porco também não diferiu entre si significativamente. Porém, somente a cana sobre a crotalária incorporada obteve produtividade 12% maior do que a cana sobre vegetação espontânea incorporada.

Quadro 4. Resultado de açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) e de produtividade da cana-planta variedade SP80-1842, em função da utilização de adubos verdes nos sistemas plantio direto e convencional em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie de Cobertura e Sistema de Manejo	ATR	Produtividade
	-- kg ton ⁻¹ --	-- kg ha ⁻¹ --
Crotalária juncea – cana PD	126,8a ¹	131.909a
Feijão-de-porco – cana PD	130,7a	141.278a
Mucuna preta – cana PD	132,8a	134.403a
Veg. espontânea – cana convencional	130,1a	99.008b
Média	130,1	126.650
CV (%)	6	8

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Provavelmente, a maior produtividade média de cana obtida sobre a palhada das leguminosas de 135.863 kg ha⁻¹ (Quadro 4), comparativamente a 126.333 kg ha⁻¹, obtidos por Caceres & Alcarde (1995), deve-se, em parte, ao SPD que preserva a palhada dos adubos verdes sobre o solo não revolvido e favorece a decomposição e liberação gradativa da palhada e de nutrientes, respectivamente, ao passo que o preparo convencional com a incorporação dos adubos verdes deixa o solo desnudo e favorece a erosão, decomposição inicial rápida e liberação de nutrientes imediata, refletindo negativamente na produtividade da cultura (Caceres & Alcarde, 1995).

O efeito positivo das leguminosas sobre a produtividade da cana deve-se, em parte ao maior fornecimento gradativo de N, P, Ca, Mg, S, Zn e Fe em comparação à vegetação espontânea, como observado por outros trabalhos em culturas da família das gramíneas, principalmente pelo fornecimento de N (Heinrichs et al., 2002; Spagnollo et al., 2002). Além disto, certamente os efeitos supressivos e alelopáticos proporcionados pela palhada dos adubos verdes na superfície do solo sobre as plantas daninhas (Severino & Christoffoleti, 2001; Souza Filho, 2002) contribuíram, provavelmente, para o manejo das espécies invasoras, diminuindo a competição por água e nutrientes com a cana e refletindo positivamente na produtividade da cultura.

Quanto à variável ATR, não foram constatadas diferenças significativas entre a cana cultivada em SPD sobre as leguminosas e a cana em PC com a vegetação espontânea incorporada ao solo (Quadro 4). Mesmo não surtindo efeitos sobre a ATR, de maneira geral, essa variável aponta a excelente qualidade química e tecnológica da cana para a indústria sucroalcooleira, refletindo a adequada condição do campo experimental no qual foi conduzida a cultura da cana-de-açúcar.

CONCLUSÕES

1. A crotalária apresenta a maior taxa de cobertura do solo, em torno de 87% aos 35 DAE, sendo 15, 40 e 748% superior, respectivamente, ao feijão-de-porco, mucuna preta e vegetação espontânea.

2. A crotalária, aos 92 DAE, produz 17.852 kg ha⁻¹ de matéria seca, sendo 41, 78 e 407% superior à do feijão-de-porco, da mucuna preta e da vegetação espontânea, respectivamente.

3. O feijão-de-porco e a mucuna preta apresentam, em média, o maior teor de N na parte aérea de 22,9 g kg⁻¹. O feijão-de-porco apresenta teores de P e Ca, respectivamente, 29 e 29% e, 123 e 62% maiores do que a crotalária e mucuna preta, respectivamente. A vegetação espontânea apresenta o maior teor de K na sua fitomassa. A mucuna e a vegetação espontânea apresentam teor médio de Mn e Zn superior ao da crotalária e feijão-de-porco. A mucuna preta obtém o maior teor de cobre.

4. As leguminosas acumulam maior quantidade de N e Cu na fitomassa que a vegetação espontânea. A crotalária e o feijão-de-porco, em média, acumulam 66% a mais de P na parte aérea que a mucuna preta. A crotalária apresenta maior acúmulo de K, Mg, S, Zn e Fe que feijão-de-porco, mucuna e vegetação espontânea.

5. A cana em SPD sobre palhada de crotalária, feijão-de-porco e mucuna preta apresenta 135.863 kg ha⁻¹. O sistema de plantio direto com o emprego das leguminosas em cobertura, contribui para a cana-de-açúcar obter produtividade 37% superior ao preparo convencional do solo com a vegetação espontânea incorporada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amado, T. J. C.; Bayer, C.; Eltz, F. L. F. & Brum, A. C. R. (2001) Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 189-197.

Bertol, I.; Schich, J. & Batistela, O. (2002) Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia preta em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 545-552.

Boaretto, A.E.; Chitolina, J.C.; Raij, B. van; Silva, F.C. da; Tedesco, M.J. & Carmo, C.A.F. de S. do. (1999) Amostragem acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F.C. da. (org.) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: EMBRAPA – Embrapa comunicação para Transferência de tecnologia, p.49-73.

Braga, J. M., Defelipo, B. V. (1974) Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e plantas. *Revista Ceres*, 21: 73-85.

Caceres, N. T. & Alcarde, J. C. (1995) Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). *Revista STAB*, 13 (5): 16-20.

- Dinardo-Miranda, L. L. (2001) Rotação soja-cana e nematóides. *Revista STAB*, 19 (4): 17.
- Favero, C., Jucksch, I., Costa, L.M., Alvarenga, R.C. & Neves, J.C.L. (2000) Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 171-177.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3ª edição / Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió : EDUFAL, 422p.
- Gonçalves, C. N.; Ceretta, C. A. & Basso, C. J. (2000) Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 153-159.
- Heinrichs, R., Vitti, G.C., Moreira, A. & Fancelli, A.L. (2002) Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 225-230.
- Jackson, M. L. (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M. L. (ed.). *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, p.195-196.
- Jones, J.B., Wolf, B., Mills, H. A. (1991) *Plant Analysis Handbook*. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens, Georgia, USA. Micro-Macro Publishing Inc., 213p.
- Lima, E.A. de. (2002) *Espécies para cobertura de solo e seus efeitos sobre a vegetação espontânea e rendimento da soja em plantio direto, em Campos dos Goytacazes, RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 62p.

- Linder, R.C. (1944) Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiology*, 19: 76-89.
- Malavolta, E. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações* / Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira. 2ª ed., rev. e atual. Piracicaba : POTAFOS, 319p.
- Messias, L. (1999) Plantio direto de soja sob a palha da cana vem sendo testado com sucesso. *JornalCana*, Ribeirão Preto, abr. p.38.
- Oliveira, V. P. S. (1996) *Avaliação do sistema de irrigação por sulco da fazenda do alto, em Campos dos Goytacazes, RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 95p.
- Oliveira, T.K. de, Carvalho, G.J. de & Moraes, R.N. de S. (2002) Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (8): 1079-1087.
- ORPLANA (2005) – Organização de plantadores de cana da região centro-sul do Brasil. Cálculo simplificado do preço da cana-de-açúcar. *Cadernos Orplana*, 5: 1-2.
- Perin, A., Santos, R.H.S., Urquiaga, S., Guerra, J.G.M. & Cecon, P.R. (2004) Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39 (1): 35-40.
- Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. José Ivo Ribeiro Júnior. – Viçosa : UFV, 301p.

- Salton, J. C. & Mielniczuk, J. (1995) Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19: 313-319.
- Severino, F.J. & Christoffoleti, P.J. (2001) Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, 19 (2): 223-228.
- Souza Filho, A.P.S. (2002) Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). *Revista Planta Daninha*, 20 (3): 357-364.
- Spagnollo, E., Bayer, C., Wildner, L.P., Ernani, P.R., Albuquerque, J.A. & Proença, M.M. (2002) Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho, no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 417-423.

3.2. A CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL COM E SEM ADUBAÇÃO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características agronômicas da cana-de-açúcar em função do sistema de plantio direto (SPD) comparativamente ao convencional (PC) com e sem adubação. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições, num esquema fatorial 4x2. Os tratamentos foram: cana SPD sobre palhada de crotalária (*Crotalaria juncea*); cana SPD sobre feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); cana SPD sobre mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e cana PC com vegetação espontânea incorporada, sendo duplicados, pois cada um foi conduzido com e sem adubação. Em termos nutricionais, a cana SPD sobre leguminosas foi 43% superior em teores de K, sendo que feijão-de-porco e mucuna proporcionaram, em média, 26% a mais de N foliar em relação à cana PC. A diagnose nutricional também indicou N e K como os principais nutrientes limitantes da produtividade da cana PC, enquanto Ca, Fe, Zn e Cu foram limitantes independentes do sistema de manejo. O K mostrou-se como o principal nutriente limitante da produtividade da cana não adubada. O SPD de cana sobre leguminosas proporcionou maiores teores foliares de N e K, além de aumentar em 27, 32 e 37% o número, o diâmetro e a produtividade de colmos em relação à cana de PC. A cana-de-açúcar em SPD sobre leguminosas, além de ser mais produtiva,

garante maior preservação do ambiente devido à colheita da cana sem prévia queimada.

Palavras-chave: *Saccharum* sp., sustentabilidade da agricultura

ABSTRACT

THE NO-TILLAGE SYSTEM OF SUGARCANE IN COMPARISON TO THE CONVENTIONAL ONE, WITH AND WITHOUT MANURING IN CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

The objective of this experiment was to the agronomic characteristics of the sugarcane in function of the no-tillage system (SPD) comparatively to the conventional one (PC) with and without manuring. The experimental design was of completely random blocks, using four repetitions, in a factorial outline 4x2. The treatments were: sugarcane SPD over sunnhemp (*Crotalaria juncea*); sugarcane SPD over jack bean (*Canavalia ensiformis*); sugarcane SPD over velvet bean (*Mucuna aterrima*) and sugarcane PC with incorporated spontaneous vegetation (control), being duplicated, because each one was conducted with and without manuring. In nutritional terms, the sugarcane SPD over legumes was 43% superior in contents of K, and the prominence of jack bean and velvet bean was provided 26% on average more of N to foliate in relation to the sugarcane PC. The nutritional diagnosis also indicated N and K as the nutritious main limitants of sugarcane productivity PC, while Ca, Fe, Zn and Cu were independent limitants of the handling system. K has shown itself as the main nutritious limitant of the no fertilized sugarcane productivity. Sugarcane SPD on legumes provides higher contents of N and K foliate, besides increasing in 27, 32 and 37% the number, the diameter and the productivity of stems in relation to the sugarcane of PC. The sugarcane in SPD over legumes, apart from being more productive, guarantees higher preservation of the environment due to the crop of the cane without previous burning.

Key words: *Saccharum* sp., sustainable agriculture

INTRODUÇÃO

O Brasil colhe 440 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em, aproximadamente, seis milhões de hectares, com produtividade média de 74 ton ha⁻¹ (Conab, 2005). Na região Sudeste do Brasil, a cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância, tanto social como economicamente. O estado do Rio de Janeiro responde por apenas 1,6% da produção nacional (Conab, 2005), com níveis de produtividade ainda baixos, em torno de 45 ton ha⁻¹, em virtude do manejo inadequado do solo com o preparo convencional causando erosão de partículas e lixiviação dos nutrientes, dos cultivos sem adubação, e do uso de variedades com baixo potencial produtivo.

Ao avaliar o estado nutricional de lavouras canavieiras na região Norte Fluminense, no município de Campos dos Goytacazes, Reis Jr. & Monnerat (2002) constataram que as diagnoses nutricionais de padrões calibrados regionalmente (teores adequados e DRIS) indicaram K, P e S como os principais nutrientes limitantes, enquanto as diagnoses nutricionais de padrões descritos na literatura indicaram N, Zn e Cu como os principais nutrientes limitantes. Assim, é importante ressaltar que independente do método com que se avaliou o estado nutricional da cana nessa região, constatou-se que há vários nutrientes limitando a produtividade da cultura, principalmente N, P e K. Isto evidencia os efeitos negativos da falta de adubação, da aplicação de fertilizantes de maneira não racional que visem a aumentos de produtividade, além do manejo inadequado do solo com o preparo convencional e a colheita da cana queimada. Canellas et al. (2003) verificaram que, na camada superficial do solo (0-20 cm), o teor de carbono variou de 13,13 g kg⁻¹, na cana queimada, a 22,34 g kg⁻¹, na cana crua, indicando a melhoria nos atributos químicos do solo com a colheita da cana crua, o que foi indicado, também, por Mendonza et al. (2000). A colheita da cana queimada promove, ainda, a degradação de outras propriedades do solo, evidenciada pela redução do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis e pelo aumento da densidade do solo na profundidade de 0 a 5 cm, com conseqüente diminuição da velocidade de infiltração instantânea da água no solo (Ceddia et al., 1999).

As características químicas e físicas do solo podem ser melhoradas pelo manejo adequado do solo e da cultura da cana-de-açúcar, envolvendo a utilização de sistemas conservacionistas (Andrioli et al., 1997; Bianchini et al., 2001). O plantio direto, que proporciona comprovadas melhorias nas condições de fertilidade do solo (Muzilli, 1983; Sidiras & Pavan, 1985; Santos et al., 1995; Franchini et al., 2000), é eficiente alternativa em acumular matéria orgânica no solo e contribuir para o seqüestro do CO₂ atmosférico em solos agrícolas e, portanto, para a melhoria da qualidade ambiental (Amado et al., 2001). De médio a longo prazo, o sistema de plantio direto favorece o maior acúmulo de palha na superfície do solo (Barcelos et al., 1999), maior percentagem de agregados nas classes de maior diâmetro (Da Ros et al., 1996; Carvalho et al., 1999), menor desagregação do solo, maior retenção de água (Carvalho et al., 1999), maiores taxas de infiltração de água no solo (Barcelos et al., 1999), redução superior a 99% nas perdas de solo e 94% nas perdas de água (Seganfredo et al., 1997), menores temperaturas máximas e flutuação térmica do solo (Amado et al., 1990), menor evaporação da água do solo (Freitas et al., 2004), maior economia de água de irrigação em torno de 14% (Andrade et al., 2002), em relação ao preparo convencional com o solo descoberto ou sem palhada na superfície do solo. Além disso, o plantio direto na cana-de-açúcar proporciona redução no número de operações, tempo disponível de pessoal e equipamentos envolvidos e de custos em, aproximadamente, 47% em comparação ao convencional (Dalben et al., 1983; Cruz, 2003).

A entrada externa de nutrientes para os sistemas agrícolas é fundamental, ainda que seja conservacionista, uma vez que estes sistemas não são auto-sustentáveis, pois há a exportação de elementos pelas partes comercializáveis das culturas e são inevitáveis as ocorrências de perdas naturais. Assim, a melhoria dos atributos químicos do solo para o cultivo da cana dispõe, dentre alternativas, a aplicação de vinhaça, torta de filtro e fertilizantes (Silva & Ribeiro, 1995; Canellas et al., 2003), para atender às expectativas de produtividade e à reposição dos nutrientes exportados pela cultura do sistema solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características agronômicas da cana-de-açúcar em função do sistema de plantio direto (SPD) comparativamente ao

convencional (PC) com e sem a aplicação de adubo, em Campos dos Goytacazes – RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Abadia pertencente ao Grupo Queiroz Galvão, no município de Campos dos Goytacazes, no Norte do Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 30 de março de 2004 a 01 julho de 2005.

O município de Campos dos Goytacazes está situado a 21°44'47" de latitude Sul e 41°18'24" de longitude Oeste com altitude de 12 metros acima do nível do mar e relevo com declividade suave na maior parte de sua extensão. O clima classificado, segundo Köppen, como Aw, do tipo quente úmido, com temperatura do mês mais frio superior a 18°C e a temperatura média anual em torno de 24°C, sendo a amplitude térmica anual muito pequena, com temperatura média do mês mais frio em torno de 21°C e a mais quente, em torno de 27°C. A precipitação anual média está em torno de 1023 mm, concentrando-se, principalmente, nos meses de outubro a janeiro (Oliveira, 1996). Os dados climatológicos referentes o período da condução do experimento estão na Figura 1.

O experimento foi conduzido em Cambissolo Ta eutrófico argiloso, com boa drenagem, e textura argila-siltosa, em torno de 38, 52 e 10% de argila, silte e areia total. O histórico de adubação da cana cultivada nessa área por cerca de 30 anos, pelo menos nos últimos 10 anos, é que não foi realizada nenhuma aplicação de adubo no plantio e em cobertura na cana-soca. A análise química do solo, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H₂O) = 5,5; S-SO₄ = 47,0 (mg dm⁻³); P = 3,5 (mg dm⁻³); K⁺ = 0,25 (cmol_c dm⁻³); Ca⁺⁺ = 4,6 (cmol_c dm⁻³); Mg⁺⁺ = 1,8 (cmol_c dm⁻³); Al⁺⁺⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); H⁺+Al = 3,8 (cmol_c dm⁻³); Na⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); C = 16,5 (g dm⁻³); M.O. = 28,5 (g dm⁻³); Fe = 69,0 (mg dm⁻³); Cu = 2,0 (mg dm⁻³); Zn = 2,3 (mg dm⁻³); Mn = 15,4 (mg dm⁻³) e B = 0,4 (mg dm⁻³). A calagem foi realizada em novembro de 2003, com quatro meses de antecedência do plantio da cana, aplicando-se calcário calcítico com PRNT de 80%, na dose de 0,76 toneladas por hectare. Foi aplicado como melhorador da fertilidade do solo o gesso agrícola, tomando-se de base 30% da recomendação de calagem, o que resultou na dose de

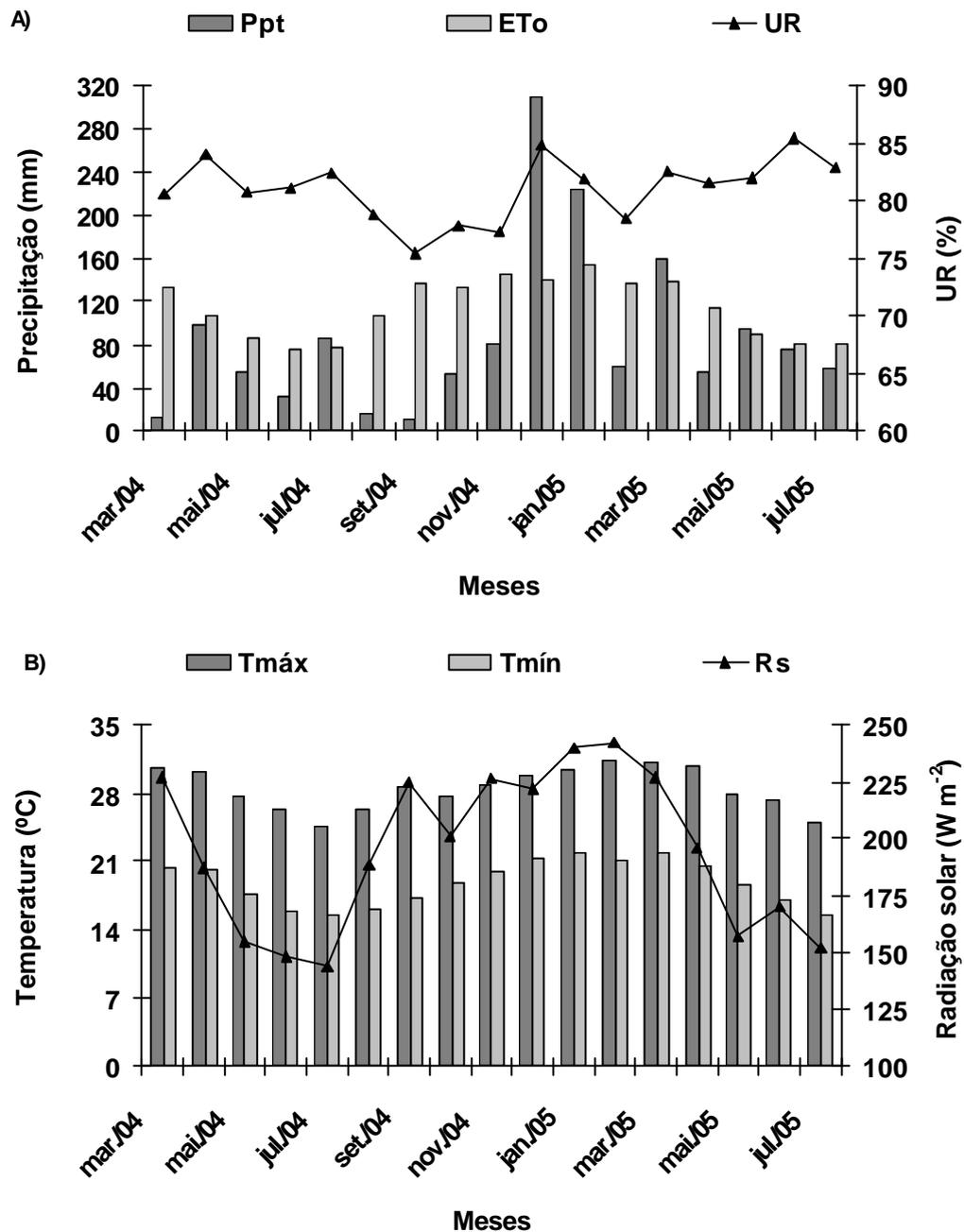


Figura 1. Dados climáticos durante o período de março de 2004 a julho de 2005. A) Precipitação total (Ppt), evapotranspiração de referência (ETo) e médias de umidade relativa (UR) e em B) médias de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) e radiação solar (Rs). Fonte: Estação climatológica da UENF/PESAGRO-RJ

0,23 toneladas por hectare. Posteriormente, foram cultivados os adubos verdes crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*), objetivando a cobertura e proteção do solo, a acumulação de nutrientes e a formação de palhada para a implantação do sistema de plantio direto de cana-de-açúcar.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, num esquema fatorial 4x2 (Manejo x Adubação). Os tratamentos foram: (I) – cana PC vegetação espontânea incorporada com adubação e (II) – idem I sem adubação; (III) – cana SPD sobre feijão-de-porco com adubação e (IV) – idem III sem adubação; (V) – cana SPD sobre mucuna preta com adubação e (VI) – idem V sem adubação e (VII) – cana SPD sobre crotalária com adubação e (VIII) – idem VII sem adubação.

A parcela ou unidade experimental de 11 m de largura e 11 m de comprimento teve 8 linhas espaçadas de 1,3 m para a cana-de-açúcar, totalizando 121 m². A área total do experimento foi de 3.872 m². Os blocos foram dispostos seguindo transversalmente o gradiente textural do terreno, determinado pela análise textural do solo, com uma faixa de 2 m separando os blocos. Foi utilizada a variedade de cana de ano-e-meio SP80-1842, que apresenta boas produtividades agrícolas em planta e soca, sendo caracterizada pelo rápido crescimento vegetativo, boa brotação da soqueira, elevado teor de sacarose, rara ocorrência de isoporização e resistência a carvão e ferrugem, sendo susceptível à escaldadura e broca da cana-de-açúcar.

Nas parcelas da cana convencional, preparou-se o solo com uma aração média e duas operações de gradagem, utilizando-se um trator da marca Ford 6630 acoplado ao arado de discos e à grade niveladora. Em 30 de março de 2004, fez-se a sulcagem com auxílio de trator da marca Ford 6630, acoplado a um sulcador de duas linhas e, posteriormente, fez-se o plantio manual da cana com e sem adubação na base, com sulcos de 0,4 m profundidade, para o sistema de plantio direto e convencional. Nos tratamentos com adubação foram aplicados 444 e 133 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e cloreto de potássio (00-20-60), respectivamente, com expectativa de 150 ton ha⁻¹, utilizando-se de base o Boletim 100 do IAC (Raij et al.,

1996). Foi considerada emergência da cana-de-açúcar a época em que, aproximadamente, 50% dos brotos emergiram.

Para manejo das plantas daninhas na cana-planta em todos os tratamentos igualmente aos 15 dias após o plantio (DAP), foi realizada a aplicação de herbicidas pós-emergentes, diuron + hexazinona na dose de 0,264 + 0,936 kg ha⁻¹ do i.a. e metano arseniato ácido monossódico (MSMA) na dose de 1,896 kg ha⁻¹ do i.a., além do espalhante adesivo aquil fenol poliglicoléter na concentração de 2% do volume da calda, sendo de 203 L ha⁻¹ o volume de calda. Utilizou-se para aplicação, acoplado no terceiro ponto do trator marca Ford 6610, um pulverizador de barras, da marca Montana com capacidade de 600 L, equipado com filtros de linha e 24 bicos leque da marca Jacto SF 110.02, malha 50, espaçados de 50 cm, operando a 30 lbf pol², 540 rpm TDF, velocidade de 4 km h⁻¹, largura da faixa 12 m. A aplicação foi realizada no período da manhã das 06:18 às 07:03 horas, para evitar a deriva causada pelo vento, e perdas por evaporação devido a altas temperaturas. Não houve incidência de pragas e doenças na cultura em nível de causar danos econômicos ou experimentais. Irrigou-se somente quando necessário, utilizando-se o sistema de aspersão para irrigação.

Para a análise foliar no mês de agosto/2004, foram coletadas amostras foliares da cana-de-açúcar (cana-planta), da posição +3, de plantas com quatro meses de idade. Cada amostra foi constituída de 10 folhas coletadas aleatoriamente numa área útil da unidade experimental de 9,1 m². Das folhas amostradas, foram utilizados na análise os 20 centímetros medianos, descartando-se a nervura central. Estas amostras foram submetidas à secagem em estufa a 70°C com circulação forçada de ar por 72 horas e moídas em moinho tipo Wiley (com peneiras de 20 mesh). Para determinação de P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Fe e Zn, foram utilizadas amostras de 0,50 g do material vegetal moído e submetidas à digestão nítrico-perclórica (Jones et al., 1991; Malavolta, 1997). Para a determinação do N orgânico, usaram-se amostras de 0,10 g de material vegetal moído, que foram submetidas à digestão sulfúrica (Linder, 1944; Jones et al., 1991; Malavolta, 1997). No extrato, dosou-se o N orgânico, utilizando-se o reagente de Nessler (Jackson, 1965).

Dados de produtividade foram coletados quando a cana atingiu o ponto de maturação ideal, cortando-se as duas linhas centrais manualmente sem queimada

prévia, ou seja, a cana foi colhida crua numa área útil da parcela de 18,2 m². Pesaram-se os colmos da cana colhida com auxílio de uma balança da marca Caudura, modelo F3. Foram utilizados dez colmos colhidos da área útil para determinar o diâmetro médio, medindo-se o terço médio do colmo. Na ocasião da colheita, foi contado o número de colmos e determinou-se o número de colmos por hectare.

Posteriormente, entre os colmos já pesados, foram coletados aleatoriamente dez colmos, formando-se um feixe, sendo devidamente identificado e encaminhado ao laboratório de usina de açúcar com destilaria anexa para determinar brix, leitura sacarimétrica (L) e peso do bagaço úmido (PBU). Para calcular açúcares teoricamente recuperáveis (ATR), utilizaram-se as equações propostas pela Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA, 2005).

Os resultados de teores foliares de nutrientes, produtividade, diâmetro de colmo, número de colmos e das características agroindustriais da cana-de-açúcar foram analisados segundo o delineamento em blocos ao acaso, seguindo um esquema fatorial com quatro sistemas de manejo e dois manejos de fertilidade, resultando em oito tratamentos (espécies de leguminosas na implantação do sistema plantio direto e o convencional para a cultura da cana-de-açúcar adubada e não adubada) e quatro repetições. Foram feitas a análise de variância preliminar (Teste F) de acordo com o delineamento estatístico D.B.C., e o desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos (Ferreira, 2000; Ribeiro Júnior, 2001).

Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijr} = \mu + b_r + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijr}, \text{ em que:}$$

Y_{ijr} = valor da característica y , no sistema de manejo A ($i = 1, 2, 3$ e 4), na cultura da cana adubada e não adubada B_j ($j = 1$ e 2), na repetição b_r ($r = 1, 2, 3$ e 4);

μ = média geral da variável;

b_r = efeito do bloco $r = [1, 2, 3$ e $4]$;

A_i = efeito do fator A na classe $i = [1, 2, 3$ e $4]$;

B_j = efeito do fator B na classe $j = [1$ e $2]$;

AB_{ij} = efeito da interação dos fatores A , nas classes i e B nas classes j ;

e_{ijr} = efeito do erro aleatório, normal e independente, com distribuição de média 0 e variância s^2 .

Nos casos em que na análise de variância o $F_{\text{calculado}}$ foi significativo, ou seja, quando se rejeita a hipótese de nulidade para cada fator isolado, as médias dentro de cada sistema de manejo e adubada e não adubada foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de nitrogênio foliar da cana SPD sobre palhadas de feijão-de-porco e mucuna se apresentaram, em média, 11 e 26% superior ao obtido na cana SPD sobre crotalária e cana convencional, respectivamente (Quadro 1). Portanto, o feijão-de-porco e a mucuna se mostraram mais eficientes na disponibilização de N para a cana-de-açúcar. O plantio direto de cana sobre feijão-de-porco, mucuna e crotalária proporcionou teores foliares de N 29, 24 e 14% superiores ao proporcionado pelo convencional sobre vegetação espontânea. Assim, apenas os teores de N nas folhas da cana em SPD sobre as leguminosas estão dentro da faixa adequada de 19 a 21 g kg⁻¹ proposta por Malavolta (1997). Porém, todos os teores de N foliar da cana obtidos neste trabalho foram superiores ao proposto por Reis Jr. & Monnerat (2002) de canaviais de alta produtividade (= 75 ton ha⁻¹) no município de Campos dos Goytacazes, RJ e aos teores adequados proposto por Reis Jr. (1999). No entanto, a alta produtividade dita por Reis Jr. & Monnerat (2002) é inferior à menor obtida neste trabalho (85.673 kg ha⁻¹). Com respeito à cana com e sem adubo, não se apresentaram teores foliares de N na matéria seca diferentes entre si significativamente, sendo o esperado, pois não se aplicou nenhuma fonte nitrogenada de adubo.

Quadro 1. Teores de macronutrientes na folha +3 da cana-planta variedade SP80-1842 com quatro meses de idade, em função do sistema de plantio direto e convencional com e sem adubação em Campos dos Goytacazes – RJ

Plantas de cobertura e sistema de manejo (SMS)	Adubação no plantio (ADU)		Médias
	00-20-60	00-00-00	
Nitrogênio			
----- (g kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	18,4	18,7	18,6b ¹
Feijão-de-porco – cana PD	20,7	21,3	21,0a
Mucuna preta – cana PD	20,2	20,2	20,2a
Veg. espontânea – cana convencional	16,4	16,2	16,3c
Médias	19,0A	19,0A	19,0
CV (%)	4		
Fósforo			
----- (g kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	5,7	5,7	5,7a
Feijão-de-porco – cana PD	5,7	5,6	5,7a
Mucuna preta – cana PD	6,3	5,5	5,9a
Veg. espontânea – cana convencional	5,6	5,6	5,6a
Médias	5,8A	5,6A	5,7
CV (%)	9		
Potássio			
----- (g kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	12,9	12,7	12,8a
Feijão-de-porco – cana PD	12,6	10,7	11,6a
Mucuna preta – cana PD	13,3	11,5	12,4a
Veg. espontânea – cana convencional	9,1	8,0	8,6b
Médias	12,0A	10,7B	11,3
CV (%)	13		

^{1/} Médias na linha, seguidas por letras maiúsculas diferentes, são diferentes pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, e na coluna seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Para os teores foliares de P, Ca e Fe da cana não houve diferenças significativas entre os sistemas de manejo do solo, nem para a cana com e sem adubação (Quadros 1, 2 e 3).

Quadro 2. Teores de macronutrientes na folha +3 da cana-planta variedade SP80-1842 com quatro meses de idade, em função do sistema de plantio direto e convencional com e sem adubação em Campos dos Goytacazes – RJ

Plantas de cobertura e sistema de manejo (SMS)	Adubação no plantio (ADU)		Médias
	00-20-60	00-00-00	
Cálcio ----- (g kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	4,4	4,1	4,3a
Feijão-de-porco – cana PD	4,4	4,7	4,5a
Mucuna preta – cana PD	3,7	4,0	3,9a
Veg. espontânea – cana convencional	4,4	4,8	4,6a
Médias	4,2A	4,4A	4,3
CV (%)	12		
Magnésio ----- (g kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	2,4	2,8	2,6b
Feijão-de-porco – cana PD	2,7	3,1	2,9a
Mucuna preta – cana PD	2,4	2,9	2,6b
Veg. espontânea – cana convencional	2,5	2,6	2,5b
Médias	2,5B	2,9A	2,7
CV (%)	6		
Enxofre ----- (g kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	3,8	4,1	4,0b
Feijão-de-porco – cana PD	4,2	4,2	4,2ab
Mucuna preta – cana PD	4,3	4,3	4,3a
Veg. espontânea – cana convencional	4,2	4,3	4,3a
Médias	4,1A	4,2A	4,2
CV (%)	5		

^{1/} Médias na linha, seguidas por letras maiúsculas diferentes, são diferentes pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, e na coluna seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Quadro 3. Teores de micronutrientes na folha +3 da cana-planta variedade SP80-1842 com quatro meses de idade, em função do sistema de plantio direto e convencional com e sem adubação em Campos dos Goytacazes – RJ

Plantas de cobertura e sistema de manejo (SMS)	Adubação no plantio (ADU)		Médias
	00-20-60	00-00-00	
Manganês ----- (mg kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	113,7	110,3	112,0b ¹
Feijão-de-porco – cana PD	114,7	95,7	105,2b
Mucuna preta – cana PD	109,9	108,5	109,2b
Veg. espontânea – cana convencional	148,3	157,7	153,0a
Médias	121,7A	118,0A	119,8
CV (%)	14		
Zinco ----- (mg kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	14,4	15,5	15,0a
Feijão-de-porco – cana PD	16,0	16,5	16,3a
Mucuna preta – cana PD	14,7	16,4	15,6a
Veg. espontânea – cana convencional	13,3	13,4	13,4b
Médias	14,6B	15,5A	15,0
CV (%)	6		
Ferro ----- (mg kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	84,6	79,1	81,8a
Feijão-de-porco – cana PD	90,0	101,7	95,9a
Mucuna preta – cana PD	82,6	88,5	85,5a
Veg. espontânea – cana convencional	100,3	100,1	100,2a
Médias	89,4A	92,4A	90,9
CV (%)	15		
Cobre ----- (mg kg ⁻¹) -----			
Crotalária juncea – cana PD	4,2	4,3	4,3b
Feijão-de-porco – cana PD	5,5	5,5	5,5a
Mucuna preta – cana PD	5,0	5,0	5,0a
Veg. espontânea – cana convencional	3,9	4,3	4,1b
Médias	4,7A	4,8A	4,7
CV (%)	9		

^{1/} Médias na linha, seguidas por letras maiúsculas diferentes, são diferentes pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, e na coluna seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os teores foliares de P obtidos estão bem acima da faixa adequada de 2,0 a 2,4 g kg⁻¹ (Malavolta, 1997), e dos teores de 1,91 a 2,12 g kg⁻¹ sugeridos por autores que desenvolveram pesquisas em Campos dos Goytacazes (Reis Jr., 1999; Reis Jr. & Monnerat, 2002) para canaviais de alta produtividade. Dessa maneira, fica evidenciado que o P não foi um elemento limitante à produtividade da cana. Os teores foliares de Ca e Fe da cana se encontravam abaixo das respectivas faixas de 8 a 10 g kg⁻¹ e 200 a 500 mg kg⁻¹ (Malavolta, 1997), sendo que o teor de Ca se encontrava acima de 2,99 a 3,44 g kg⁻¹ (Reis Jr., 1999; Reis Jr. & Monnerat, 2002) sugeridos por estes autores para canaviais da região de alta produtividade. Assim, ao utilizar critérios estabelecidos em Campos dos Goytacazes para interpretar a análise química das amostras, verifica-se que o teor foliar de Ca está alto e adequado, mas se se utilizar outra literatura, os teores de Ca e Fe nas folhas da cana são caracterizados limitantes da produtividade. Por isso, talvez seja necessário estabelecer critérios de avaliação nutricional baseado nas condições edafoclimáticas locais.

Os teores médios de K e Zn foliar da cana em SPD sobre as leguminosas, respectivamente, se apresentaram 43 e 17% superiores à cana convencional com vegetação espontânea incorporada (Quadros 1 e 3). Em média, o teor de K foi de 12,3 g kg⁻¹ nas folhas de cana em SPD, sendo considerado dentro da faixa adequada de 11 a 13 g kg⁻¹ (Malavolta, 1997) e de cana de alta produtividade (Reis Jr., 1999; Reis Jr. & Monnerat, 2002). Porém, na cana convencional, ocorreu o inverso, o teor de K estava 22% abaixo do limite mínimo da faixa adequada (Malavolta, 1997). Dessa maneira, o K, possivelmente, foi um elemento limitante da cana convencional. Em média, a cana adubada se apresentou com teor de K foliar dentro da faixa adequada e de cana de alta produtividade (Malavolta, 1997; Reis Jr., 1999; Reis Jr. & Monnerat, 2002), evidenciando o efeito positivo e necessário da adubação potássica. Por outro lado, a cana não adubada obteve teor de K, aproximadamente, 3 e 11% inferior ao limite mínimo da faixa adequada de Malavolta (1997) e da cana com adubo, respectivamente. A faixa de teor adequada de Zn é de 25 a 30 mg kg⁻¹ de acordo com Malavolta (1997), mas os maiores teores foliares apresentados pela cana foram no SPD sobre as leguminosas foram, em média, de 15,6 mg kg⁻¹, porém, encontrando-se abaixo da faixa adequada. Por outro lado, o

teor médio de Zn obtido pela cana SPD foi 9% superior ao sugerido por Reis Jr. & Monnerat (2002) de $14,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de cana de alta produtividade. Todavia, o teor foliar de Zn da cana adubada foi, aproximadamente, 6% inferior à cana não adubada (Quadro 3). Possivelmente, este menor teor de Zn na cana adubada seja explicado pela presença do P, pois alto nível de fósforo no solo (neste caso favorecido pela adubação fosfatada) causou a diminuição na absorção de Zn, que poderia ter provocado esta carência. Isto se deve a várias causas: o P insolubiliza o Zn na superfície das raízes diminuindo sua absorção, o P insolubiliza o Zn no xilema, diminuindo o transporte para a parte aérea, de acordo com Malavolta (1997).

A cana sobre crotalária, mucuna e vegetação espontânea apresentou, em média, teores de Mg foliar que não diferiram entre si, mas foram, aproximadamente, 12% inferiores a cana SPD sobre feijão-de-porco (Quadro 2). Os teores foliares de Mg na cana se apresentaram, independente do tratamento a que foi submetida, dentro da faixa adequada de 2 a 3 g kg^{-1} proposta por Malavolta (1997) e de cana de alta produtividade sugerida por Reis Jr. (1999) e Reis Jr. & Monnerat (2002). Já a cana adubada se apresentou com teor de Mg foliar aproximadamente 14% inferior à cana não adubada. Isto ocorreu porque as plantas absorvem o magnésio como Mg^{+2} e altas concentrações de Ca, e principalmente de K^{+} no solo (neste caso favorecido pela adubação potássica), que, possivelmente, inibiram competitivamente a absorção, e poderiam vir causar a deficiência. A alta concentração de K proporcionada pela adubação potássica, neste caso, possivelmente, causou efeito antagônico à absorção de Mg, reduzindo o teor foliar deste último elemento, significativamente, na cana adubada.

A cana SPD sobre feijão-de-porco obteve teor de S nas folhas que não diferiu da cana SPD sobre palhada de crotalária, mucuna e vegetação espontânea (Quadro 2). Em média, a cana SPD sobre crotalária se apresentou com teor de S foliar 7% inferior à cana sobre palhada de mucuna e vegetação espontânea. Não houve diferença significativa entre os teores foliares de S apresentados pela cana adubada e não adubada. Todavia, os teores foliares apresentados pela cana sob os diferentes tratamentos se encontraram acima da faixa adequada de 2,5 a 3,0 (Malavolta, 1997) e do teor médio de S foliar de cana de alta produtividade sugerida por Reis Jr. & Monnerat (2002).

A cana convencional com vegetação espontânea incorporada se apresentou com teor de Mn foliar 41% maior que o teor médio apresentado pela cana SPD sobre as leguminosas, que não diferiram entre si significativamente (Quadro 3). A cana adubada não obteve maior teor de Mn foliar em relação à não adubada. Os teores foliares de Mn obtidos pela cana nos diferentes tratamentos que foram submetidos ficaram dentro da faixa de 100 a 250 mg kg⁻¹, considerada adequada (Malavolta, 1997), e acima do teor médio de 74,4 mg kg⁻¹ para cana de alta produtividade (Reis Jr. & Monnerat, 2002).

Os tratamentos de cana SPD sobre palhada de feijão-de-porco e mucuna não diferiram quanto ao teor de Cu nas folhas (Quadro 3). Entretanto, foram 25 % superiores à média de cana sobre crotalária e preparo convencional com vegetação espontânea incorporada. Para teor de Cu nas folhas não houve diferença da cana adubada em relação à não adubada. No entanto, todos os teores de Cu apresentados nas folhas da cana deste experimento, independente do tratamento recebido, foi abaixo da faixa de 8 a 10 mg kg⁻¹ (Malavolta, 1997). Porém, a cana SPD sobre palhadas de feijão-de-porco e mucuna apresentou, em média, teores foliares de Cu superiores ao sugerido para cana de alta produtividade (Reis Jr. & Monnerat, 2002).

Os critérios estabelecidos por Malavolta (1997), possivelmente, fornecem maior confiança à diagnose nutricional, visto que os trabalhos responsáveis pelo estabelecimento dos teores considerados adequados foram, em sua maioria, desenvolvidos sob condições, apesar de solo e clima diferentes das encontradas em Campos dos Goytacazes, em que a cana apresentou elevadíssimas produtividades. A teoria de que os critérios regionais estabelecidos por Reis Jr. & Monnerat (2002) possam dar mais confiança à diagnose nutricional na cana-de-açúcar poderia até ser a melhor opção, se as produtividades estabelecidas como altas fossem acima de 100 ton ha⁻¹.

Ao levar em consideração os critérios estabelecidos por Malavolta (1997), nitrogênio e potássio na cana convencional seriam os nutrientes que, possivelmente, estariam limitando a produção da cana-de-açúcar. O potássio tem papel reconhecido na síntese de açúcares e é o nutriente mais exportado pela cultura da cana-de-açúcar, enquanto o nitrogênio apresenta característica de proporcionar maior

vegetação e perfilhamento da cana. Outros nutrientes, como Ca, Fe, Zn e Cu, seriam os que, possivelmente, estariam limitando a produção da cana independente dos tratamentos aplicados. O cobre e o zinco são os micronutrientes mais limitantes para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil (Orlando Filho et al., 1994), e as aduções nitrogenadas e potássicas podem contribuir para o surgimento da limitação por parte destes nutrientes. A deficiência de cálcio pode causar retardamento no crescimento da planta e redução no sistema radicular, enquanto o ferro causa clorose internerval. Na região Centro-Sul do Brasil, a deficiência pode ocorrer na fase inicial da brotação das soqueiras. Porém, é de ocorrência efêmera, sem necessitar de correção (Orlando Filho et al., 1994).

Para as características agroindustriais brix, pureza do caldo, açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) e álcool provável (APV), não houve efeito significativo dos tratamentos aplicados à cana-de-açúcar (Quadros 4 e 5). Porém, quanto à fibra da cana, foi observado que a cana convencional com vegetação espontânea incorporada se apresentou 7% mais fibrosa que a cana SPD sobre palhada das leguminosas. Isto se deve, provavelmente, ao menor teor de potássio apresentado pela cana convencional (Quadro 1), pois o K tem papel reconhecido na síntese de açúcares, portanto, quando há menor acúmulo de açúcar, possivelmente, há aumento de fibra na cana.

A produtividade média da cana em SPD sobre as leguminosas foi de 135.863 kg ha⁻¹, sendo 37% superior à da cana convencional com vegetação espontânea incorporada (Quadro 6). O mesmo ocorreu para número e diâmetro de colmos que, respectivamente, foram 27 e 32% superiores na cana SPD em relação à convencional. Não houve diferença significativa de produtividade, de número e diâmetro de colmos de cana SPD entre as diferentes leguminosas utilizadas neste trabalho, apesar da cana SPD sobre feijão-de-porco se apresentar com a maior produtividade absoluta (141.278 kg ha⁻¹).

Há maior produtividade da cana SPD sobre a palhada das leguminosas quando comparada à cana convencional. A cana cultivada em SPD sobre a palhada das leguminosas também se apresentou com maiores teores foliares de nitrogênio e potássio (Quadro 1), além do maior número e diâmetro de colmos (Quadro 6). Estes resultados corroboram os obtidos por Dalben et al. (1983), os quais, avaliando

Quadro 4. Características agroindustriais Brix, Pureza do caldo, Fibra da cana e Pol da cana de cana-planta variedade SP80-1842, em função do sistema de plantio direto e convencional com e sem adubação em Campos dos Goytacazes – RJ

Plantas de cobertura e sistema de manejo (SMS)	Adubação no plantio (ADU)		Médias
	00-20-60	00-00-00	
	Brix		
	----- (°) -----		
Crotalária juncea – cana PD	17,8	17,4	17,6a ¹
Feijão-de-porco – cana PD	17,6	17,7	17,6a
Mucuna preta – cana PD	17,7	18,0	17,8a
Veg. espontânea – cana convencional	18,0	17,6	17,8a
Médias	17,8A	17,6A	17,7
CV (%)	6		
	Pureza do caldo		
	----- (%) -----		
Crotalária juncea – cana PD	88,5	87,2	87,8a
Feijão-de-porco – cana PD	91,3	91,0	91,1a
Mucuna preta – cana PD	92,9	91,4	92,2a
Veg. espontânea – cana convencional	92,0	90,6	91,3a
Médias	91,2A	90,1A	90,6
CV (%)	4		
	Fibra da cana		
	----- (%) -----		
Crotalária juncea – cana PD	12,1	11,6	11,8b
Feijão-de-porco – cana PD	11,9	11,8	11,9b
Mucuna preta – cana PD	12,1	12,1	12,1b
Veg. espontânea – cana convencional	12,6	13,0	12,8a
Médias	12,2A	12,1A	12,1
CV (%)	4		
	Pol da cana		
	----- (%) -----		
Crotalária juncea – cana PD	13,3	12,9	13,1a
Feijão-de-porco – cana PD	13,6	13,7	13,6a
Mucuna preta – cana PD	13,9	13,9	13,9a
Veg. espontânea – cana convencional	13,9	13,2	13,6a
Médias	13,7A	13,4A	13,5
CV (%)	6		

^{1/} Médias na linha, seguidas por letras maiúsculas diferentes, são diferentes pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, e na coluna seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Quadro 5. Características agroindustriais açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) e álcool provável (APV) de cana-planta variedade SP80-1842, em função do sistema de plantio direto e convencional com e sem adubação em Campos dos Goytacazes – RJ

Plantas de cobertura e sistema de manejo (SMS)	Adubação no plantio (ADU)		Médias
	00-20-60	00-00-00	
	ATR ----- (kg ton ⁻¹) -----		
Crotalária juncea – cana PD	128,8	124,8	126,8a
Feijão-de-porco – cana PD	130,4	131,1	130,7a
Mucuna preta – cana PD	132,6	133,0	132,8a
Veg. espontânea – cana convencional	132,9	127,2	130,1a
Médias	131,2A	129,0A	130,1
CV (%)	6		
	APV ----- (L ton ⁻¹) -----		
Crotalária juncea – cana PD	78,9	76,4	77,6a
Feijão-de-porco – cana PD	79,9	80,3	80,1a
Mucuna preta – cana PD	81,3	81,5	81,4a
Veg. espontânea – cana convencional	81,4	77,9	79,7a
Médias	80,4A	79,0A	79,7
CV (%)	6		

^{1/} Médias na linha, seguidas por letras maiúsculas diferentes, são diferentes pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, e na coluna seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

a produtividade da cana-planta variedade SP70-1143 em SPD, ainda que sem adubação verde, constataram 11% de aumento de produtividade em relação à cana no preparo convencional.

Quando da ausência da adubação, o potássio foi o nutriente limitante da produção da cana-de-açúcar. Todavia, pode-se constatar que este elemento poderá limitar ainda mais a produtividade, quando da não utilização do SPD empregando os adubos verdes.

Como já era esperado, a cana-de-açúcar adubada apresentou produtividade 9% superior à cana não adubada (Quadro 6). Vale ressaltar que, apesar de não apresentar diferenças significativas na interação sistema de manejo versus adubação, em termos absolutos a produtividade média da cana SPD sobre as

Quadro 6. Números de colmos por hectare, diâmetro de colmos e produtividade da cana-planta variedade SP80-1842, em função do sistema de plantio direto e convencional com e sem adubação em Campos dos Goytacazes – RJ

Plantas de cobertura e sistema de manejo (SMS)	Adubação no plantio (ADU)		Médias
	00-20-60	00-00-00	
	Número de colmos ----- (mil ha ⁻¹) -----		
Crotalária juncea – cana PD	78,0	79,3	78,6a ¹
Feijão-de-porco – cana PD	72,7	68,8	70,7a
Mucuna preta – cana PD	75,0	75,3	75,1a
Veg. espontânea – cana convencional	61,5	56,6	59,1b
Médias	71,8A	70,0A	70,9
CV (%)	10		
	Diâmetro de colmos ----- (cm) -----		
Crotalária juncea – cana PD	2,8	2,8	2,8a
Feijão-de-porco – cana PD	3,0	3,0	3,0a
Mucuna preta – cana PD	3,0	2,8	2,9a
Veg. espontânea – cana convencional	2,2	2,2	2,2b
Médias	2,7A	2,7A	2,7
CV (%)	4		
	Produtividade ----- (kg ha ⁻¹) -----		
Crotalária juncea – cana PD	135.385	128.434	131.909a
Feijão-de-porco – cana PD	145.357	137.198	141.278a
Mucuna preta – cana PD	135.611	133.194	134.403a
Veg. espontânea – cana convencional	112.342	85.673	99.008b
Médias	132.174A	121.125B	126.650
CV (%)	8		

^{1/} Médias na linha, seguidas por letras maiúsculas diferentes, são diferentes pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, e na coluna seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

leguminosas sem adubo foi 4% menor do que com aplicação de adubo. Já a cana plantio convencional adubada apresentou queda de 24% quando não foi adubada, evidenciando que o decréscimo de produtividade devido à ausência de adubação foi agravado quando não se empregou o SPD com a adubação verde.

CONCLUSÕES

1. O sistema de plantio direto de cana-de-açúcar sobre palhada das leguminosas proporciona maiores teores foliares de N e K na cana do que a cultivada convencionalmente com vegetação espontânea incorporada. Destaca-se o feijão-de-porco e a mucuna preta, que proporcionam, em média, 26% a mais de N para a cana SPD quando comparado à cana convencional. A cana SPD sobre leguminosas apresenta teores de K nas folhas 43% superiores a cana convencional.

2. A diagnose nutricional indica N e K como os principais nutrientes limitantes da produtividade da cana convencional, enquanto Ca, Fe, Zn e Cu se apresentam limitantes independentes do sistema de manejo.

3. A diagnose nutricional indica K como o principal nutriente limitante da produtividade da cana não adubada.

4. A cana-de-açúcar em SPD se apresenta 27, 32 e 37% superior em número e diâmetro de colmos e na produtividade em relação à cana convencional.

5. A cana-de-açúcar em SPD sobre leguminosas é mais produtiva do que no manejo convencional do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amado, T.J.C.; Bayer, C.; Eltz, F.L.F. & Brum, A.C.R. (2001) Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 189-197.

Amado, T.J.C.; Matos, A.T.de. & Torres, L. (1990) Flutuação de temperatura e umidade do solo sob preparo convencional e em faixas na cultura da cebola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 25 (4): 625-631.

Andrade, R.da.S.; Moreira, J.A.A.; Stone, L.F. & Carvalho, J.de A. (2002) Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de

cobertura morta do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6 (1): 35-38.

Andrioli, I.; Palmeri, A.J.; Chueire, F.B.; Natale, W. & Centurion, J.F. (1997) Avaliação da estrutura e da matéria orgânica do solo em áreas de plantio direto e convencional de soja sobre palha de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto – SP. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 26. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.6-130.

Barcelos, A.A.; Cassol, E.A. & Denardin, J.E. (1999) Infiltração de água em um latossolo vermelho-escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 35-43.

Bianchini, A.; Magalhães, P.S.G. & Braunbeck, O. (2001) Cultivo do solo em áreas de cana crua. *Revista STAB*, Piracicaba, 19 (5): 30-33.

Canellas, L.P.; Velloso, A.C.X.; Marciano, C.R.; Ramalho, J.F.G.P.; Rumjanek, V.M.; Rezende, C.E. & Santos, G.A. (2003) Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 935-944.

Carvalho, E.J.M.; Figueiredo, M.deS. & Costa, L.M.da. (1999) Comportamento físico-hídrico de um podzólico vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (2): 257-265.

Ceddia, M.B.; Anjos, L.H.C.dos; Lima, E.; Neto, A.R. & Silva, L.A.da. (1999) Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo podzólico amarelo no estado do Espírito Santo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (8): 1467-1473.

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. (2005) *Revista Indicadores da Agropecuária*. Brasília, ano XIV, 9: p.8.

- Cruz, D.M. (2003) Plantio direto e preparo reduzido ganham terreno. *JornalCana*, Ribeirão Preto, mar. p.34.
- Dalben, E.A.; Nelli, E.J.; Almeida, O.J. & Demathê, J.L.I. (1983) Plantio direto de cana-de-açúcar em solos de baixa fertilidade. *Revista Álcool & Açúcar*, 3 (12): 30-32.
- Da Ros, C.O.; Lopes, C.E.L.; Secco, D. & Pasa, L. (1996) Influência do tempo de cultivo no sistema de plantio direto nas características físicas de um latossolo vermelho-escuro. *Revista Ciência Rural*, 26 (3): 397-400.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3ª edição / Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió : EDUFAL, 422p.
- Franchini, J.C.; Borkert, C.M.; Ferreira, M.M. & Gaudêncio, C.A. (2000) Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 459-467.
- Freitas, P.S.L.de; Mantovani, E.C.; Sedyama, G.C. & Costa, L.C. (2004) Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação da água do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8, (1): 85-91.
- Jackson, M. L. (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M. L. (ed.). *Soil chemical analysis* Englewood Cliffs, Prentice Hall, p.195-196.
- Jones, J.B., Wolf, B., Mills, H. A. (1991) *Plant Analysis Handbook*. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens, Georgia, USA. Micro-Macro Publishing Inc., 213p.
- Linder, R.C. (1944) Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiology*, 19: 76-89.

- Malavolta, E. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações* / Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira. 2ª ed., rev. e atual. Piracicaba : POTAFOS, 319p.
- Mendonza, H.N.S.; Lima, E.; Anjos, L.H.C.; Silva, L.A.; Ceddia, M.B. & Antunes, M.V.M. (2000) Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 201-207.
- Muzilli, O. (1983) Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira da Ciência do solo*, 7 (1): 95-102.
- Oliveira, V.P.S. (1996) *Avaliação do sistema de irrigação por sulco da fazenda do alto, em Campos dos Goytacazes, RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 95p.
- ORPLANA, Organização de plantadores de cana da região centro-sul do Brasil. (2005) Cálculo simplificado do preço da cana-de-açúcar. *Cadernos Orplana*, 5: 1-2.
- Orlando Filho, J.; Macedo, N. & Tokeshi, H. (1994) Seja doutor do seu canavial. *Informações Agrônomicas* 67: 1-16.
- Rajj, B.V.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. & Furlani, A.M.C. (1996) *Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paula (2ªed.)* - Instituto Agrônomo: Campinas, 285p.
- Reis Jr., R.A. (1999) *Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS)*. Tese (Doutorado em Produção

Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 141p.

Reis Jr., R.A. & Monnerat, P.H. (2002) Diagnose nutricional da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 367-372.

Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. José Ivo Ribeiro Júnior. – Viçosa : UFV, 301p.

Santos, H.P.dos; Tomm, G.O. & Lhamby, J.C.B. (1995) Plantio direto versus convencional: Efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19: 449-454.

Seganfredo, M.L.; Eltz, F.L.F. & Brum, A.C.R.de. (1997) Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21: 287-291.

Sidiras, N. & Pavan, M.A. (1985) Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 9 (3): 249-254.

Silva, M.S.L. da & Ribeiro, M.R. (1995) Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas de solos argilosos. *Pesquisa agropecuária Brasileira*, 30 (3): 389-394.

3.3. INCIDÊNCIA E DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a incidência e a dinâmica de populações de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto (SPD) em comparação ao preparo convencional (PC). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, num esquema fatorial 4x2. Os tratamentos foram: (I) – cana PC vegetação espontânea incorporada com adubação e (II) – idem I sem adubação; (III) – cana SPD sobre palhada feijão-de-porco com adubação e (IV) – idem III sem adubação; (V) – cana SPD sobre palhada de mucuna preta com adubação e (VI) – idem V sem adubação e (VII) – cana SPD sobre palhada de crotalária juncea com adubação e (VIII) – idem VII sem adubação. As espécies *Cyperus rotundus* e *Sorghum halepense* foram as que apresentaram os maiores índices de valor de importância na área experimental. O SPD de cana-de-açúcar sobre feijão-de-porco foi o que apresentou o menor índice de similaridade na comunidade de plantas daninhas em relação à cana cultivada convencionalmente. A incidência de plantas daninhas na cana PC foi 531 e 525% superior à cana SPD e, dentre outros fatores, foi o que contribuiu para a redução de 27% na produtividade, que em SPD foi, em média, de 135.863 kg ha⁻¹ de colmos.

ABSTRACT

WEED POPULATIONS INCIDENCE AND DINAMICS IN NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL SYSTEMS OF SUGARCANE CULTURE IN CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

The objective of this experiment was to evaluate the incidence and the dynamics of populations of weed in the culture of sugarcane in no-tillage system in comparison to the conventional one. The experimental design was completely random, using four replicates, in a factorial outline 4x2. The treatments were: (I) - sugarcane PC incorporated to spontaneous vegetation with manuring and (II) – the same procedure as in I without manuring; (III) - sugarcane SPD over jack bean (*Canavalia ensiformis*) with manuring and (IV) – the same procedure as in III without manuring; (V) - sugarcane SPD over velvet bean (*Mucuna aterrima*) with manuring and (VI) - the same procedure as in V without manuring and (VII) - sugarcane SPD over sunnhemp (*Crotalaria juncea*) with manuring and (VIII) - the same procedure as in VII without manuring. The species *Cyperus rotundus* and *Sorghum halepense* were the ones that presented the highest rates of value of importance in the experimental area. Sugarcane SPD over jack bean was the one which presented the lowest similarity rate in the community of weed in relation to the sugarcane cultivated conventionally. The incidence of weed in the sugarcane PC was 531 and 525% superior in to the sugarcane SPD, among other factors, it was the one which has contributed to the reduction of 27% in the yield, which was on average of 135.863 kg ha⁻¹ in SPD.

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar ocupa grandes áreas plantadas no Brasil. São seis milhões de hectares, produzindo 440 milhões de toneladas de colmos e produtividade média de 74 ton ha⁻¹, a qual pode ser considerada baixa em relação ao potencial produtivo da cultura (Conab, 2005). Vários fatores são responsáveis pela redução na produtividade da cana, destacando-se a interferência das plantas daninhas, somatória da competição imposta aos fatores limitantes do meio (água, luz

e nutrientes) com a hospedagem de pragas e doenças, a liberação de substâncias alelopáticas e as dificuldades na colheita (Pitelli, 1985).

A presença de plantas daninhas pode acarretar grandes prejuízos durante o ciclo produtivo da cana-de-açúcar. Todavia, a dinâmica populacional de plantas daninhas varia em função de diferentes aspectos: da época do ano, da fase da cultura se cana-planta ou soca, das condições edafoclimáticas (Oliveira, 2005); do manejo de solo, plantio direto ou convencional (Jakelaitis et al., 2003; Lacerda & Victoria Filho, 2004); dos tipos de cobertura do solo, sejam adubos verdes e/ou da própria palha da cana (Azania et al., 2002; Evangelista Jr. et al., 2004). Para o manejo racional de plantas daninhas, recomenda-se fazer levantamento fitossociológico, com objetivo de conhecer qualitativa e quantitativamente as espécies que ocorrem em cada condição (Deuber, 1997).

A fitossociologia possibilita o estudo comparativo das populações de plantas daninhas num determinado momento. As repetições programadas dos estudos fitossociológicos podem indicar tendências de variação da importância de uma ou mais populações e, estas variações, podem estar associadas às práticas agrícolas empregadas (Pitelli, 2000). Esta ciência possibilita o levantamento das plantas daninhas presentes, identificando as espécies presentes na área, aquelas que têm maior importância, levando-se em consideração os parâmetros de frequência, densidade e dominância. Posteriormente, podem-se tomar decisões quanto ao melhor manejo a ser adotado.

O que se sugere, com base na literatura recente, para o manejo de plantas daninhas é o método integrado e sustentável (Victoria Filho, 2003). O sistema de plantio direto se apresenta como uma ferramenta importante neste contexto, pois pode ser entendido pelo seu próprio conceito, uma vez que assume a visão integrada de um sistema, envolvendo a combinação de práticas culturais ou biológicas, tais como: o uso de produtos químicos ou práticas mecânicas no manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação de coberturas do solo, através da manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo; a combinação de espécies com exigência nutricional, produção de fitomassa e sistema radicular diferenciados, visando a constituir uma rotação de culturas; a adoção de métodos integrados de controle de plantas daninhas, através da cobertura dos solos, herbicidas e o não

revolvimento do solo, exceto no sulco de semeadura (Sá, 1998). O sistema de plantio direto apresenta maior eficiência no controle cultural das plantas daninhas que os sistemas de cultivo mínimo e preparo convencional, reduzindo o número total de indivíduos e a comunidade infestante (Pereira & Velini, 2003).

A colheita da cana-de-açúcar no sistema de plantio direto é crua, ou seja, sem queima prévia, minimizando os problemas que a colheita tradicional com queima causa ao homem e ao meio ambiente. Assim, os efeitos alelopáticos e supressivos proporcionados por espécies de adubos verdes e seus resíduos remanescentes, prática intrínseca do plantio direto, sobre plantas daninhas auxiliam o seu manejo, juntamente com os efeitos respectivos da própria palhada da cana que se acumula na superfície do solo (Severino & Christoffoleti, 2001; Azania et al, 2002; Erasmo et al., 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a incidência e a dinâmica de populações de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto em comparação ao convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Abadia, pertencente ao Grupo Queiroz Galvão, no município de Campos dos Goytacazes (situado a 21°44'47" de latitude Sul e 41°18'24" de longitude Oeste com altitude de 12 metros), Norte do Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 30 de março de 2004 a 01 julho de 2005.

Segundo o sistema Köppen, o clima é classificado, como Aw, do tipo quente úmido, com temperatura do mês mais frio superior a 18°C e a temperatura média anual em torno de 24°C, sendo a amplitude térmica anual muito pequena, com temperatura média do mês mais frio em torno de 21°C e a mais quente, em torno de 27°C. A precipitação anual média está em torno de 1023 mm, concentrando-se principalmente nos meses de outubro a janeiro (Oliveira, 1996). Os dados climatológicos referentes ao período da condução do experimento estão na Figura 1.

O experimento foi conduzido num Cambissolo Ta eutrófico argiloso, com boa drenagem, e textura argila-siltosa, em torno de 38, 52 e 10% de argila, silte e areia,

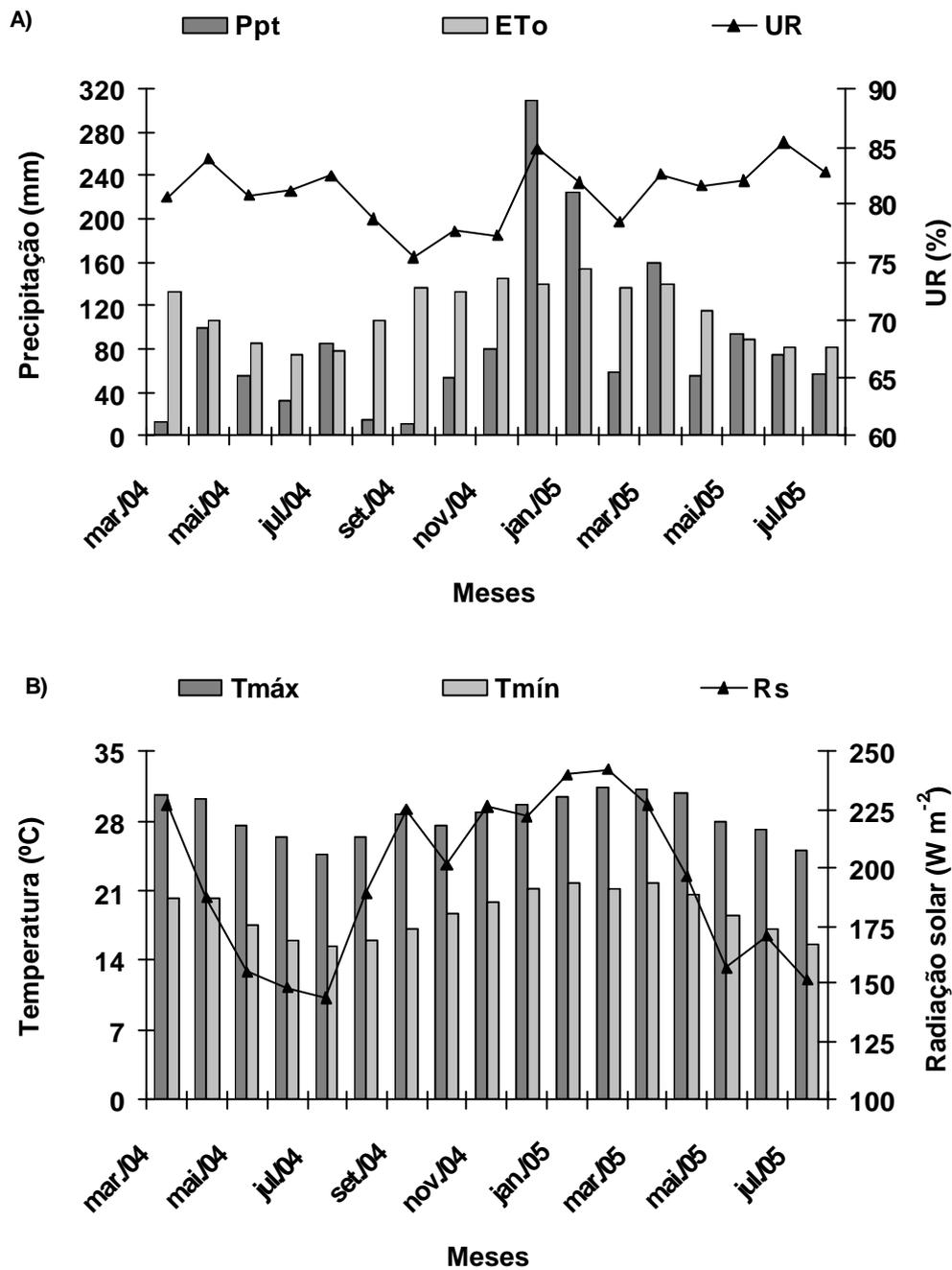


Figura 1. Dados climáticos durante o período de março de 2004 a julho de 2005. A) Precipitação total (Ppt), evapotranspiração de referência (ETo) e médias de umidade relativa (UR) e em B) médias de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) e radiação solar (Rs). Fonte: Estação climatológica da UENF/PESAGRO-RJ

respectivamente. Pelo histórico de adubação da cana cultivada nessa área por cerca de 30 anos, pelo menos nos últimos 10 anos, foi totalmente sem aplicação de adubo no plantio e em cobertura na cana-soca. A análise química do solo, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H₂O) = 5,5; S-SO₄ = 47,0 (mg dm⁻³); P = 3,5 (mg dm⁻³); K⁺ = 0,25 (cmol_c dm⁻³); Ca⁺⁺ = 4,6 (cmol_c dm⁻³); Mg⁺⁺ = 1,8 (cmol_c dm⁻³); Al⁺⁺⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); H⁺+Al = 3,8 (cmol_c dm⁻³); Na⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); C = 16,5 (g dm⁻³); M.O. = 28,5 (g dm⁻³); Fe = 69,0 (mg dm⁻³); Cu = 2,0 (mg dm⁻³); Zn = 2,3 (mg dm⁻³); Mn = 15,4 (mg dm⁻³) e B = 0,4 (mg dm⁻³). A calagem foi realizada em novembro de 2003, com quatro meses de antecedência do plantio da cana, aplicando-se calcário calcítico com PRNT de 80%, na dose de 0,76 toneladas por hectare. Foi aplicado como melhorador da fertilidade do solo o gesso agrícola, tomando-se de base 30% da recomendação de calagem, o que resultou na dose de 0,23 toneladas por hectare. Posteriormente, foram cultivados os adubos verdes crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*), objetivando a cobertura e proteção do solo, a acumulação de nutrientes e a formação de palhada para a implantação do sistema de plantio direto de cana-de-açúcar.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, num esquema fatorial 4x2. Os tratamentos foram: (I) – cana PC vegetação espontânea incorporada com adubação e (II) – idem I sem adubação; (III) – cana SPD sobre palhada de feijão-de-porco com adubação e (IV) – idem III sem adubação; (V) – cana SPD sobre palhada de mucuna preta com adubação e (VI) – idem V sem adubação e (VII) – cana SPD sobre palhada de crotalária juncea com adubação e (VIII) – idem VII sem adubação.

A parcela ou unidade experimental apresentou dimensões de 11 m de largura e 11 m de comprimento, teve 8 linhas espaçadas de 1,3 m para a cana-de-açúcar, totalizando 121 m². A área total do experimento foi de 3.872 m². Os blocos foram dispostos seguindo transversalmente o gradiente textural do terreno determinado pela análise textural do solo, com uma faixa de 2 m separando os blocos. Foi utilizada a variedade de cana de ano-e-meio SP80-1842, que apresenta boas produtividades agrícolas em planta e soca, sendo caracterizada pelo rápido crescimento vegetativo, boa brotação da soqueira, elevado teor de sacarose, não é

comum a ocorrência de isoporização e resistência a carvão e ferrugem, sendo susceptível à escaldadura e broca da cana-de-açúcar (Zacarias et al., 1999).

Nas parcelas da cana convencional, preparou-se o solo com uma aração média e duas operações de gradagem, utilizando-se um trator da marca Ford 6630 acoplado ao arado de discos e à grade niveladora. Em 30 de março de 2004, em todos os tratamentos, fez-se a sulcagem com auxílio de trator da marca Ford 6630, acoplado a um sulcador de duas linhas e, posteriormente, fez-se o plantio manual da cana com e sem adubação na base, com sulcos de 0,4 m de profundidade, para o sistema de plantio direto e convencional. Nos tratamentos com adubação foram aplicados 444 e 133 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, com expectativa de 150 ton ha⁻¹ de colmo, utilizando-se de base o Boletim 100 do IAC (Raj et al., 1996). Foi considerada emergência da cana-de-açúcar a época em que, aproximadamente, 50% dos brotos emergiram (05 de maio de 2004).

Para manejo das plantas daninhas na cana-planta em todos os tratamentos igualmente aos 15 dias após o plantio (DAP), foi realizada a aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes, diuron + hexazinona na dose de 0,264 + 0,936 kg ha⁻¹ do i.a. e metano arseniato ácido monossódico (MSMA) na dose de 1,896 kg ha⁻¹ do i.a., além do espalhante adesivo aquil fenol poliglicoléter na concentração de 2% do volume da calda, sendo de 203 L ha⁻¹ o volume de calda. Utilizou-se para aplicação, acoplado no terceiro ponto do trator marca Ford 6610, um pulverizador de barras, da marca Montana com capacidade de 600 L, equipado com filtros de linha e 24 bicos leque da marca Jacto SF 110.02, malha 50, espaçados de 50 cm, operando a 30 lbf pol⁻², 540 rpm TDF, velocidade de 4 km h⁻¹, largura da faixa 12 m. A aplicação foi realizada no período da manhã das 06:18 às 07:03 horas. A velocidade do vento era de 3,4 km hora⁻¹, a temperatura máxima de 29,1°C e mínima de 22,2°C, umidade relativa do ar de 84,4%, para evitar a deriva causada pelo vento, e perdas por evaporação devido a altas temperaturas. Não houve incidência de pragas e doenças na cultura em nível de causar danos econômicos ou experimentais. Irrigou-se somente quando necessário, utilizando o sistema de aspersão para irrigação.

Para quantificação das plantas daninhas foi utilizado, como unidade amostral, um quadro de 0,25 m² lançado aleatoriamente dentro da área de estudo

que abrangia 121 m². Foram efetuadas quatro amostras por tratamento, totalizando 32 amostras em toda a área experimental, no período de outono-inverno. As espécies presentes em cada quadro foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e levadas para o laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, onde foram identificadas por meio de literatura especializada, comparações com material de herbário e, quando necessário, foram enviadas a especialistas. Após a identificação, as plantas foram levadas para secagem em estufa à temperatura de 70°C por 72 horas para obtenção da biomassa seca.

Avaliaram-se a frequência absoluta, a frequência relativa, a densidade absoluta, a densidade relativa, a dominância absoluta, a dominância relativa e o índice de valor de importância, utilizando-se para o cálculo dessas características as seguintes fórmulas (Curtis & McIntosh, 1950; Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974):

Densidade absoluta de Indivíduos

$$Da = \frac{n}{a}$$

onde:

Da = Densidade absoluta

n = número total de indivíduos de uma espécie de planta daninha por unidade de área

a = área (m²)

Densidade Relativa

$$Dr = \frac{n/a}{N/a} \times 100$$

onde:

Dr = densidade relativa

n = número total de indivíduos de uma espécie de planta daninha por unidade de área

a = área (m²)

N = número total de indivíduos amostrados de todas as espécies do levantamento

Frequência Absoluta

$$Fa = \frac{\text{número de amostras com ocorrência da espécie}}{\text{número total de amostras}} \times 100$$

onde:

Fa = frequência absoluta

Frequência Relativa

$$Fr = \frac{Fa}{N} \times 100$$

onde:

Fr = frequência relativa

Fa = frequência absoluta

Dominância Absoluta

$$DoA = \frac{g}{a}$$

onde:

DoA = dominância absoluta

g = matéria seca da espécie (g)

a = Área (m²)

Dominância Relativa

$$DoR = \frac{g/a}{G/a} \times 100$$

onde:

DoR = dominância relativa

g = matéria seca da espécie (g)

a = Área (m²)

G = matéria seca total da comunidade infestante

Índice de Valor de Importância

$$IVI = Dr + DoR + Fr$$

onde:

IVI = índice de valor de importância

Dr = densidade relativa

DoR = dominância relativa

Fr = frequência relativa

Para avaliação da similaridade entre as populações botânicas na área experimental, cana-planta adubada x cana-planta não adubada, vegetação espontânea (VE) cana-planta PC x feijão-de-porco cana-planta SPD, VE cana-planta

PC x mucuna cana-planta SPD, VE cana-planta PC x crotalaria cana-planta SPD, foi utilizado o IS – Índice de Similaridade de Sorensen (Sorensen, 1972).

Índice de Similaridade

$$IS = (2a/b + c) \times 100$$

onde:

IS = índice de similaridade

a = número de espécies comuns às duas áreas

b e c = número total de espécies nas duas áreas comparadas

O IS varia de 0 a 100, sendo máximo quando todas as espécies são comuns às duas áreas e mínimo quando não existem espécies em comum.

Os resultados de número de plantas e matéria seca da espécie predominante, número total de plantas de folhas largas, de folhas estreitas e todas as plantas daninhas, açúcares teoricamente recuperáveis e produtividade de colmos da cana-de-açúcar foram analisados estatisticamente. Fez-se a análise de variância aplicando-se o Teste F em nível de 5% de probabilidade, e as médias dentro de cada sistema de manejo foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (Ferreira, 2000; Ribeiro Júnior, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As observações realizadas 'in loco', nos tratamentos aplicados em nível de campo no experimento, caracterizaram-se pela estreita diversidade da flora infestante. Foram identificadas quatro espécies de plantas daninhas incidindo na cultura da cana-de-açúcar aos 69 dias após a emergência (DAE), no período de outono-inverno, distribuídas em quatro gêneros e três famílias, como pode ser observado na Tabela 1. A família mais representativa de todo o levantamento, no que se refere a número de espécies, foi a Poaceae, com duas espécies, seguida das duas outras famílias presentes na área, as quais apresentaram apenas uma espécie cada. A distribuição das plantas daninhas encontradas no levantamento

fitossociológico, de acordo com a família, a espécie e o nome comum, também foi encontrada no trabalho de levantamento fitossociológico de plantas daninhas desenvolvido na mesma região em estudo por Oliveira (2005). Entretanto, o estudo de Oliveira (2005) foi mais aprofundado, pois incluiu, além de diferentes épocas do ano, também ambientes distintos, portanto, encontrando, desta forma, número consideravelmente superior de famílias e respectivas espécies.

Tabela 1 – Distribuição das plantas daninhas por família e espécie obtidas através de levantamento fitossociológico em experimento de cana-planta aos 69 DAE em sistema de plantio direto e convencional no período de outono-inverno na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Família	Espécie	Nome comum
Asteraceae	<i>Emilia sonchifolia</i>	falsa serralha
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	tiririca
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i>	capim-massambará
	<i>Brachiaria mutica</i>	capim-angola

A espécie *Cyperus rotundus*, conhecida vulgarmente por tiririca, apresenta o maior índice de valor de importância (203,21) em relação à comunidade infestante (Figura 2). Este resultado corrobora Oliveira (2005), o qual encontrou índice de valor de importância semelhante para a mesma espécie da planta daninha. A tiririca apresenta ótima adaptabilidade na região Norte Fluminense, pois é uma planta C4 de fixação de carbono, o que lhe confere altas taxas fotossintéticas em condições de altas temperaturas e alta luminosidade (Taiz & Zeiger, 2004) e, nesta região, a temperatura e a radiação solar média anual, respectivamente, é de 24°C e 199 W m². O índice de valor de importância (IVI), representado pelo somatório da densidade relativa, da frequência relativa e da dominância relativa, indica qual espécie tem maior influência dentro de uma comunidade e, nesse caso, a densidade relativa (71,28%) e a frequência relativa (68,75%) foram os que mais contribuíram para o maior IVI da tiririca. Oliveira (2005) constatou maior IVI da tiririca na cana-soca e do capim-camalote (*Rottboellia exaltata*) na cana-planta em Campos dos Goytacazes – RJ.

É importante ressaltar que os parâmetros utilizados no levantamento fitossociológico levam em consideração o número de manifestações epígeas e o peso da fitomassa seca da parte aérea, não considerando o sistema radicular. Assim, a tiririca pode ter valor de importância ainda maior dentro da comunidade infestante, uma vez que, em condições favoráveis, a *Cyperus rotundus* pode produzir até 8.700 tubérculos por metro quadrado, os quais liberam substâncias alelopáticas no solo, afetando negativamente o desenvolvimento das plantas circunvizinhas, dentre elas a cultura da cana-de-açúcar, que sofre inibição na brotação de gemas e no perfilhamento da cana, o que resulta em estandes desuniformes em áreas com alta incidência de tiririca (Durigan, 1991; Kissmann, 1997).

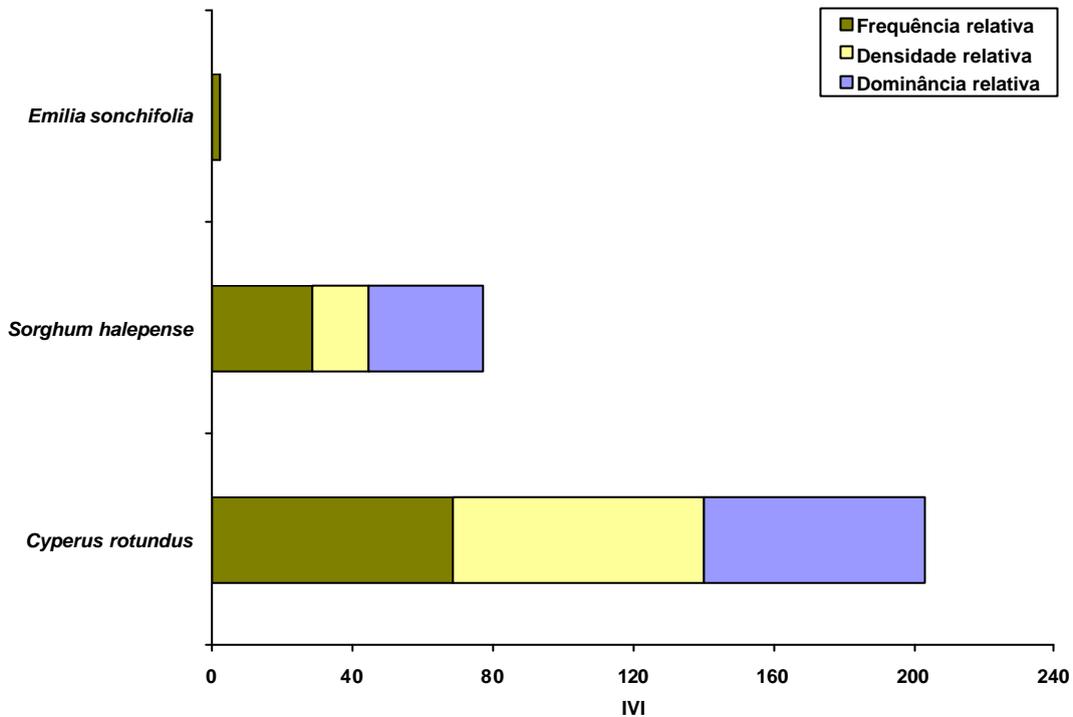


Figura 2 – Índice de Valor de Importância geral das principais espécies infestantes da área experimental com cana-planta aos 69 DAE em sistema de plantio direto e convencional no outono-inverno na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes - RJ

Outra espécie que merece destaque é o campim-massambará (*Sorghum halepense*) que também tem causado muitos prejuízos à lavoura canavieira e, neste levantamento, apresentou índice de valor de importância (77,58). Pode-se verificar que, das três espécies encontradas, duas são monocotiledôneas e uma é dicotiledônea. Tal ocorrência pode ser justificada pelo manejo adotado na cultura, em particular o uso de herbicidas que, enquanto seletivos à cana-de-açúcar (monocotiledôneas), podem ser seletivos às demais monocotiledôneas (plantas daninhas), reduzindo, assim, o controle das espécies da mesma família botânica, além de se adaptarem perfeitamente às mesmas condições edafoclimáticas.

No preparo convencional, o campim-massambará e a falsa serralha nem apresentam IVI. Avaliando os resultados obtidos de cana-planta com adubo (Figura 3A) e sem adubo (Figura 3B), verifica-se, independente do manejo da fertilidade do solo, novamente o maior índice de valor de importância da *Cyperus rotundus* (300,00) e (290,49), respectivamente. Coelho et al. (2001) sugeriram que a adubação com N possibilitou ao feijão comum competir melhor com as plantas daninhas, a ponto de diminuir sua incidência. Entretanto, não se observou o mesmo nestas condições, possivelmente por serem culturas e adubações diferentes, pois foram utilizadas apenas fontes de fósforo e potássio. Todavia, o alto IVI pode ser justificado pelo emprego do PC do solo, o qual proporciona condições favoráveis para a propagação e maior incidência de espécies de plantas daninhas na cultura canavieira (Pereira & Velini, 2003). A tiririca se reproduz quase que exclusivamente por tubérculos (Lorenzi, 2000), dessa maneira, o PC não só multiplica cortando os tubérculos, como também espalha pela área cultivada, contribuindo, efetivamente, para maior incidência desta planta daninha.

Vale ressaltar que a espécie de *C. rotundus* se apresenta com elevada densidade relativa, isto se deve ao fato de que em cana-planta, o preparo do solo para o plantio propicia maior germinação e desenvolvimento desta espécie. Comprovadamente, este fenômeno foi observado e relatado por vários pesquisadores (Ferreira et al., 2000; Freitas et al., 2001), segundo os quais o emprego do preparo convencional favorece a propagação pela divisão da seqüência de tubérculos e pela eliminação da dominância apical exercida pelo tubérculo distal.

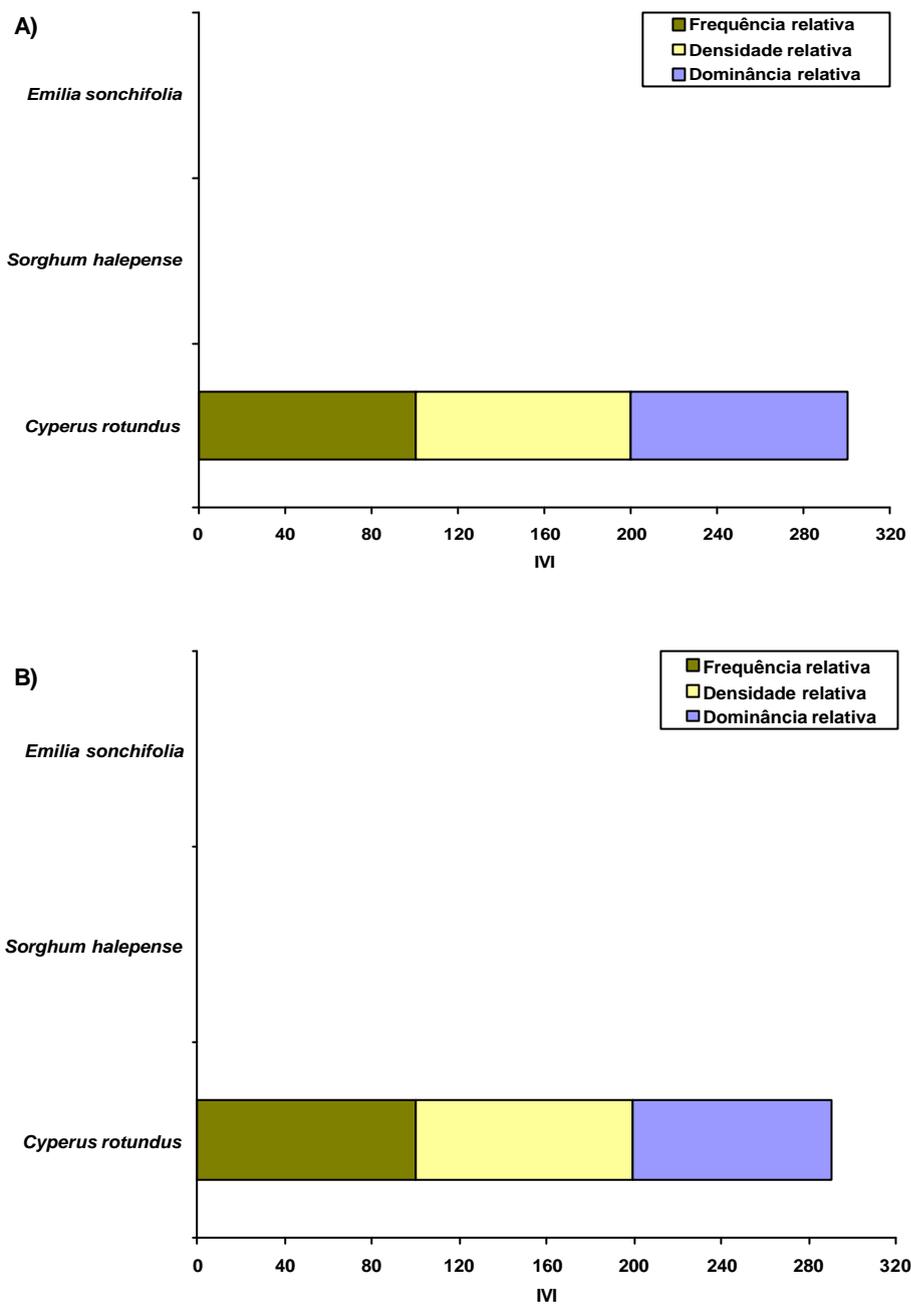


Figura 3 – Índice de Valor de Importância das principais espécies de plantas daninhas amostradas em área experimental de cana-planta em sistema de plantio convencional em Campos dos Goytacazes – RJ, A) cana PC com adubo; B) cana PC sem adubo

Levantamento fitossociológico, realizado no período de outono-inverno e primavera-verão por Oliveira (2005), indicou a *Bidens pilosa*, *Cynodon dactylon* e *Panicum maximum* como espécies de maior importância no outono-inverno, enquanto *Pennisetum atropurpureu*, *Brachiaria mutica* e *Paspalum paniculatum* são de maior importância na primavera-verão. E, ainda, que a *C. rotundus* aparece em primeiro lugar em IVI no período de primavera-verão, mas ocupou a segunda colocação em importância no outono-inverno, sendo superada nestas últimas estações pela *Rottboellia exaltata*.

Na cana cultivada em sistema de plantio direto sobre o feijão-de-porco, pode-se observar que o maior índice de valor de importância foi apresetado pelo *Sorghum halepense*, para cana com adubo (247,02) e cana sem adubo (241,04), quando comparado a *Emilia sonchifolia* (21,52), somente na cana sem adubo, e a *Cyperus rotundus* que apresentou zero IVI, conforme a Figura 4A e 4B. Estes resultados evidenciam os possíveis efeitos alelopáticos proporcionados pelo feijão-de-porco sobre as plantas daninhas (Erasmu et al., 2004), mas, principalmente, sobre a tiririca. A *Emilia sonchifolia* foi a única espécie de folha larga encontrada no levantamento, mas sua incidência foi de baixo índice de valor de importância, e sendo de fácil controle quando do manejo de plantas daninhas na cultura canavieira.

A espécie *Sorghum halepense*, conhecida vulgarmente por capim-massambará, se apresentou em primeiro lugar em termos de IVI em relação à comunidade infestante da área de cana em SPD (Figura 4A e 4B). O capim-massambará apresenta o ciclo C4 de fixação de carbono, o que lhe confere altas taxas fotossintéticas em condições de altas temperaturas e alta luminosidade (Taiz & Zeiger, 2004). Portanto, como já foi mencionado anteriormente, a região Norte Fluminense oferece todas as condições climáticas requeridas para o máximo desenvolvimento de plantas C4. Assim, o capim-massambará, neste local, pode ser considerado a espécie daninha com maior potencial para causar prejuízos à cultura da cana-planta em SPD sobre feijão-de-porco. No entanto, a tendência a médio e longo prazo com o emprego do SPD e o acúmulo de palha na superfície do solo é de reduzir a incidência de plantas daninhas quando comparada ao preparo convencional (Durigan et al., 2002; Pereira & Velini, 2003).

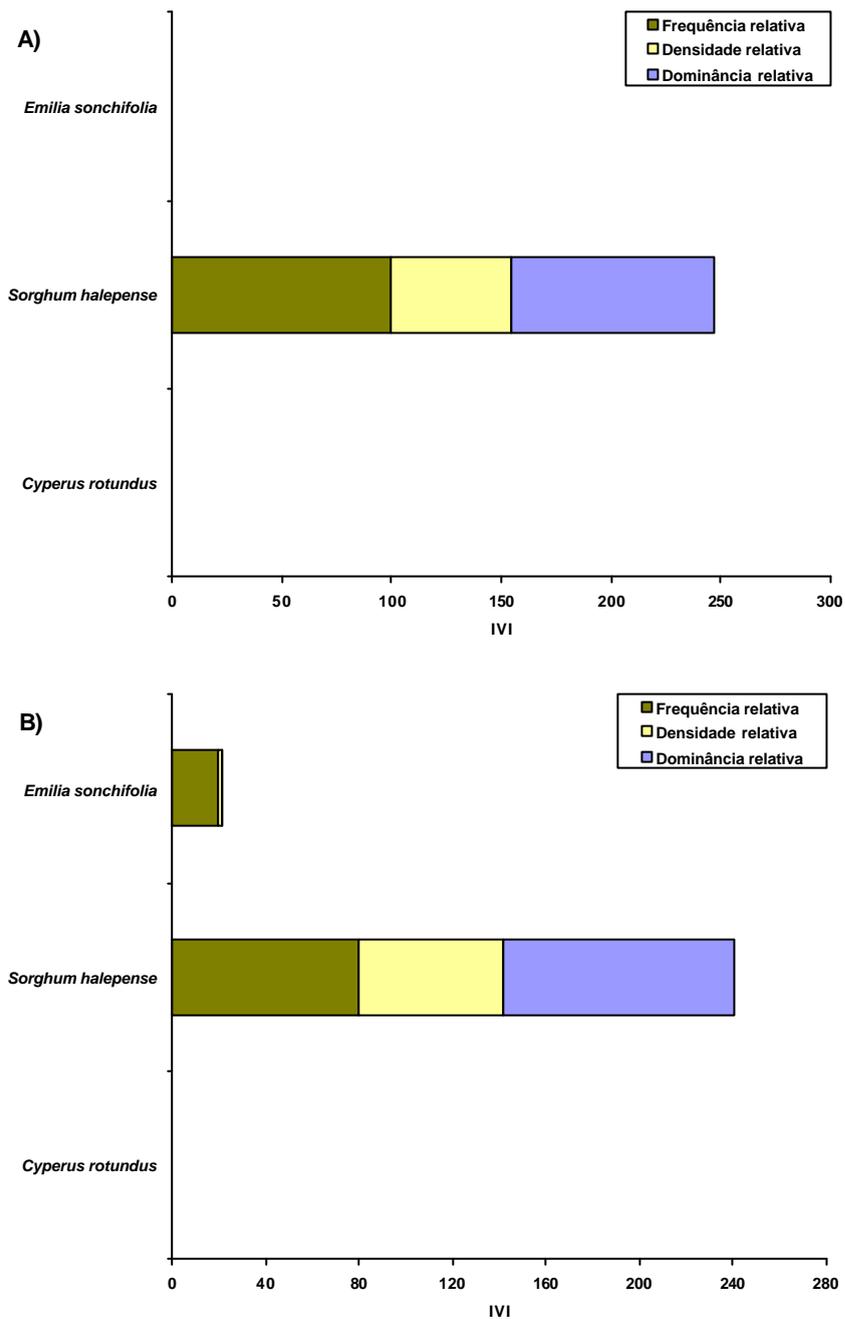


Figura 4 – Índice de Valor de Importância das principais espécies de plantas daninhas amostradas em área experimental de cana-planta em sistema de plantio direto em Campos dos Goytacazes – RJ, A) cana SPD sobre feijão-de-porco com adubo; B) cana SPD sobre feijão-de-porco sem adubo

Para a cana-de-açúcar cultivada em SPD sobre mucuna preta, conforme mostra as Figuras 5A e 5B, com e sem aplicação de adubo a *Cyperus rotundus* se destacou com os maiores índices de valor de importância 300,00, para cana adubada e 283,51 na cana não adubada. Esta espécie daninha foi encontrada e quantificada no levantamento fitossociológico vegetando, ainda que bem suprimida, sob a cobertura da mucuna. Por outro lado, pesquisas têm indicado a mucuna como destaque em efeitos supressivos sobre as plantas daninhas (Erasmu et al., 2004). O potencial da mucuna é reconhecido na literatura devido à sua agressividade como barreira física e ao seu efeito alelopático, que inibe o crescimento de plantas espontâneas, prevalecendo desde o início do ciclo até o seu final (Medeiros, 1989). Entretanto, timidamente a tiririca se apresentou mesmo em área de SPD de cana-de-açúcar sobre mucuna, possivelmente por estar no início do SPD e ainda com pouco volume de palha na superfície do solo.

O SPD de cana-de-açúcar favorece o acúmulo de palha da própria cultura, pois a cana é colhida crua. Assim, além de eficiente no sequestro de carbono atmosférico, atenuando o efeito estufa, resultados de pesquisa têm indicado efeitos da palhada da própria cana na incidência e controle de plantas daninhas na cultura até os 90 dias após o início da brotação da cana e aumentando o rendimento de colmos e de açúcar por área (Figueiredo et al., 2002), a presença de 20 ton ha⁻¹ de palha reduziu em 82, 65, 62, 70, 60 e 88% o número de plantas de *Ipomea quamoclit*, *I. purpurea*, *I. grandifolia*, *I. hederifolia*, *I. nil* e *Merremia cissoides*, respectivamente, quando comparadas à ausência de palha (Azania, et al. 2002). Dessa maneira, os resultados obtidos apresentando a presença de plantas daninhas podem ser justificados pelo fato do SPD de cana se encontrar na fase de implantação. Portanto, como não foi realizada, até este momento, nenhuma colheita da cana, não se apresentaram os comprovados efeitos da palha da cana, mas simplesmente os possíveis efeitos supressivos e alelopáticos dos adubos verdes utilizados para cobertura do solo.

Avaliando o controle químico da tiririca com e sem cobertura do solo com a palha remanescente da colheita mecânica da cana-de-açúcar, Durigan et al. (2002) constataram que a cobertura morta com palha de cana reduziu a infestação de tiririca, mas prejudicou a ação dos herbicidas Sulfentrazone (1,4 L ha⁻¹) e Imazapic

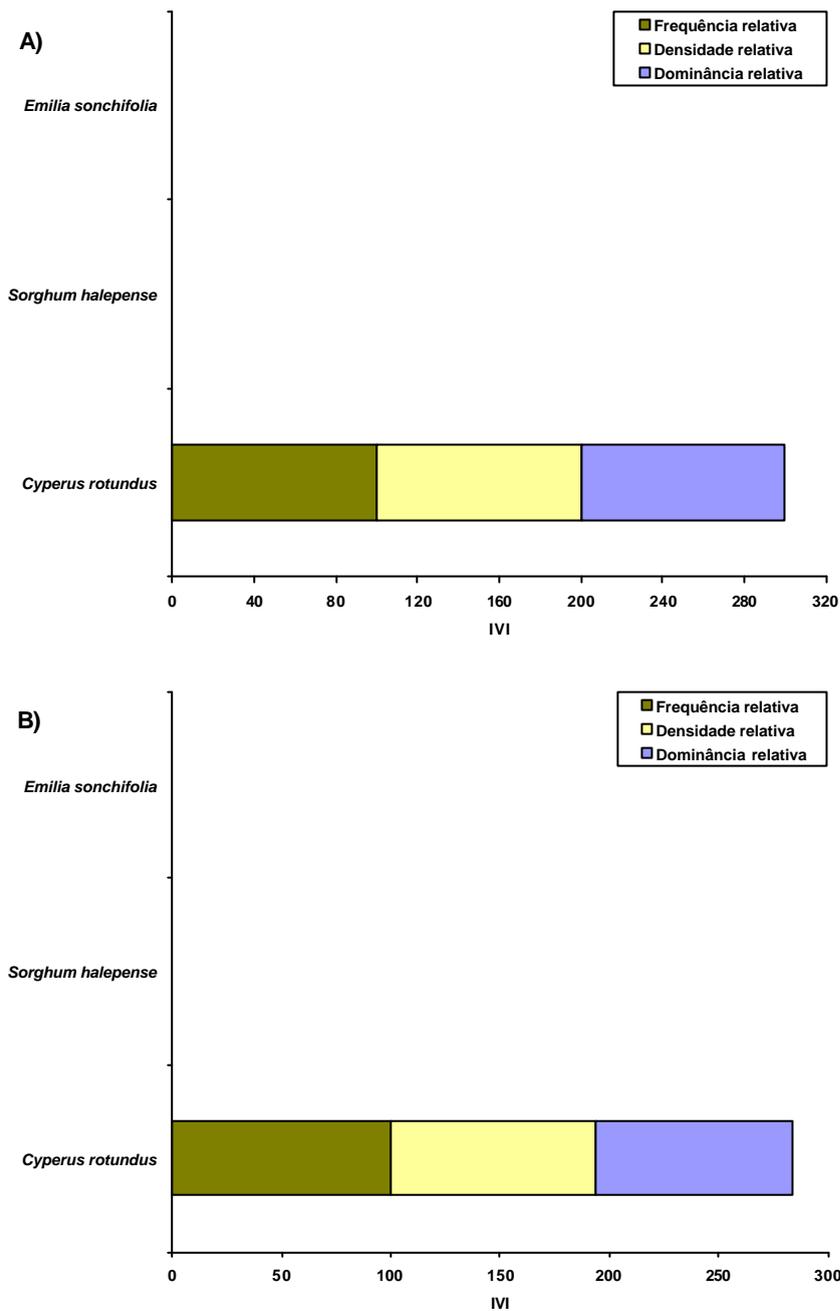


Figura 5 – Índice de Valor de Importância das principais espécies de plantas daninhas amostradas em área experimental de cana-planta em sistema de plantio direto em Campos dos Goytacazes– RJ, A) cana SPD sobre mucuna preta com adubo; B) cana SPD sobre mucuna preta sem adubo

(0,15 kg ha⁻¹), sendo que o mesmo não ocorreu para os aplicados em pós-emergência.

Assim como ocorreu no trabalho realizado por Durigan et al. (2002), pode ter ocorrido neste trabalho, ou seja, a palhada dos adubos verdes, possivelmente, exerceu o efeito guarda-chuva sobre algumas poucas plantas daninhas presentes na área experimental, dificultando o acerto do alvo (plantas daninhas), inclusive a tiririca, por ocasião da aplicação dos herbicidas.

A *Cyperus rotundus* se apresentou em primeiro lugar quanto ao índice de valor de importância 260,42 para cana adubada e 191,66 na área de cana sem adubo em SPD sobre crotalária, como pode ser visualizado nas Figuras 6A e 6B. O que mais contribuiu para que esta espécie obtivesse o maior IVI na cana SPD sobre crotalária com adubo foi a dominância relativa (94,72%) e a densidade relativa (90,70%), caracterizando o benefício promovido pela adubação, que foi explorada competitivamente com a cana pela tiririca, e evidenciado pelo elevado número de plantas por área e acúmulo de matéria seca. Já a área de cana SPD sobre crotalária sem adubo o maior IVI apresentado pela *C. rotundus* foi proporcionado, principalmente, pela densidade relativa (86,05%), seguida de frequência relativa (75,00%).

O *Sorghum halepense* também deve ser destacado, uma vez que ele ficou em segundo lugar em índice de valor de importância, que foi de 32,07, para cana com adubo e 100,49 para cana sem adubo em SPD sobre crotalária (Figura 6A e 6B). Entretanto, a frequência relativa proporcionou a maior contribuição em termos de IVI para cana com e sem adubo (25 e 25%), respectivamente, e a dominância relativa (68,51%) para cana SPD sobre crotalária sem adubo.

Na região Norte Fluminense, ocorre o predomínio de altas temperaturas e alta luminosidade (Figura 1). As plantas C4 fotossintetizam muito mais eficientemente nestas condições. As plantas C4 se adaptaram nos trópicos, especialmente às altas temperaturas e luminosidade. A tiririca e o capim massambará são plantas C4, pois possuem um mecanismo de concentração de dióxido de carbono, a enzima PEP carboxilase, que tem alta afinidade pelo CO₂, permitindo às plantas reduzirem a abertura estomática e, assim, conservarem água,

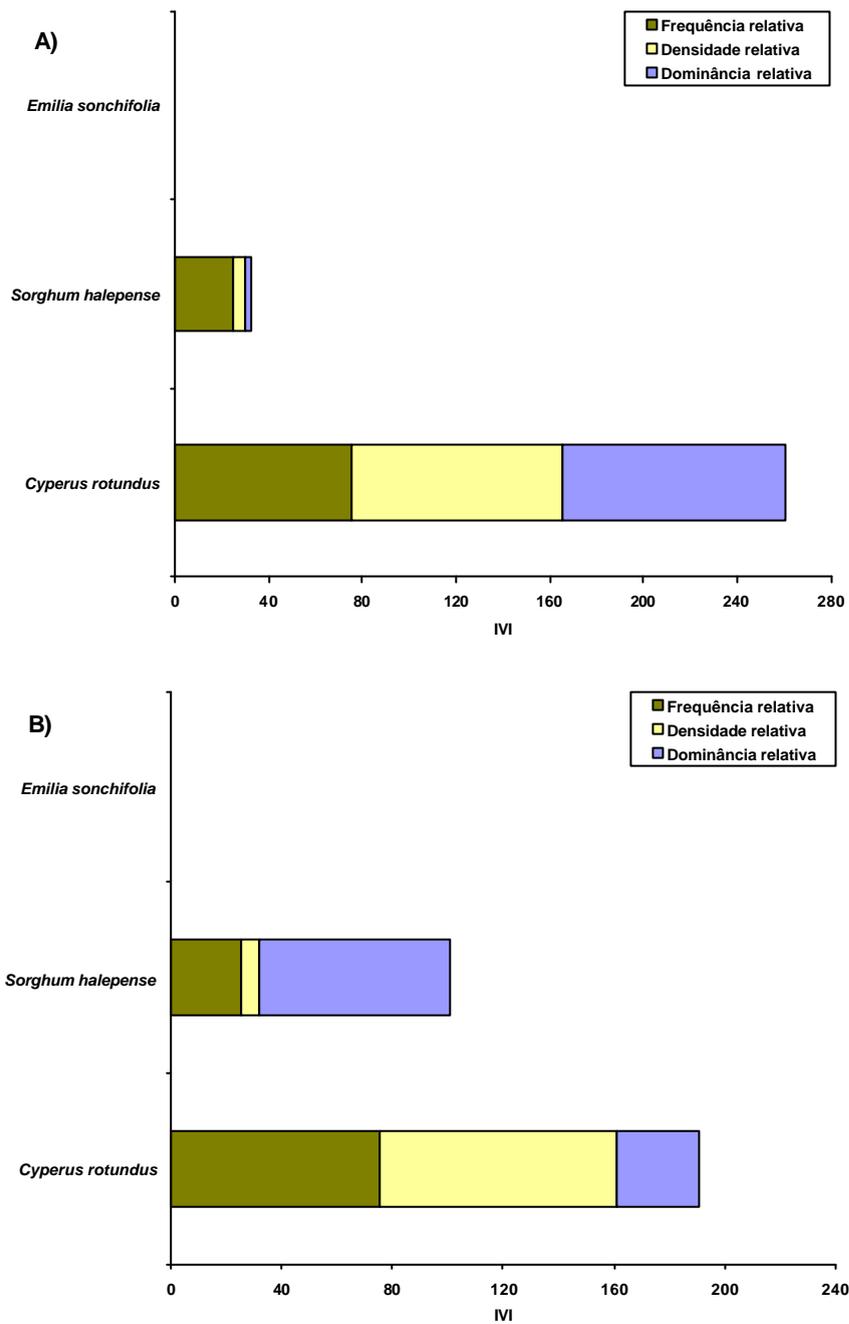


Figura 6 – Índice de Valor de Importância das principais espécies de plantas daninhas amostradas em área experimental de cana-planta em sistema de plantio direto em Campos dos Goytacazes – RJ, A) cana SPD sobre crotalária juncea com adubo; B) cana SPD sobre crotalária juncea sem adubo

enquanto fixam o CO₂ em velocidade igual ou superior às plantas C3 (Taiz & Zeiger, 2004). Dessa maneira, é importante salientar que, deste estudo, conforme pode ser verificado nas Figuras 2, 3, 4, 5 e 6, a *Cyperus rotundus* e o *Sorghum halepense* apresentam os maiores IVIs.

O índice de similaridade entre os tratamentos analisados é considerado alto, com exceção para o cultivo convencional da cana com vegetação espontânea incorporada x cana SPD sobre feijão-de-porco, que pode ser considerado baixo (Tabela 2). Esta redução do índice de similaridade nesta última comparação pode estar relacionada com os possíveis efeitos alelopáticos da palhada de feijão-de-porco sobre as plantas daninhas.

A similaridade entre as áreas em estudo pode ser explicada pelo fato do sistema de plantio direto de cana estar ainda na fase inicial de implantação, refletindo em pouco volume de palha na superfície do solo. De modo geral, inicialmente o SPD não proporcionou dissimilaridade de ocorrência de espécies em relação ao convencional. Porém, espera-se de médio a longo prazo, que ocorra baixa similaridade na comunidade de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar cultivada em SPD x PC.

Tabela 2 – Índice de Similaridade na comunidade de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar em área experimental com plantio direto e convencional na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Comparações	Índice de Similaridade (%)
cana-planta adubada x cana-planta não adubada	85,71
VE cana-planta PC x FP cana-planta PD ¹	40,00
VE cana-planta PC x MP cana-planta PD	100,00
VE cana-planta PC x CR cana-planta PD	80,00

^{1/} PD = plantio direto, PC = plantio convencional, VE = vegetação espontânea, FP = feijão-de-porco, MP = mucuna preta e CR = crotalária juncea.

A dissimilaridade entre áreas foi justificada por Oliveira (2005) pelas diferenças entre solos, manejo do solo e o empregado na condução da lavoura de cana-de-açúcar (adubação, irrigação, controle de pragas e doenças), pelas medidas

de controle das plantas daninhas (cultural, mecânico, químico), utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação que contribuem para selecionar flora diversificada. Entretanto, vale ressaltar que, por ser um ambiente experimental e por ocupar área consideravelmente pequena, isso pode restringir ainda mais a dissimilaridade entre os dois manejos de solo empregados neste trabalho com a cana-de-açúcar.

Nota-se que o menor índice de similaridade foi observado quando se compara a cana PC com VE incorporada com a cana SPD sobre feijão-de-porco (40,00%). Este resultado pode ser explicado pelos efeitos diferenciados proporcionados entre os dois métodos de manejo do solo, bem como pelo precoce efeito benéfico do feijão-de-porco no sistema de plantio direto sobre a flora infestante.

Na Tabela 3, é apresentado o resultado do número de plantas e matéria seca de tiririca, a espécie predominante diagnosticada no levantamento fitossociológico da área experimental.

Tabela 3 – Número de plantas e matéria seca de tiririca em função das espécies de plantas de cobertura em sistema de plantio direto e convencional da cana-de-açúcar com e sem adubo no plantio, em Campos dos Goytacazes – RJ

Plantas de cobertura e sistema de manejo	Número de plantas		Matéria seca	
	----- (m ²) -----		----- (kg ha ⁻¹) -----	
Crotalária juncea – cana PD	38b ¹		107b	
Feijão-de-porco – cana PD	0b		0b	
Mucuna preta – cana PD	42b		156b	
Veg. espontânea – cana convencional	224a		636a	
Médias	76		225	
CV (%)	41		53	

^{1/} Médias na coluna seguidas por letras minúsculas diferentes são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A cana-de-açúcar cultivada em SPD se apresentou com número e fitomassa seca de tiririca (planta daninha predominante) significativamente menor do que a cana PC com vegetação espontânea incorporada, porém, não diferindo entre si significativamente ($P < 0,05$) (Tabela 3). Assim, o PC proporcionou acréscimos no número e fitomassa seca de tiririca de 740 e 726% a mais em relação ao SPD.

Para o número total de folhas estreitas e de plantas daninhas, observaram-se semelhanças com relação ao verificado para espécie predominante (Tabelas 3 e 4).

Tabela 4 – Número total de plantas folhas estreitas (TFE) e total de plantas daninhas (TPD) em função das espécies de plantas de cobertura em sistema de plantio direto e convencional da cana-de-açúcar com e sem adubo no plantio, em Campos dos Goytacazes – RJ

Plantas de cobertura e sistema de manejo	Número de plantas	
	TFE	TPD
	----- (m ²) -----	
Crotalária juncea – cana PD	43b	43b
Feijão-de-porco – cana PD	21b	22b
Mucuna preta – cana PD	43b	43b
Veg. espontânea – cana convencional	225a	225a
Médias	83	83
CV (%)	39	40

^{1/} Médias na coluna seguidas por letras minúsculas diferentes são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Portanto, o número total de folhas estreitas e de plantas daninhas totais, respectivamente, foram 531 e 525% superiores no preparo convencional em comparação ao sistema de plantio direto de cana-de-açúcar. Dessa maneira, possivelmente, a incidência de plantas daninhas no PC certamente causou limitações à produtividade da cana, pois, efetivamente, no PC, a competição por luz (inicialmente), água e nutrientes foi muito maior que no SPD de cana. Isto corrobora

o trabalho de Pereira & Velini (2003), os quais verificaram que o sistema de plantio direto apresentou maior eficiência no controle cultural das plantas daninhas que os sistemas de cultivo mínimo e preparo convencional, reduzindo o número total de indivíduos da comunidade infestante.

Severino & Christoffoleti (2001) também observaram que palhada de leguminosas utilizadas de adubo verde reduziram a germinação e produção de fitomassa seca das plantas daninhas. Todavia, outros autores ainda verificaram que espécies de adubos verdes são mais hábeis em reduzir o número de plantas e outras em reduzir a produção de biomassa (Erasmio et al., 2004). Entretanto, não foi possível observar os efeitos indicados por estes últimos autores, uma vez que os resultados obtidos das espécies daninhas da flora estudada não indicaram estas variações de efeitos de crotalária, de feijão-de-porco e de mucuna.

De acordo com os resultados de ATR e produtividade de colmos de cana apresentados no Quadro 5, pode-se observar que a produtividade da cana-de-açúcar conduzida convencionalmente foi 27% menor que a cana cultivada em sistema de plantio direto.

Quadro 5. Resultado de açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) e de produtividade da cana-de-açúcar em função da utilização de adubos verdes nos sistemas plantio direto e convencional em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie de Cobertura e Sistema de Manejo	ATR	Produtividade
	-- kg ton ⁻¹ --	-- kg ha ⁻¹ --
Crotalária juncea – cana PD	126,8a ¹	131.909a
Feijão-de-porco – cana PD	130,7a	141.278a
Mucuna preta – cana PD	132,8a	134.403a
Veg. espontânea – cana convencional	130,1a	99.008b
Média	130,1	126.650
CV (%)	6	8

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Dentre outros fatores que influenciaram negativamente para a cana apresentar menor produtividade no PC, destaca-se a maior incidência de plantas daninhas, o que, possivelmente, contribuiu significativamente para esta redução da produção.

Não houve diferença significativa dos tratamentos para açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) (Quadro 5). Assim, não foram observados efeitos indiretos da incidência e da dinâmica de plantas daninhas da área experimental sobre esta característica tecnológica da cana-de-açúcar.

CONCLUSÕES

1. As espécies *Cyperus rotundus* e *Sorghum halepense* foram as que apresentaram os maiores índices de valor de importância na área experimental.
2. O SPD de cana-de-açúcar sobre feijão-de-porco foi o que apresentou o menor índice de similariedade na comunidade de plantas daninhas em relação à cana cultivada convencionalmente.
3. A tiririca (*Cyperus rotundus*) foi a planta daninha predominante e, na cana cultivada com preparo convencional do solo, se apresentou 740 e 726% superior, respectivamente, em número de plantas e fitomassa, quando comparado à área de cana em sistema de plantio direto.
4. O número total de folhas estreitas e de plantas daninhas totais foi 531 e 525% superior no preparo convencional em comparação ao sistema de plantio direto de cana-de-açúcar.
5. A maior incidência de plantas daninhas na cana com preparo convencional do solo, dentre outros fatores, culminou na redução de 27% na produtividade de colmos em comparação à cana-de-açúcar em sistema de plantio direto, que apresentou, em média, 135.863 kg ha⁻¹ de produtividade de colmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azania, A.A.P.M.; Azania, C.A.M.; Gravena, R.; Pavani, M.C.M.D. & Pitelli, R.A. (2002) Interferência na palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na

emergência de espécies de plantas daninhas na família convolvulaceae. *Revista Planta Daninha*, 20 (2): 207-212.

Coelho, F.C.; Freitas, S. de P.; Monnerat, P.H. & Dornelles, M.S. (2001) Efeitos sobre a cultura do feijão das adubações com nitrogênio e molibdênio e do manejo de plantas daninhas. *Revista Ceres*, 48 (278): 455-467.

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. (2005) *Revista Indicadores da Agropecuária*. Brasília, ano XIV, 9: 8.

Curtis, J.I; McIntosh, R.P. (1950) The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, 31: 434-455.

Deuber, R. (1997) *Ciência das plantas infestantes: Manejo*. Campinas: Editora Degaspari, v.2. 285p.

Durigan, J.C. (1991) *Manejo da tiririca (Cyperus rotundus L.) antes e durante a implantação da cultura de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Tese (Livre-Docência) – Jaboticabal – SP, Universidade Estadual de São Paulo – USP, 336p.

Durigan, J.C.; Martini, G. & Leite, G.J. (2002) Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus* L.) com e sem cobertura do solo com a palha remanescente da colheita mecânica da cana-de-açúcar. In: *Anais do Congresso Nacional da STAB*, 8, Recife: STAB, p.150-157.

Erasmu, E.A.L.; Azevedo, W.R.; Sarmiento, R.A.; Cunha, A.M. & Garcia, S.L.R. (2004) Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, 22 (3): 337-342.

Evangelista Jr., A.C.; Pavani, M.C.M.D.; Alves, P.L.C.A.; Corá, J.E.; Godoy, G.P. & Patti, G.P. (2004) Influência de diferentes coberturas mortas na comunidade infestante em área de plantio direto. *Revista Planta Daninha*, 10: 23.

- Ferreira, F.A.; Ferreira, L.R.; Silva, A.A. & Gomes, J.M. (2000) Manejo integrado de plantas daninhas em hortaliças. In: Zambolim, L. (ed.). *Manejo integrado de doenças, pragas e plantas daninhas*, Viçosa: UFV, p.365-372.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3a edição / Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió : EDUFAL, 422p.
- Figueiredo, P.A.M.; Barbosa, M.H.P.; Andrade, L.A.B.; Anjos, I.A. & Quintela, A.C.R. (2002) Controle de plantas daninhas e rendimentos de colmos e ATR da variedade SP80-1842, pelo palhiço, vinhaça e herbicidas em áreas de colheita mecanizada de cana crua. In: *Anais do Congresso Nacional da STAB*, 8, Recife: STAB, p. 201-207.
- Freitas, S. de P.; Coelho, F.C. & Pessanha, H.M. (2001) Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense. *Boletim técnico UENF*, 1 (2): 48p.
- Jakelaitis, A.; Ferreira, L.R.; Silva, A.A.; Agnes, E.L.; Miranda, G.V. & Machado, A.F.L. (2003) Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. *Revista Planta Daninha*, 21 (1): 71-79.
- Kissmann, K.G. (1997) *Plantas infestantes e nocivas*, 1.T., 2.ed., São Paulo: BASF, 824p.
- Lacerda, A.L.S. & Victoria Filho, R. (2004) Dinâmica populacional de plantas daninhas em dois sistemas de manejo do solo. *Revista Planta Daninha*, 10: 235.
- Lorenzi, H. (2000) *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 640p.

- Medeiros, A.R.M. (1989) *Determinação de potencialidades alelopáticas em agroecossistemas*. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq USP, 92p.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H.A. (1974) *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: John Wiley, 547p.
- Oliveira, A.R. de. (2005) *Levantamento fitossociológico e controle de capim-camalote (Rottboellia exaltata L.) na cultura da cana-de-açúcar*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 97p.
- Pereira, F.A.R. & Velini, E.D. (2003) Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, 21 (3): 355-363.
- Pitelli, R.A. (1985) Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, 11 (129): 16-27.
- Pitelli, R.A. (2000) Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. *Journal ConsHerb*, 1 (2): 1-7.
- Raj, B.V.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. & Furlani, A.M.C. (1996) *Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (2ªed.)* - Instituto Agronômico: Campinas, 285p.
- Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. José Ivo Ribeiro Júnior. – Viçosa : UFV, 301p.
- Sá, J.C. de M. (1998) Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, e estratégia de fertilização para produção de grãos no sistema de plantio direto. In: *Anais do Seminário sobre o sistema de plantio direto na UFV*, 1, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.19-61.

- Severino, F.J. & Christoffoleti, P.J. (2001) Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, 19 (2): 223-228.
- Sorensen, T. (1972) A method of stablishing groups of equal amplitude in plant society of species content. In: Odum, E.P. (ed.). *Ecology*. 3.ed. México: Iteramericana, 640p.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2004) *Fisiologia Vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 719p.
- Victória Filho, R. (2003) Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: Zambolim, L.; Conceição, M.Z. da & Santiago, T. (Eds.) *O que Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários*. Viçosa: Suprema. cap.8, p.317-375.
- Zacarias, C.A.B.; Veiga, C.F. de M.; Souza, D. de; Riscado, G.M.; Lima Filho, M. & Maia, P.C.B. (1999) Recomendações técnicas. In: Tecnologia canavieira nas regiões Norte Fluminense e Sul do Espíroto Santo. *Boletim Técnico UFRRJ*, 12: 14-16.

3.4. AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a fertilidade do solo, logo após a colheita da cana-planta, em sistema de plantio direto sobre palhada de leguminosas, em comparação ao convencional com vegetação espontânea incorporada ao solo, ambos os manejos sem queima prévia para colheita da cana. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, num esquema fatorial 4x2. Os tratamentos foram: (I) – cana PC vegetação espontânea incorporada com adubação e (II) – idem I sem adubação; (III) – cana SPD sobre palhada de feijão-de-porco com adubação e (IV) – idem III sem adubação; (V) – cana SPD sobre palhada de mucuna preta com adubação e (VI) – idem V sem adubação e (VII) – cana SPD sobre palhada de crotalária juncea com adubação e (VIII) – idem VII sem adubação. O sistema de plantio direto utilizando a prática inerente da adubação verde na cultura da cana-de-açúcar, após o primeiro corte, proporcionou, na camada de 0 a 5 cm de profundidade, aumento no teor de carbono e matéria orgânica 14 e 13% maior do que no preparo convencional do solo. A cana-de-açúcar obteve rendimento 37% maior de colmos quando cultivada em sistema de plantio direto do que no preparo convencional do solo.

ABSTRACT

SOIL FERTILITY EVALUATION IN THE IMPLANTATION AREA OF THE SUGARCANE CULTURE USING THE NOTILLAGE AND THE CONVENTIONAL SYSTEMS IN CAMPOS DOS GOYTACAZES– RJ

The objective of this experiment was to evaluate the fertility of the soil, right after the crop of the sugar cane in no-tillage system over legumes straw, in comparison to the conventional one with spontaneous vegetation incorporated to the soil, both handlings without the previous burning for the crop of the cane. The experimental design was completely random, using four repetitions, in a factorial outline 4x2.. The treatments were: (I) – sugar cane PC incorporated spontaneous vegetation with manuring and (II) – the same procedure as in I without manuring; (III) - cane SPD over jack bean with manuring and (IV) – the same procedure as in III without manuring; (V) - cane SPD over velvet bean with manuring and (VI) – the same procedure as in V without manuring and (VII) - cane SPD over sunnhemp with manuring and (VIII) - the same procedure as in VII without manuring. The no-tillage system using the inherent practice of the green manuring in the culture of the sugarcane, after the first cut, has provided in the layer from 0 to 5 cm of depth, increase in the content of carbon and matter organic 14 and 13% higher than in the conventional preparation of the soil. The sugarcane obtained income 37% higher of stems when cultivated in no-tillage system than in the conventional preparation of the soil.

INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural precioso e importante dentro da propriedade agrícola. A degradação dos solos inicia-se com a remoção da vegetação natural e acentua-se com os cultivos subseqüentes, não racionais, removendo matéria orgânica e nutrientes que, em muitos casos, não são repostos na mesma proporção ao longo do tempo. Em dado momento, os níveis de nutrientes podem-se tornar tão baixos que inviabilizam a produção agrícola, caracterizando um estágio avançado da degradação (Souza & Melo, 2000).

A sustentabilidade da agricultura depende, dentre outros fatores, do uso de práticas conservacionistas que minimizem a degradação dos solos e reduzam suas perdas. No caso da sustentabilidade da produção agrícola, o solo deve merecer atenção especial, pois sua degradação pelo uso inadequado pode tornar esta atividade inviável do ponto de vista econômico e ambiental (Mielniczuk, 1997).

O uso de sistemas conservacionistas, como o plantio direto, que englobam a adubação verde e a rotação de culturas, é capaz de proporcionar isto, com elevação nos teores de nitrogênio potencialmente mineralizável em mais de 80%, redução de perdas via imobilização por microorganismos do solo (Souza & Melo, 2000), elevação pronunciada dos teores de carbono orgânico, matéria orgânica, Ca, Mg, K, fósforo extraível, pH e CTC efetiva, redução de Al na camada superficial do solo (Santos et al., 1995; Ciotta et al., 2002; Falleiro et al., 2003), sendo que estes efeitos são mais pronunciados a médio e em longo prazo no plantio direto. Isto também depende das características do material adicionado à superfície, da seqüência de culturas adotada, do manejo empregado no solo, do tempo de adoção destas práticas e do tipo de manejo adotado para manejar as plantas de cobertura (Mengel, 1996; Lima, 2002).

Com a adoção do sistema de plantio direto, não há mais a queima prévia da cana-de-açúcar, uma vez que a colheita da cana no plantio direto é de cana-crua. A adição de matéria orgânica na lavoura de cana-de-açúcar por um longo prazo, pela preservação da palhada por ocasião da colheita, altera as propriedades químicas do solo e proporciona melhoria na fertilidade do solo e na qualidade da matéria orgânica do solo com aumento de substâncias húmicas alcalino-solúveis mais condensadas (Canellas et al., 2003). A colheita da cana sem queima da palha resulta em maiores teores de magnésio, carbono orgânico e da biomassa microbiana do solo (Mendonza et al., 2000). Os resíduos liberam carbono, nitrogênio e outros elementos simples durante o processo de decomposição, dos quais parte retorna à atmosfera na forma de gás (CO₂, NH₃, etc.), parte é imobilizada pelos microrganismos decompositores, parte permanece na forma prontamente disponível para as plantas e o restante é perdido por lixiviação ou direcionado à produção de substâncias húmicas (Cerri et al., 1992; Victoria et al., 1992). As práticas de manejo que visam à cobertura e proteção do solo com resíduos de plantas condicionam uma acentuada recuperação da

fertilidade e, conseqüentemente, um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas cultivadas (Sidiras & Pavan, 1985).

O sistema de plantio direto é um dos sistemas agropecuários que, depois dos agroflorestais, mais se aproxima do sistema ecológico natural, tal como a floresta ou o campo nativo, pois apresenta melhores condições de melhorar a qualidade do solo (Souza & Alves, 2003). No plantio direto, não há revolvimento do solo e se preconiza a manutenção de uma cobertura permanente (verde e/ou morta) na superfície do solo por meio da adubação verde e da manutenção dos resíduos culturais das culturas de interesse comercial, dentro de uma rotação de culturas previamente planejada. Nesse sentido, deve ser estudado e utilizado como um importante instrumento para garantir a sustentabilidade da agropecuária, pois reúne um conjunto de práticas capazes de fazer conservar a fertilidade o solo ao longo do tempo.

Pelo exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a fertilidade do solo, logo após a colheita da cana-planta em sistema de plantio direto sobre palhada de leguminosas, em comparação ao convencional com vegetação espontânea incorporada ao solo, ambos os manejos sem queima prévia para colheita da cana, em Campos do Goytacazes, RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Abadia, no município de Campos dos Goytacazes (situado a 21°44'47" de latitude Sul e 41°18'24" de longitude Oeste com altitude de 12 metros), no Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 01 de dezembro de 2003 a 01 julho de 2005.

Utilizou-se um Cambissolo Ta eutrófico argiloso, com boa drenagem, e textura argila-siltosa, em torno de 38, 52 e 10% de argila, silte e areia, respectivamente. O histórico de adubação da cana cultivada nessa área por cerca de 30 anos, pelo menos nos últimos 10 anos, foi totalmente sem aplicação de adubo no plantio e em cobertura na cana-soca, indicando solo com baixa fertilidade. A análise química do solo de toda área, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H₂O) = 5,5; S-SO₄ = 47,0 (mg dm⁻³); P = 3,5 (mg dm⁻³); K⁺ = 0,25

($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{Ca}^{++} = 4,6$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{Mg}^{++} = 1,8$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{Al}^{+++} = 0,1$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{H}^+ + \text{Al} = 3,8$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{Na}^+ = 0,1$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{C} = 16,5$ (g dm^{-3}); $\text{M.O.} = 28,5$ (g dm^{-3}); $\text{Fe} = 69,0$ (mg dm^{-3}); $\text{Cu} = 2,0$ (mg dm^{-3}); $\text{Zn} = 2,3$ (mg dm^{-3}); $\text{Mn} = 15,4$ (mg dm^{-3}) e $\text{B} = 0,4$ (mg dm^{-3}). A calagem foi realizada em novembro de 2003, com quatro meses de antecedência do plantio da cana, aplicando-se calcário calcítico com PRNT de 80%, na dose de 0,76 toneladas por hectare. Foi aplicado como melhorador da fertilidade do solo o gesso agrícola, tomando-se de base 30% da recomendação de calagem, o que resultou na dose de 0,23 toneladas por hectare. Posteriormente, foram cultivados os adubos verdes crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*), objetivando a cobertura e proteção do solo, a acumulação de nutrientes e a formação de palhada para a implantação do sistema de plantio direto de cana-de-açúcar.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, num esquema fatorial 4x2. Os tratamentos foram: (I) – cana plantio convencional vegetação espontânea incorporada com adubação e (II) – idem I sem adubação; (III) – cana em sistema de plantio direto (SPD) sobre palhada de feijão-de-porco com adubação e (IV) – idem III sem adubação; (V) – cana SPD sobre palhada de mucuna preta com adubação e (VI) – idem V sem adubação e (VII) – cana SPD sobre palhada de crotalária juncea com adubação e (VIII) – idem VII sem adubação.

A parcela ou unidade experimental de 11 m de largura e 11 m de comprimento teve 8 linhas espaçadas de 1,3 m para a cana-de-açúcar, totalizando 121 m^2 . A área total do experimento foi de 3.872 m^2 . Os blocos foram dispostos seguindo transversalmente o gradiente de argila do terreno determinado pela análise textural do solo, com uma faixa de 2 m separando os blocos. Foi utilizada a variedade de cana de ano-e-meio SP80-1842, que apresenta boas produtividades agrícolas em planta e soca.

Nas parcelas da cana convencional, preparou-se o solo com uma aração média e duas operações de gradagem, utilizando-se um trator da marca Ford 6630 acoplado ao arado de discos e à grade niveladora. Em 30 de março de 2004, fez-se a sulcagem com auxílio de trator da marca Ford 6630, acoplado a um sulcador de duas linhas e, posteriormente, fez-se o plantio manual da cana com e sem adubação na base, com sulcos de 0,4 m profundidade, para o sistema de plantio direto e

convencional. Nos tratamentos com adubação, foram aplicados 444 e 133 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, com expectativa de 150 ton ha⁻¹, utilizando-se de base o Boletim 100 do IAC (Rajj et al., 1996). Foi considerada emergência da cana-de-açúcar a época em que, aproximadamente, 50% dos brotos emergiram (05 de maio de 2004).

As amostras de solo foram coletadas em agosto de 2005, com auxílio de trado tipo Sonda. Fizeram-se as coletas na área útil (18,2 m²) de cada unidade experimental, aleatoriamente, em cinco pontos na linha e cinco na entre linha (“banco”) da cana, totalizando dez amostras simples, logo após a colheita da cana sem queima. A amostragem foi efetuada nas camadas de 0-5 e 5-20 cm de profundidade. Para cada profundidade, em cada tratamento, coletaram-se dez amostras simples, as quais compuseram uma amostra composta, a qual foi colocada em saco plástico devidamente identificado. As amostras compostas (total de 64 amostras) foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, campus Leonel Miranda, em Campos dos Goytacazes – RJ.

Analizaram-se as amostras para os seguintes atributos químicos: pH em água; matéria orgânica; Ca, Mg e Al trocáveis; P e K disponível (Mehlich-1) e H + Al (EMBRAPA, 1997). Com os resultados, calcularam-se a CTC efetiva (t) e CTC a pH 7,0 (T); além de determinar Fe, Cu, Zn e Mn (EMBRAPA, 1997).

Os resultados dos atributos químicos foram submetidos à análise estatística (Ferreira, 2000; Ribeiro Júnior, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância dos atributos químicos do solo estão apresentados nos Quadros 1, 2, 3 e 4. Como pode ser observado, as variáveis respostas do solo aos efeitos dos sistemas de plantio direto e do preparo convencional somente se apresentaram com médias significativamente diferentes na interação sistema de manejo do solo x adubação, para o pH nas duas profundidades (0-5 e 5-20 cm) e para o ferro de 5-20 cm de profundidade.

Quadro 1 – Resumo da análise de variância dos dados de pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, H+Al e sódio em um cambissolo eutrófico na camada de 0-5 cm na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

FV	GL	Quadrados Médios							
		pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na
SMS	3	0,06698*	4,03125	1174,03	1,51865	0,10917	0,01365	0,20615	0,00031
ADU	1	0,02531	9,03125	621,281	2,82031	0,01125	0,00031	0,05281	0,00019
SMSxADU	3	0,06948*	1,53125	1385,95	1,68948	0,02708	0,00531	0,25115	0,00087
Bloco	3	0,07281*	3,11458	3951,87*	1,57531	0,21917*	0,00615	0,09948	0,00015
Resíduo	21	0,01924	2,25744	473,317	0,87555	0,07357	0,00591	0,17852	0,00048
Total	31								
CV (%)		3	22	20	15	8	164	8	19

Quadro 2 – Resumo da análise de variância dos dados de carbono, matéria orgânica, CTC potencial, CTC efetiva, Fe, Cu, Zn e Mn em um cambissolo eutrófico na camada de 0-5 cm na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

FV	GL	Quadrados Médios							
		C	M.O.	CTC pot.	CTC efetiva	Fe	Cu	Zn	Mn
SMS	3	0,08213*	24,2278*	75,9028	2,47750	421,500*	0,58333*	234,567*	43,8687*
ADU	1	0,01125	3,18781	38,9403	2,64500	112,500	0,04500	22,1113	5,20031
SMSxADU	3	0,00468	1,36531	86,6478	2,21083	571,500*	0,01500	19,9821	6,79365
Bloco	3	0,00890	2,67115	66,3528	2,25583	61,5000	0,06000	18,9988	0,16115
Resíduo	21	0,00446	1,31567	65,7526	1,14107	82,0714	0,07429	13,7088	14,0440
Total	31								
CV (%)		4	4	49	11	11	13	65	20

Quadro 3 – Resumo da análise de variância dos dados de pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, H+Al e sódio em um cambissolo eutrófico na camada de 5-20 cm na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

FV	GL	Quadrados Médios							
		pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na
SMS	3	0,09417*	74,6979	293,250	0,56375	0,02875	0,00875	0,16865	0,00073
ADU	1	0,10125	205,031	0,00000	0,72000	0,10125	0,02000	0,05281	0,00020
SMSxADU	3	0,18375*	74,0313	295,917	1,37083	0,00708	0,00417	0,34115	0,00034
Bloco	3	0,05000	69,2813	254,750	1,86208	0,28042	0,00542	0,03865	0,00028
Resíduo	21	0,03024	64,3765	332,583	0,91470	0,07661	0,00923	0,25436	0,00054
Total	31								
CV (%)		3	114	34	15	9	140	10	17

Quadro 4 – Resumo da análise de variância dos dados de carbono, matéria orgânica, CTC potencial, CTC efetiva, Fe, Cu, Zn e Mn em um cambissolo eutrófico na camada de 5-20 cm na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

FV	GL	Quadrados Médios							
		C	M.O.	CTC pot.	CTC efetiva	Fe	Cu	Zn	Mn
SMS	3	0,01661	5,01758	0,87254	0,55619	82,1250	0,25125	197,056*	19,1637
ADU	1	0,00405	1,24425	0,09901	0,47045	253,125	0,03125	16,2450	5,69531
SMSxADU	3	0,01376	4,11725	0,49607	1,42409	484,125*	0,14125	15,1525	10,3512
Bloco	3	0,01677	5,02892	3,92137*	3,23583	211,125	0,17458	10,0008	4,79198
Resíduo	21	0,00787	2,35315	0,72137	1,17202	96,2679	0,10601	11,3918	13,4382
Total	31								
CV (%)		6	6	6	11	11	15	67	24

Quanto aos demais elementos químicos do solo, nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm constataram-se efeitos significativos dos sistemas de manejo do solo somente sobre carbono orgânico, matéria orgânica, cobre, zinco, manganês (profundidade de 0-5 cm) e, isoladamente, o zinco (5-20 cm) (Quadro 2 e 4).

O pH do solo, na profundidade de 0 a 5 cm, foi 5% menor na área de cana adubada em SPD sobre palhada de mucuna quando comparada à mesma área não adubada e, inversamente, o Fe foi 21% maior na área de cana adubada PD sobre mucuna quando comparada à mesma área não adubada (Quadro 5).

Quadro 5 – Níveis de pH e ferro para duas camadas em um cambissolo eutrófico obtidos após a colheita de cana-de-açúcar de ano e meio em função do sistema de plantio direto e convencional, sobre diferentes plantas de cobertura, com e sem adubação no plantio em Campos dos Goytacazes – RJ

SMS ⁽¹⁾	Adubação no plantio (ADU)			
	00-20-60	00-00-00	00-20-60	00-00-00
	Camada 0-5 cm		Camada 5-20 cm	
	----- pH em água -----			
CR/cana PD	5,15Aab ²	5,18Aa	5,33Aa	5,05Ba
FP/cana PD	5,05Ab	5,15Aab	4,90Bb	5,20Aa
MP/cana PD	4,95Bb	5,22Aab	4,95Bb	5,35Aa
VE/cana PC	5,37Aab	5,20Aa	5,30Aa	5,32Aa
CV (%)	2,69		3,36	
	----- Ferro mg dm ⁻³ -----			
CR/cana PD	76,50Ba	103,50Aa	73,50Ba	102,00Aab
FP/cana PD	84,00Aa	85,50Ab	91,50Aa	90,00Aab
MP/cana PD	79,50Aa	66,00Bc	82,50Aa	84,00Aab
VE/cana PC	84,00Aa	84,00Ab	88,50Aa	82,50Ab
CV (%)	10,93		11,30	

⁽¹⁾ SMS= sistema de manejo do solo; PD= plantio direto; PC= plantio convencional; CR= crotalaria juncea; FP= feijão-de-porco; MP= mucuna preta e VE= vegetação espontânea.

²⁾ Médias na linha, seguidas por letras maiúsculas diferentes, e na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em plantio direto, em outro trabalho realizado no Estado do Paraná, foi observada a ocorrência de acidificação na camada superficial do solo (0 - 5 cm), evidenciada pelos menores valores de pH e maior concentração e saturação por Al, em comparação ao solo em preparo convencional. As maiores concentrações de Ca,

Mg, K e de P na fase sólida e na solução, bem como os maiores teores de carbono orgânico total e solúvel, atuam na minimização do efeito negativo da acidificação do solo em plantio direto, contribuindo para a obtenção de maiores ou equivalentes rendimentos das culturas neste sistema conservacionista de manejo do solo (Ciotta et al., 2002).

Entretanto, neste trabalho não ocorreu aumento na concentração e saturação por Al, quando da comparação entre os diferentes tratamentos em estudo, evidenciando os possíveis efeitos da calagem e gessagem realizadas em novembro de 2003, como pode ser visualizado no Quadro 6.

Quadro 6 – Teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, hidrogênio mais alumínio (H+Al) e sódio para duas camadas em um cambissolo eutrófico obtidos após a colheita de cana-de-açúcar de ano e meio em função do sistema de plantio direto e convencional, sobre diferentes plantas de cobertura em Campos dos Goytacazes – RJ

SMS ⁽¹⁾	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Alumínio	H+Al	Sódio
	Camada 0-5 cm						
	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----			
CR/cana PD	7,50a ²	123,75a	6,68a	3,28a	0,03a	5,16a	0,12a
FP/cana PD	7,13a	117,13a	6,59a	3,28a	0,00a	5,03a	0,11a
MP/cana PD	6,00a	105,50a	6,39a	3,26a	0,08a	5,35a	0,11a
VE/cana PC	6,25a	96,50a	5,71a	3,04a	0,09a	5,00a	0,11a
CV (%)	22	20	15	8	164	8	19
	Camada 5-20 cm						
CR/cana PD	6,50a	49,00a	6,61a	3,04a	0,05a	5,16a	0,13a
FP/cana PD	11,50a	55,63a	6,08a	3,06a	0,08a	5,25a	0,13a
MP/cana PD	5,00a	47,13a	6,41a	3,18a	0,11a	5,45a	0,13a
VE/cana PC	5,13a	60,25a	6,08a	3,10a	0,04a	5,13a	0,15a
CV (%)	114	34	15	9	140	10	17

⁽¹⁾ SMS= sistema de manejo do solo; PD= plantio direto; PC= plantio convencional; CR= crotalária juncea; FP= feijão-de-porco; MP= mucuna preta e VE= vegetação espontânea.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Na verdade, os resultados indicaram que o sistema de plantio direto estudado não proporciona aumentos significativos, em curto prazo (18 meses), de concentrações de P, K, Ca, Mg e Mn no solo (Quadros 6 e 7). Já o sistema de plantio direto tem aumentado os teores destes elementos no solo em médio e longo prazo (Ciotta et al., 2002). Por outro lado, eventualmente, poderá ocorrer efeitos benéficos do plantio direto em termos de fertilidade do solo em curto prazo, como foi observado por Sidiras & Pavan (1985).

Quadro 7 – Carbono, matéria orgânica (M.O.), CTC potencial, CTC efetiva, manganês, zinco e cobre para duas camadas em um cambissolo eutrófico obtidos após a colheita de cana-de-açúcar de ano e meio em função do sistema de plantio direto e convencional, sobre diferentes plantas de cobertura em Campos dos Goytacazes – RJ

SMS ⁽¹⁾	Carbono	M.O.	CTC potencial	CTC efetiva	Manganês	Zinco	Cobre
	Camada 0-5 cm						
	--- % ---	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----	-----	----- mg dm ⁻³ -----		
CR/cana PD	1,60b ²	27,50b	15,56a	10,43a	21,25a	3,21b	2,58a
FP/cana PD	1,75a	30,16a	21,04a	10,28a	19,43a	2,90b	2,03b
MP/cana PD	1,70a	29,26a	15,39a	10,11a	16,74a	2,85b	2,00b
VE/cana PC	1,52b	26,29b	14,10a	9,19a	16,28a	13,81a	2,10b
CV (%)	4	4	49	11	20	65	13
Camada 5-20 cm							
CR/cana PD	1,45a	25,04a	15,07a	9,96a	16,45a	2,68b	2,45a
FP/cana PD	1,56a	26,85a	14,66a	9,48a	16,21a	2,81b	2,18a
MP/cana PD	1,47a	25,39a	15,29a	9,95a	13,09a	2,30b	2,18a
VE/cana PC	1,48a	25,51a	14,60a	9,51a	14,81a	12,51a	2,03a
CV (%)	6	6	6	11	24	67	15

⁽¹⁾ SMS= sistema de manejo do solo; PD= plantio direto; PC= plantio convencional; CR= crotalaria juncea; FP= feijão-de-porco; MP= mucuna preta e VE= vegetação espontânea.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao carbono orgânico e matéria orgânica, pode-se observar, precocemente, os benefícios proporcionados pelo emprego do plantio direto. Isto é, houve um aumento, respectivamente, de 14 e 13% nos teores de carbono e matéria orgânica do solo sob sistema de plantio direto em comparação ao preparo convencional (Quadro 7). Resultados obtidos por outros autores indicam que pode ocorrer tanto aumento dos teores como a melhoria da qualidade da matéria orgânica presente num solo sob plantio direto, como foi constatado por Canellas et al. (2003), os quais, ao estudarem a cana-de-açúcar sendo cultivada apenas sem o emprego da queimada, concluíram que a adição de matéria orgânica na lavoura da cana por um longo prazo, pela preservação da palhada por ocasião da colheita, altera as propriedades químicas do solo e proporciona melhoria da fertilidade do solo e na qualidade da matéria orgânica do solo com aumento do conteúdo de substâncias húmicas alcalino-solúveis mais condensadas.

Assim, este trabalho tem mostrado os efeitos benéficos do sistema de plantio direto, quando da implantação deste tipo de manejo, principalmente nas camadas superficiais de 0 a 5 cm. Semelhantemente, um trabalho realizado no Rio Grande do Sul evidenciou que culturas sob sistema de plantio direto há seis anos promoveram acúmulos significativos de carbono orgânico, apenas na camada mais superficial do solo (0 – 2,5 cm) (Gonçalves & Ceretta, 1999). O aumento dos teores de carbono nas camadas superficiais é característico de sistema de plantio direto, devido à ausência de perturbação do preparo do solo, adição superficial dos resíduos e maior concentração radicular nos primeiros centímetros de profundidade do solo, característica que aumenta conforme o tempo de utilização desta prática de manejo conservacionista e do aporte de massa seca dos adubos verdes e das culturas de interesse diretamente comercial.

A característica tecnológica da cana como açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) não foram alterados pelo tipo de manejo empregado (Quadro 8). Assim, o ATR da cana cultivada em sistema de plantio direto foi semelhante em relação ao preparo convencional. Porém, a produtividade de colmos da cana em sistema de plantio direto foi 37% superior à obtida em preparo convencional do solo. Possivelmente, este pequeno aumento da matéria orgânica no solo proporcionou

repercussões positivas em alguns aspectos da cana, talvez nutricionais, de tal maneira que aumentou a produtividade da cultura.

Quadro 8 – Resultado de açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) e de produtividade da cana-de-açúcar em função da utilização de adubos verdes nos sistemas plantio direto e convencional em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie de Cobertura e Sistema de Manejo	ATR	Produtividade
	-- kg ton ⁻¹ --	-- kg ha ⁻¹ --
Crotalaria juncea – cana PD	126,8a ¹	131.909a
Feijão-de-porco – cana PD	130,7a	141.278a
Mucuna preta – cana PD	132,8a	134.403a
Veg. espontânea – cana convencional	130,1a	99.008b
Média	130,1	126.650
CV (%)	6	8

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os sistemas de produção baseados em intenso preparo do solo e com baixo aporte de resíduos (solo descoberto) apresentam redução no estoque de carbono orgânico total. Em contrapartida, sistemas que utilizam práticas conservacionistas, minimizando o revolvimento do solo e maximizando o aporte de resíduos, apresentam-se como importante estratégia de conservação e ou recuperação de áreas degradadas.

CONCLUSÕES

1. O sistema de plantio direto utilizando a prática inerente da adubação verde com feijão-de-porco e mucuna preta na cultura da cana-de-açúcar, após o primeiro corte, proporcionou, na camada de 0 a 5 cm de profundidade, aumento no teor de carbono e matéria orgânica 14 e 13% maior do que no preparo convencional do solo.

2. A cana-de-açúcar obteve produtividade 37% maior de colmos quando cultivada em sistema de plantio direto do que no preparo convencional do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Canellas, L.P.; Velloso, A.C.X.; Marciano, C.R.; Ramalho, J.F.G.P.; Rumjanek, V.M.; Resende, C.E. & Santos, G.A. (2003) Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 935-944.
- Cerri, C.C.; Andreaux, F. & Eduardo, B.P. (1992) O ciclo do carbono no solo. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M. & Neves, M.C.P. (eds.) *Microbiologia do solo*. Campinas: R.Vieira, p.73-90.
- Ciotta, M.N.; Bayer, C.; Ernani, P.R.; Fontoura, S.M.V.; Albuquerque, J.A. & Wobeto, C. (2002) Acidificação de um latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 1055-1064.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1997) *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, CNPS-Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 212p.
- Falleiro, R.M.; Souza, C.M.; Silva, C.S.W.; Sediyaama, C.S.; Silva, A.A. & Fagundes, J.L. (2003) Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 1097-1104.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3a edição / Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió : EDUFAL, 422p.
- Gonçalves, C.N. & Ceretta, C.A. (1999) Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 307-313.

- Lima, E.A. de. (2002) *Espécies para cobertura de solo e seus efeitos sobre a vegetação espontânea e rendimentos da soja em plantio direto, em Campos dos Goytacazes, RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 62p.
- Mendonza, H.N.S.; Anjos, L.H.C.; Silva, L.A.; Ceddia, M.B. & Antunes, M.V.M. (2000) Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 201-207.
- Mengel, K. (1996) Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. *Plant Soil*, 181: 83-93.
- Mielniczuk, J. (1997) A sustentabilidade agrícola e o plantio direto. In: Peixoto, R.T. dos G., Ahrens, D.C. & Samaha, M.J. (eds.) *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa: IAPAR, PRP/PG, p.9-14.
- Rajj, B.V.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. & Furlani, A.M.C. (1996) *Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (2ªed.)* - Instituto Agrônomo: Campinas, 285p.
- Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. José Ivo Ribeiro Júnior. – Viçosa : UFV, 301p.
- Santos, H.P. dos, Tomm, G.O. & Lhamby, J.C.B. (1995) Plantio direto versus convencional: Efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19: 449-454.
- Sidiras, N. & Pavan, M.A. (1985) Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 9: 249-254.

Souza, Z.M. & Alves, M.C. (2003) Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 133-139.

Souza, W.J.O. & Melo, W.J. (2000) Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistema de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 885-896.

Victoria, R.L.; Piccolo, M.C. & Vargas, A.A.T. (1992) O ciclo do nitrogênio. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M. & Neves, M.C.P. (eds.) *Microbiologia do solo*. Campinas: R.Vieira, p.105-119.

3.5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, comparar os resultados econômicos da produção da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto versus o convencional em Campos dos Goytacazes – RJ. Conclui-se que tanto a cana-de-açúcar cultivada em sistema de plantio direto como convencionalmente apresenta viabilidade econômica satisfatória. Entretanto, a receita líquida da cana-planta em sistema de plantio direto com emprego da adubação verde foi 116% superior ao resultado da cana produzida com o preparo convencional do solo. A cana-planta conduzida convencionalmente apresentou 68 toneladas de colmo de ponto de equilíbrio, enquanto, em sistema de plantio direto, foi de 69 toneladas, para que as receitas totais igualem-se aos custos totais. A taxa interna de retorno anual da cana cultivada em sistema de plantio direto foi de 25,8%, enquanto no cultivo convencional ficou em torno de 15,2%. Semelhantemente, a relação custo/benefício foi 1,96 no plantio direto versus 1,45 no convencional. O custo por tonelada de colmo produzida foi 26% inferior no plantio direto em relação ao convencional. Assim, pode-se inferir que a cana-de-açúcar em sistema de plantio direto com emprego da adubação verde apresentou melhores resultados econômicos do que cultivada com o preparo convencional do solo.

ABSTRACT

ECONOMICAL EVALUATION OF SUGARCANE CULTURE IN THE NO-TILLAGE SYSTEM IN COMPARISON TO THE CONVENTIONAL ONE IN CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

It was aimed in this experiment the comparison of the economical results of the production of the sugarcane in no-tillage system against the conventional one in Campos dos Goytacazes – RJ. It can be concluded that not only the sugarcane cultivated in no-tillage system but also the conventionally ones present a satisfactory economical viability. However, the liquid income of the cane-plant in no-tillage with the use of the green manuring was 116% superior to the result of the cane produced with the conventional preparation of the soil. The cane-plant driven conventionally has presented 68 ton of stem of balance point, while in no-tillage it was of 69 ton, so that the total incomes get equivalent to the total costs. The anual internal rate of return of the cane-plant cultivated in no-tillage system was of 25,8%, while in the conventional cultivation it was around 15,2%. Similarly, the cost/benefit relation was 1,96 in the no-tillage against 1,45 in the conventional one. The cost of the ton of stem produced was 26% inferior in the no-tillage in relation to the conventional one. So, it can be inferred that the sugarcane in no-tillage system with the use of the green manuring has presented better economical results than the ones cultivated with the conventional preparation of the soil.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, produzindo cerca de 420 milhões de toneladas, o equivalente a 33% da produção mundial, numa área cultivada de 5,7 milhões de hectares (FAO, 2006).

O IBGE (2006), em acompanhamento da safra 2006, faz a previsão de que o Brasil alcançará 445 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, aumentando em, aproximadamente, 6% a produção. O aumento da demanda do álcool com a criação dos carros bicombustíveis e a elevação dos preços do açúcar no mercado externo,

que atingiu o maior valor dos últimos 25 anos, vêm criando grandes expectativas para o setor sucroalcooleiro. Neste ano, a área a ser colhida aumentou, aproximadamente, 5%, ou seja, um acréscimo em torno de 285 mil hectares.

O Sudeste é a Região mais importante na produção de cana-de-açúcar, participando com 70% da produção nacional, onde se espera um acréscimo de 3% em relação à safra anterior. São Paulo é o maior produtor nacional, sendo responsável por 62% da produção. O Estado aumentou a sua área colhida em, aproximadamente, 4%, porém espera-se um pequeno decréscimo no rendimento da cultura, passando de 82 ton ha⁻¹ na safra passada para 81 ton ha⁻¹ este ano, o que pode ser visto com a evolução da colheita, que está no início e deve se expandir até dezembro (IBGE, 2006).

A área cultivada com cana-de-açúcar em 2006/07 no Estado do Rio de Janeiro é de 165 mil hectares. Estima-se uma produção de 7,4 milhões de toneladas e uma produtividade média em torno de 45 ton ha⁻¹, sendo que, neste ano, diferentemente do contexto nacional, a área cultivada no Estado diminuiu, aproximadamente, 3%, o que representa cerca de 5 mil hectares. A participação do Estado na produção brasileira de açúcar é 1,62% e de álcool, 1,65%. Estes percentuais são inferiores ao de participação da área colhida com cana-de-açúcar em relação ao Brasil, que foi de 2,90% (Conab, 2006). Tal situação se deve às baixas produtividades agrícola e industrial obtidas no Estado.

O manejo inadequado do solo tem sido um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade da cana-de-açúcar. O preparo convencional que promove o revolvimento e desestruturação do solo (aração e gradagens) promove problemas sérios como a erosão e arraste de partículas, perdas de solo, água e de nutrientes, diminuindo a fertilidade do solo (Seganfredo et al., 1997). Por outro lado, a manutenção de palhada sobre o solo é uma prática agrícola antiga e que, no plantio direto, é recomendada para conservar a umidade do solo, controlar plantas daninhas, reciclar nutrientes, aumentar o teor de matéria orgânica, aumentar a vida microbiana benéfica para o solo, melhorar as propriedades químicas e físicas e impedir a incidência direta dos raios solares diminuindo a evaporação e perda de água (Seganfredo et al., 1997; Bianchini et al., 2001). Além disso, o sistema de plantio direto diminui o número de operações mecanizadas para a renovação do canavial, e

tem aumentado a produtividade e reduzido em, aproximadamente, 47% o custo do preparo do solo para a cana-de-açúcar por hectare em relação ao convencional (Dalben et al., 1983; Cruz, 2003).

Há muita carência de trabalhos científicos analisando economicamente a cultura da cana-de-açúcar e seus resultados em sistema de plantio direto em comparação à cana cultivada convencionalmente.

Diante do exposto, objetivou-se, neste trabalho, determinar alguns indicadores de resultados econômicos da produção da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparativamente ao convencional em Campos dos Goytacazes – RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas cultivadas com a cana-de-açúcar em plantio direto e convencional foram conduzidas na Fazenda Abadia, no município de Campos dos Goytacazes (situado a 21°44'47" de latitude Sul e 41°18'24" de longitude Oeste com altitude de 12 metros), no Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 01 de dezembro de 2003 a 01 julho de 2005.

A classe de solo predominante da área era o Cambissolo Ta eutrófico argiloso, com boa drenagem e textura argila-siltosa em torno de 38, 52 e 10% de argila, silte e areia, respectivamente. O histórico de adubação da cana cultivada nessa área por cerca de 30 anos, pelo menos nos últimos 10 anos, foi totalmente sem aplicação de adubo no plantio e em cobertura na cana-soca, indicando solo com baixa fertilidade. A análise química do solo de toda área, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H₂O) = 5,5; S-SO₄ = 47,0 (mg dm⁻³); P = 3,5 (mg dm⁻³); K⁺ = 0,25 (cmol_c dm⁻³); Ca⁺⁺ = 4,6 (cmol_c dm⁻³); Mg⁺⁺ = 1,8 (cmol_c dm⁻³); Al⁺⁺⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); H⁺+Al = 3,8 (cmol_c dm⁻³); Na⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); C = 16,5 (g dm⁻³); M.O. = 28,5 (g dm⁻³); Fe = 69,0 (mg dm⁻³); Cu = 2,0 (mg dm⁻³); Zn = 2,3 (mg dm⁻³); Mn = 15,4 (mg dm⁻³) e B = 0,4 (mg dm⁻³). A calagem foi realizada em novembro de 2003, com quatro meses de antecedência do plantio da cana, aplicando-se calcário calcítico com PRNT de 80%, na dose de 0,76 toneladas por hectare. Foi aplicado como melhorador da fertilidade do solo o gesso agrícola,

tomando-se de base 30% da recomendação de calagem, o que resultou na dose de 0,23 toneladas por hectare. Posteriormente, foram cultivados os adubos verdes crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*), objetivando a cobertura e proteção do solo, a acumulação de nutrientes e a formação de palhada para a implantação do sistema de plantio direto de cana-de-açúcar.

Custo de produção

O cálculo do custo de produção considerou todas as informações de combinações de insumos, de serviços e de máquinas e implementos utilizados ao longo do processo produtivo. Para um dado padrão tecnológico, a quantidade de cada item em particular, por unidade de área, resulta num determinado nível de produtividade. Esses coeficientes técnicos de produção nada mais são do que as quantidades de insumos consumidas por hectare da cultura, podendo ser expressas em tonelada, quilograma ou litro (corretivos, fertilizantes, mudas e defensivos), em horas (de trabalho de máquinas e equipamentos) e em dia de trabalho.

O longo período para que estas etapas fossem realizadas fez com que os gastos com insumos e com serviços fossem incorporados à lavoura em diferentes momentos, ao longo do processo produtivo. Como não se devem mensurar valores monetários em tempos distintos, foi realizada a devida adequação. Assim, contabilizando os cálculos a partir de preços praticados na época oportuna de utilização e determinado o custo efetivamente incorrido pelo produtor.

Os procedimentos metodológicos para cálculo do custo seguem duas vertentes analíticas: o custo total de produção e o custo operacional de produção. No contexto da avaliação econômica da empresa, o custo de produção representa a compensação que os donos dos fatores de produção devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores à empresa. Nos próximos itens, faz-se breve discussão a respeito das metodologias para cálculo do custo de produção, tendo por base Gomes et al. (1989) e Antunes & Ries (2001) e após uma descrição resumida de algumas medidas de resultado econômico.

Estrutura de custo total de produção

O custo total de produção subdivide-se em custos fixos e variáveis. Os custos variáveis são dependentes da quantidade produzida, podendo ser evitados no curto prazo com a paralisação da produção. São denominados custos fixos os itens de custo que não se alteram no curto prazo e independem do nível de produção. No longo prazo, entretanto, esses custos não existem, uma vez que todos os insumos podem ter seu uso alterado. O custo total é obtido pela soma do custo fixo total e custo variável total. No curto prazo, ele irá aumentar somente com o aumento do custo variável total, uma vez que o custo fixo total é um valor constante.

Os custos fixos representam grande parcela dos custos totais das atividades agropecuárias, tendo, por isso, importância significativa na determinação dos resultados econômicos da atividade. Os principais itens que compõem o custo fixo total são: a depreciação, os gastos com mão-de-obra permanente, o custo de oportunidade, os seguros, os impostos e os juros. Desses itens, admite-se que a depreciação e o custo de oportunidade do capital estável e da terra careçam de maiores explicações, uma vez que os demais são de compreensão imediata.

A depreciação corresponde a um custo indireto requerido para acumular fundos para substituição do capital investido em bens produtivos de longa duração, inutilizados pela idade, uso e obsolescência. Pode-se dizer que ela: i) representa a perda em valor do capital pelo desgaste físico ocorrido durante o processo produtivo; ii) é um procedimento contábil para distribuir o valor inicial do capital durante sua vida útil produtiva. Neste caso da produção agrícola da cana-de-açúcar, especificamente, todo o capital imobilizado em benfeitorias, equipamentos de irrigação, máquinas e implementos foram depreciados. Há várias formas de se calcular a depreciação, podendo ela ser obtida através de métodos como o linear, o do saldo decrescente, o da soma dos números naturais e o método do fundo de formação de capital (NORONHA, 1987). Dentre esses métodos, escolheu-se o mais simples, e mais freqüentemente empregado, que é o da depreciação linear, calculado por meio da expressão:

$$D_t = \frac{V_i - V_f}{N} \text{ em que:}$$

D_t = é a depreciação em qualquer ano t ,

V_i = o valor do capital inicial

V_f = o valor residual

N = o número de anos de vida útil do ativo

Todo o capital investido na empresa, seja ele próprio ou tomado em empréstimo, tem um custo de oportunidade, uma vez que seu uso na empresa implica deixar de empregá-lo noutra atividade alternativa. Por definição, o retorno potencial desse capital, na melhor alternativa possível de utilização, forneceria uma medida desse custo de oportunidade. Como essa estimativa nem sempre é fácil, é comum estimar o custo de oportunidade a partir do retorno que o capital teria se, em vez de aplicado na empresa, fosse investido no mercado financeiro como, por exemplo, na caderneta de poupança.

O custo de oportunidade do capital estável e o custo de oportunidade da terra são itens componentes do custo fixo. O capital estável consiste de todos os recursos produtivos que podem ser utilizados por vários ciclos de produção. Seu custo de oportunidade é obtido pela seguinte fórmula:

$$C_{op} = \frac{V_i + V_f}{2} \times i \text{ em que:}$$

C_{op} = representa o custo de oportunidade

V_i = o valor do capital inicial

V_f = o valor residual

i = a taxa anual real de juros

Ainda que seja de posse do empresário, a terra apresenta um custo de oportunidade, uma vez que poderia estar sendo empregada em outra atividade ou mesmo arrendada a outro produtor¹. O custo de oportunidade da terra pode ser estimado com base no seu valor de venda, no valor de arrendamento e no ganho associado ao melhor uso alternativo.

No caso da estimação baseada no valor de venda da terra, parte-se do pressuposto de que o capital empatado no recurso terra poderia ser investido no mercado financeiro, rendendo juros. Esses juros, que representariam o custo de oportunidade da terra, são calculados pela expressão:

¹ Admitindo-se que a terra seja utilizada adequadamente, obedecendo aos princípios de conservação, sua capacidade produtiva deve manter-se inalterada no tempo, razão pela qual ela não deve ser alvo de depreciação.

$$C_{op} = V \times i \text{ em que:}$$

C_{op} = representa o custo de oportunidade da terra

V = o valor de venda no mercado local

i = taxa real anual de juros

O raciocínio embutido na estimação feita a partir do valor de arrendamento é que a terra que está sendo empregada na atividade poderia estar sendo arrendada para terceiros. Portanto, a renda que se deixa de obter por não arrendá-la equivaleria a seu custo de oportunidade.

A idéia de estimar o custo de oportunidade da terra a partir do ganho associado ao melhor uso alternativo parte da própria noção de custo de oportunidade. Por definição, o custo de oportunidade de um recurso seria representado pelo retorno advindo de sua aplicação no melhor uso alternativo. Por esse método, seria necessário estimar a rentabilidade para as demais explorações, o que, sendo complexo, contribui para que os outros dois métodos sejam mais comumente utilizados.

Os custos variáveis são compostos pelas despesas com a aquisição e aplicação do capital circulante, com a manutenção e conservação do capital estável do empreendimento, bem como os gastos relativos à contratação de mão-de-obra temporária. Neste caso específico, considerou-se como custo variável total o valor de mercado do capital circulante, o pagamento da mão-de-obra temporária, os custos incorridos na manutenção e conservação do capital estável, e o custo de oportunidade do capital circulante e da mão-de-obra.

O capital circulante é consumido totalmente durante um ciclo de produção. Dessa forma, o valor desse capital foi totalmente pago pela exploração do ciclo de produção da cana-de-açúcar. Considerou-se o valor de mercado das mudas, dos fertilizantes, dos defensivos, dos gastos com serviços, etc, como o custo do capital circulante, ou seja, o somatório dos valores desses itens.

Sempre que o capital circulante mantiver-se empatado por certo período, sem ser imediatamente recuperado, haverá um custo de oportunidade associado a sua imobilização no empreendimento. Uma fórmula simplificadora para o custo de oportunidade do capital circulante é a seguinte:

$$C_{op} = \frac{V_m}{2} \times i \text{ em que:}$$

C_{op} = é o custo de oportunidade do capital circulante

V_m = seu valor de mercado

i = a taxa real anual de juros

Em se tratando de mão-de-obra temporária, os salários pagos constituem-se num item de custo variável, que pode, portanto, ser suprimido na hipótese de paralisação da produção. Tal como ocorrem com o capital circulante, os recursos imobilizados em salários de trabalhadores podem apresentar um custo de oportunidade sempre que houver um diferencial de tempo entre o pagamento desses salários e o advento das receitas do empreendimento. O procedimento do cálculo desse custo é o mesmo utilizado para o capital circulante.

Estrutura de custo operacional de produção

A finalidade do uso do custo operacional é mostrar, caso a empresa não tenha remuneração igual ou superior ao custo alternativo, se e quanto ela tem de resíduo que remunera em parte o capital, o tempo, a administração e os recursos auto-renováveis. O custo operacional pode dividir-se em custo operacional efetivo e custo operacional total.

O custo operacional efetivo pode ser definido como o custo de todos os recursos de produção que exigem desembolso por parte da empresa para sua recomposição. Corresponde, apenas, aos gastos efetivamente incorridos na condução da atividade, ou seja, apenas aos itens de custo considerados diretos² (mão-de-obra, fertilizantes, defensivos, energia, combustível, manutenção, reparos, impostos e taxas, assistência técnica).

O custo operacional total envolve, além dos custos diretos, o valor da mão-de-obra familiar que, mesmo não sendo remunerada, é imprescindível à condução do empreendimento, e as depreciações, que equivalem a apenas uma parcela dos custos indiretos. Do ponto de vista teórico, o custo operacional total define o custo

² Os custos diretos, explícitos ou contábeis são referentes a todos os pagamentos feitos pelo uso dos recursos comprados ou alugados. Os custos de fatores que a empresa já possui, e que por essa razão freqüentemente não são contabilizados, correspondem aos custos indiretos, implícitos ou econômicos.

incorrido pelo produtor no curto prazo para produzir e para repor a sua maquinaria e continuar produzindo.

Medidas de resultado econômico

A partir dos itens de custo considerados, calculam-se indicadores para descrever e analisar as condições econômicas da empresa, fornecendo subsídios para melhor eficiência em sua administração, como, por exemplo, receita bruta, receita líquida operacional e lucro.

A receita bruta é uma medida de resultado econômico que pode ser usada quando o produtor apresentar os recursos de produção disponível e necessitar tomar decisões sobre como utilizar, eficazmente, esses fatores. A receita bruta pode ser definida em relação ao custo operacional e em relação ao custo total de produção.

A receita bruta em relação ao custo operacional total é o resultado que sobra após o produtor pagar todas as despesas operacionais, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade.

Analogamente, a receita bruta em relação ao custo total de produção é obtida subtraindo-se, da receita bruta, o custo total de produção. Neste caso, indica qual a margem disponível para remunerar o risco e a capacidade empresarial do proprietário.

A receita líquida operacional ou lucro operacional mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade agropecuária. A receita líquida operacional é obtida pela diferença entre a receita bruta e os custos operacionais totais, sendo destinada à remuneração do capital fixo.

A receita líquida total, ou lucro, é obtido subtraindo-se, da receita bruta, o custo total incorrido na produção. Quando a receita líquida total é positiva, tem-se uma situação de lucro supernormal, visto que todos os custos de produção estão sendo cobertos, restando um resíduo que pode ser empregado na expansão do empreendimento. Situações de receita líquida total nula caracterizam lucro normal, e implicam que a atividade estará cobrindo todos os seus custos, sendo capaz de refazer seu capital fixo no longo prazo. Finalmente, uma atividade com receita líquida

total negativa estaria em situação de prejuízo econômico, sem condições de se manter em operação por períodos mais longos. Neste caso, se os custos variáveis estiverem sendo cobertos, a atividade poderia manter-se em operação, mas apenas por determinado período, já que isso implicaria descapitalização e conseqüente inviabilização do empreendimento no longo prazo.

Avaliação da viabilidade econômica

Todos os preços empregados na análise econômica, sejam de produtos ou de insumos, foram coletados na própria região, para refletir o real potencial econômico das alternativas testadas. A análise dos dados internos à propriedade rural relacionada à produção da cana-de-açúcar foi baseada em parâmetros propostos por Antunes & Ries (2001) descritos na continuidade do texto. Foram calculados: o ponto de equilíbrio (toneladas), taxa interna de retorno (%), custo médio por tonelada de cana (R\$) e a relação custo/benefício.

O ponto de equilíbrio significa o volume de produção de que a empresa necessita para que as receitas totais igualem-se aos custos totais (custos fixos mais custos variáveis), sempre que for possível a comercialização dos produtos em questão. É, portanto, o mínimo que deve ser produzido (e comercializado) para que a atividade que está sendo avaliada não apresente prejuízo. É um índice que nos indica, exatamente, o quanto devemos faturar para atingir o equilíbrio, para não termos nem lucro nem prejuízo. Para essa análise, é importante, que se tenha bem clara a classificação e a separação dos custos totais em custos fixos e custos variáveis.

$$PE = \frac{\text{Custo total}}{\text{Valor unitário da venda}} \text{ em que:}$$

PE = ponto de equilíbrio

A taxa interna de retorno é a percentagem do lucro obtido em determinado período sobre capital investido. É a rentabilidade de um investimento realizado em

uma atividade produtiva. Serve para medir a eficiência da aplicação dos recursos na empresa.

$$\text{RIO} = \frac{\text{Lucro médio anual}}{\text{Valor do capital adicional}} \times 100 \text{ em que:}$$

RIO = taxa interna de retorno (%)

O custo total médio é a soma total dos custos fixos e dos custos variáveis em relação à quantidade total produzida. Esse conceito deve ser aplicado a cada uma das atividades produtivas da propriedade e não à avaliação econômica da atividade como um todo. Por exemplo, de nada serve uma informação desse tipo misturando dados da agricultura e da pecuária.

$$\text{Custo total médio} = \frac{\text{Custos variáveis} + \text{Custos fixos}}{\text{Quantidade produzida}} \text{ em que:}$$

Custo total médio = custo por tonelada ou unidade produzida e comercializada (R\$)

A relação custo/benefício representa a relação entre o valor monetário dos fatores necessários para a realização da atividade produtiva e o valor monetário do produto gerado por essa.

$$\text{Relação custo/benefício} = \frac{\text{Capital gerado (benefício)}}{\text{Capital investido (custo)}}$$

A relação custo/benefício deve sempre dar um resultado superior a um, onde o capital gerado será sempre maior que os valores despendidos para o desenvolvimento da atividade. Esse é um índice que representa a lucratividade real do investimento de capital.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média obtida da cana-planta cultivada com o preparo convencional de solo foi de 99 ton ha⁻¹. Já a cana-planta em sistema de plantio direto sobre palhada de adubos verdes (leguminosas) apresentou uma produtividade de, aproximadamente, 136 ton ha⁻¹. Portanto, o plantio direto da cana proporcionou um aumento de 37% na produtividade da cana-de-açúcar.

O preço médio praticado no mercado local no último ano foi favorável. Por tonelada de cana se pagou o equivalente a R\$ 27,00 (vinte e sete reais), desde que a ATR (açúcares teoricamente recuperáveis) estivesse igual a 111,74 kg ton⁻¹, abaixo disso o valor do produto teria um deságil e acima um acréscimo com o ágil, proporcional ao maior percentual de ATR nos colmos da cana-de-açúcar. Neste trabalho, não foi considerado o acréscimo ou decréscimo eventualmente ocasionado pela ATR da cana.

O Quadro 1 apresenta os principais indicadores econômicos, obtidos a partir da planilha de custos da cana-planta produzida convencionalmente.

O custo fixo (R\$ 613,33) representa o custo de oportunidade do capital que permanece inalterado, ou seja, são aquelas despesas que terão de ser custeadas, independentemente de alternativas de produção. O custo operacional total foi de R\$ 1.152,22, que se refere aos custos variáveis (custo operacional efetivo mais o custo de oportunidade do capital circulante), adicionados do valor da depreciação do capital estável (depreciação de tratores e implementos envolvidos na prestação de serviços). O custo variável para cana-planta no convencional neste ano foi somente de despesas com irrigação e capina manual, pois os custos variáveis concernentes da renovação são depreciados juntamente com o custo total de renovação do canavial, portanto, somados aos custos fixos da cana-planta. Os outros custos se referem a despesas com a administração e assistência técnica. O custo total de produção (R\$ 1.848,70) engloba os custos variáveis, os custos fixos e os outros custos, como podem ser vistos no Quadro 1.

Quadro 1. Indicadores econômicos da produção da cana-de-açúcar cultivada convencionalmente, no município de Campos dos Goytacazes – RJ, 2005

Indicadores econômicos	Unidade	Valor
Custos fixos	R\$ ha ⁻¹	613,33
Custos variáveis	R\$ ha ⁻¹	1.152,22
Outros custos	R\$ ha ⁻¹	83,16
Custo total	R\$ ha ⁻¹	1.848,70
Receita bruta	R\$ ha ⁻¹	2.673,00
Receita líquida	R\$ ha ⁻¹	824,30
Ponto de equilíbrio	Toneladas	68
Taxa interna de retorno	%	15,2
Custo por tonelada	R\$	18,67
Relação custo/benefício	-	1,45

Fonte: Dados levantados na Fazenda Abadia no município de Campos dos Goytacazes - RJ em 2005.

A receita bruta foi determinada pela multiplicação do total produzido por hectare na safra 2004/05 com o valor unitário do produto (R\$ 27,00), com a venda de 99 toneladas de cana com ATR igual ou superior a 111,74, foram captados R\$ 2.673,00. Entretanto, para todo o desenvolvimento da lavoura em questão foram desembolsados R\$ 1.848,70. Logo, a receita líquida dessa atividade produtiva foi de R\$ 824,30 por hectare (Quadro 1).

O ponto de equilíbrio para a cana-planta conduzida convencionalmente é de 68 toneladas, ou seja, significa o volume de produção de que a empresa rural necessita para que as receitas totais igualem-se aos custos totais (custos fixos mais custos variáveis mais outros custos) (Quadro 1). Vale salientar que este índice é muito importante para orçamentos, para simulações de atividades e decisões antes de implantar a cultura. Após a atividade ter sido iniciada, muito pouco poderá ser feito para se alterarem as relações de valores apresentadas, assim, o atingimento do ponto de equilíbrio não mais garante o retorno de todos os recursos investidos.

A taxa interna de retorno anual obtida com a cana convencional foi de 15,2% (Quadro 1). Portanto, este percentual obtido indicou que a atividade foi muito eficiente na utilização dos recursos, e rendeu mais do que se tivesse sido aplicado o capital adicional no mercado financeiro.

Para a produção agrícola da cana-de-açúcar, o custo total médio é de R\$ 18,67 para cada unidade que foi produzida, ou seja, para cada tonelada que foi produzida convencionalmente foram gastos dezoito reais e sessenta e sete centavos (Quadro 1). Assim, na atual conjuntura do *agribusiness* cabe ao administrador preocupar-se em, cada vez mais, reduzir o chamado custo total médio ou custo por tonelada, devido às dificuldades inerentes à cadeia agrícola e ao mercado mundial.

Pela relação custo/benefício obtida da cana-planta cultivada convencionalmente pode-se verificar que a atividade foi lucrativa, uma vez que o resultado foi de 1,45, o que representou a relação entre o valor monetário dos fatores necessários para a realização desta atividade produtiva e o valor monetário do produto gerado por essa (Quadro 1). Como o resultado foi superior a um, o capital gerado foi maior do que os valores despendidos para o desenvolvimento desta atividade, indicando, assim, a viabilidade econômica desta atividade, mesmo se utilizando o preparo convencional do solo.

A cana-de-açúcar conduzida no sistema de plantio direto como já descrito acima, apresentou uma produtividade média de 135 ton ha⁻¹, sendo 37% superior à obtida no convencional. Porém, quando da utilização deste sistema de manejo solo, com o intrínseco emprego da adubação verde, aumentaram-se os custos de renovação do canavial em 2% e, conseqüentemente, os custos fixos onde estão inseridos os custos de depreciação da renovação do canavial em relação ao convencional. Isto se deve, principalmente, ao emprego da adubação verde (custos de sementes e semeadura no PD). Assim, considerando todos os custos, houve aumento de, aproximadamente, 1% no custo total da cana-planta conduzida em sistema de plantio direto com adubação verde em comparação ao convencional (Quadros 1 e 2).

Quadro 2. Indicadores econômicos da produção da cana-de-açúcar cultivada em sistema de plantio direto, no município de Campos dos Goytacazes – RJ, 2005

Indicadores econômicos	Unidade	Valor
Custos fixos	R\$ ha ⁻¹	621,87
Custos variáveis	R\$ ha ⁻¹	1.152,22
Outros custos	R\$ ha ⁻¹	83,56
Custo total	R\$ ha ⁻¹	1.857,65
Receita bruta	R\$ ha ⁻¹	3.645,00
Receita líquida	R\$ ha ⁻¹	1.787,35
Ponto de equilíbrio	Toneladas	69
Taxa interna de retorno	%	25,8
Custo por tonelada	R\$	13,76
Relação custo/benefício	-	1,96

Fonte: Dados levantados na Fazenda Abadia no município de Campos dos Goytacazes - RJ em 2005.

Para cana-planta em sistema de plantio direto, a receita bruta foi de R\$ 3.645,00 e a receita líquida de R\$ 1.787,35 (Quadro 2). Portanto, a receita líquida apresentada pela cana-planta em sistema de plantio direto foi, aproximadamente, 117% superior à obtida com o preparo convencional do solo (Quadro 1). Isto se deve, provavelmente, à maior produtividade apresentada pela cana em plantio direto.

O ponto de equilíbrio para a cana-planta produzida no sistema de plantio direto foi, aproximadamente, 2% superior ao convencional (Quadros 1 e 2). Este aumento no ponto de equilíbrio é devido ao maior custo total para produção da cana em plantio direto com emprego da adubação verde quando comparado ao convencional. Dessa forma, se não fosse utilizada a adubação verde, possivelmente o custo de produção da cana em plantio direto, devido ao menor número de operações, seria inferior ao convencional.

A taxa de retorno anual obtida com a cana em sistema de plantio direto foi de, aproximadamente, 25,8%, sendo bem superior à apresentada pela cana no plantio convencional (Quadros 1 e 2), isto provavelmente devido à maior

produtividade obtida no plantio direto e pela diluição nos custos com o aumento de produtividade proporcionado por este último sistema. Assim, pode-se visualizar estes indicativos observando que o custo por tonelada da cana em plantio direto foi de R\$ 13,76, enquanto que o da cana convencional foi de R\$ 18,67, portanto, o incremento na produtividade, proporcionado pelo plantio direto, diluiu os custos por unidade produzida em 26% para a cana-planta.

A relação custo/benefício para produção da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto foi de 1,96 (Quadro 2). Já para a cana-planta produzida convencionalmente foi de 1,45 (Quadro 1). Assim, o plantio direto, juntamente com a adubação verde, proporcionou aumento de 35% na lucratividade real do investimento de capital em relação ao preparo convencional do solo.

CONCLUSÕES

1. A receita líquida da cana-planta em sistema de plantio direto, com emprego da adubação verde, foi, aproximadamente, 117% superior ao resultado da cana produzida com o preparo convencional do solo.

2. A cana-planta conduzida convencionalmente apresentou 68 toneladas de colmo de ponto de equilíbrio, enquanto em sistema de plantio direto foi de 69 toneladas.

3. A taxa interna de retorno anual da cana cultivada em sistema de plantio direto foi de 25,8%, enquanto no cultivo convencional ficou em torno de 15,2%. Semelhantemente, a relação custo/benefício foi 1,96 no plantio direto versus 1,45 no convencional.

4. O custo por tonelada de colmo produzido foi 26% inferior no plantio direto em relação ao convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antunes, L.M. & Ries, L.R. (2001) *Gerência Agropecuária*. 2.ed. Guaíba: Agropecuária. 272p.

- Bianchini, A.; Magalhães, P.S.G. & Braunbeck, O. (2001) Cultivo do solo em áreas de cana crua. *Revista STAB*, 19 (5): 30-33.
- Conab. (2006) - Companhia nacional de abastecimento. <http://www.conab.gov.br/download/safra/Primeiro_Levantamento_Cana_2006-07_maio06.pdf>. Acesso em: 06 junho 2006.
- Cruz, D.M. (2003) Plantio direto e preparo reduzido ganham terreno. *JornalCana*, Ribeirão Preto, mar., p.34.
- Dalben, E.A.; Nelli, E.J.; Almeida, O.J. & Demathê, J.L.I. (1983) Plantio direto de cana-de-açúcar em solos de baixa fertilidade. *Revista Álcool e Açúcar*, 3 (12): 30-32.
- FAO. (2006) Food and Agriculture Organization. <www.fao.org>. Acesso em: 11 junho 2006.
- Gomes, S.T.; Mello, R.P. & Martins, P.C. (1989) *O custo de produção do leite*. Brasília: SNAB/MA. 66p.
- IBGE (2006) – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/textolspa052006.pdf>>. Acesso em: 11 de junho 2006.
- Noronha, J.F. (1987) *Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. 2.ed. São Paulo: Atlas. 269p.
- Seganfredo, M.L.; Eltz, F.L.F. & Brum, A.C.R. de (1997) Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21: 287-291.

3.6. ESPÉCIES PARA A COBERTURA DE SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O RENDIMENTO DO MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os adubos verdes feijão-de-porco e milheto quanto à taxa de cobertura do solo, produção de matéria seca e teores e acúmulos de nutrientes e seus efeitos no rendimento do milho e do feijão em sistema de semeadura direta (SSD). Foi realizado um experimento com feijão comum e outro com milho. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram três tipos de plantas de cobertura: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), milheto (*Pennisetum americanum*) e vegetação espontânea. O feijão-de-porco, aos 51 dias após emergência (DAE), proporcionou 82% de cobertura do solo, aos 92 DAE, apresentou a maior produtividade de matéria seca e maiores teores de N, Ca e Cu na parte aérea. Foi, ainda, mais eficiente no acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e Cu comparativamente ao milheto e à vegetação espontânea. O milheto apresentou maiores teores de P, Mg, S, Zn e Fe na parte aérea do que o feijão-de-porco e vegetação espontânea. O teor de K na parte aérea das espécies espontâneas se igualou ao obtido no feijão-de-porco e milheto. O milheto foi mais eficiente que a vegetação espontânea quanto ao acúmulo de P, Mg, S, Zn e Fe na parte aérea. O SSD utilizando o feijão-de-porco como cobertura

proporcionou as maiores produtividades do milho e feijão, comparativamente ao SSD sobre milheto e convencional com vegetação espontânea incorporada.

ABSTRACT

COVERING SOIL SPECIES AND THEIR EFFECTS OVER THE MAIZE AND BEAN INCOMES USING THE NO-TILLAGE SYSTEM IN CAMPOS DOS GOYTACAZES–RJ

The objective of this experiment was to evaluate the green manures jack bean and millet for covering soil rate, production of dry matter and content and accumulations of nutrients and their effects over the maize and bean yield at no-tillage system (SSD). An experiment was accomplished with bean and other with maize. The experimental design was completely random, using four repetitions. The treatments were three types of cover plants: jack bean (*Canavalia ensiformis*), millet (*Pennisetum americanum*) and spontaneous vegetation. The jack bean after 51 days emergency (DAE) proportioned 82% of cover of the soil, to the 92 DAE presented the highest productivity of dry matter, higher content of N, Ca and Cu in the aerial part, more efficiency in the accumulation of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe and Cu comparatively to the millet and spontaneous vegetation. The millet presented higher content of P, Mg, S, Zn and Fe in the aerial part than the jack bean and spontaneous vegetation. And the content of K in the aerial part of the spontaneous species was equivalent of the obtained in the jack bean and millet. The millet was more efficient than the spontaneous vegetation, in accumulation of P, Mg, S, Zn and Fe in the part area. The no-tillage using the cover jack bean, has provided the best yield of the maize and bean, comparatively to SSD over millet and conventional with incorporated spontaneous vegetation.

INTRODUÇÃO

Na propriedade agrícola, um dos recursos naturais mais importantes certamente é o solo. A degradação do solo, empregando-se manejos não racionais,

removendo-se matéria orgânica e nutriente que, em muitos casos, não são repostos na mesma proporção, pode, ao longo do tempo, inviabilizar a produção agrícola, caracterizando um estágio avançado da degradação (Souza & Melo, 2000).

O emprego de sistemas conservacionistas, como o plantio direto, que engloba a adubação verde e a rotação de culturas, é capaz de proporcionar a elevação nos teores de nitrogênio potencialmente mineralizável em mais de 80%, redução de perdas via imobilização por microorganismos do solo (Mielniczuk, 1997; Souza & Melo, 2000), elevação pronunciada dos teores de carbono orgânico, matéria orgânica, Ca, Mg, K, fósforo extraível, pH e CTC efetiva, redução de Al na camada superficial do solo (Santos et al., 1995; Ciotta et al., 2002; Falleiro et al., 2003), sendo que estes efeitos são mais pronunciados a médio e a longo prazo no plantio direto. Isto também depende das características do material adicionado à superfície, da sequência de culturas adotada, do manejo empregado no solo, do tempo de adoção destas práticas e do tipo de manejo adotado para manejar as plantas de cobertura (Mengel, 1996; Bortoluzzi & Eltz, 2000; Lima, 2002). Agronomicamente, também é muito importante que a palha seja distribuída uniformemente sobre o solo. São vários os efeitos negativos ocasionados pela desuniformidade da palhada, dentre eles estão relacionados o controle das plantas daninhas e a germinação das sementes das culturas (Bortoluzzi & Eltz, 2000).

As leguminosas têm sido as espécies preferidas para adubação verde. A principal razão é a fixação do nitrogênio atmosférico por bactérias, principalmente do gênero Rizóbios, que vivem em simbiose com suas raízes. A associação do sistema plantio direto com uso de leguminosas como plantas de cobertura tem promovido aumento nas reservas de N total do solo (Amado et al., 2000). Além disso, produzem grande quantidade de massa e apresentam sistema radicular pivotante, capaz de extrair nutrientes que se encontram em camadas mais profundas do solo, os quais serão disponibilizados, após sua decomposição, ao solo. Como exemplo do efeito positivo de leguminosas, pode-se citar o feijão-de-porco, que proporcionou um rendimento de grãos de milho em sucessão equivalente ao obtido com a aplicação de 130 kg ha^{-1} de nitrogênio na presença de fitomassa da vegetação espontânea (Ceretta et al., 1994).

O uso de gramíneas como cobertura do solo geralmente não proporciona aumento de rendimento de culturas não-leguminosas, mas pode aumentar o rendimento de leguminosas, as quais fixam o seu próprio nitrogênio e não dependem do nitrogênio oriundo da mineralização da gramínea. Assim, a cobertura do solo, por si só, contribuiu para aumentar o rendimento do feijoeiro em 232 kg ha⁻¹ (Andreola et al., 2000). Por outro lado, a gramínea pode melhorar, temporariamente, algumas propriedades físicas do solo (Silva & Rosolem, 2001) e, ainda, liberar nutrientes, fazendo com que o desenvolvimento de leguminosas e não-leguminosas seja favorecido. Uma ressalva, entretanto, carece ser feita quando se trata da cultura do feijão. Esta é uma cultura de ciclo curto, nem sempre eficiente na fixação de N e, praticamente, todo o nitrogênio requerido é absorvido até os 50 dias após a emergência (Hungria et al., 1985). Logo, a adubação nitrogenada tem sido recomendadas para a cultura do feijão, visando à expressão do máximo rendimento econômico (Vieira et al., 1998).

Estudos regionais são necessários para o melhor aproveitamento das potencialidades e entendimento dos mecanismos que promovem alterações no solo pelo uso de plantas de cobertura, que podem auxiliar na determinação de práticas de manejo que melhorem o rendimento das culturas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os adubos verdes feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e milheto (*Pennisetum americanum*) em relação à taxa de cobertura do solo, produção de matéria seca e teores e acúmulos de nutrientes e seus efeitos no rendimento do milho e do feijão sobre a palhada destes materiais em sistema de semeadura direta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Abadia, pertencente ao Grupo Queiroz Galvão, no município de Campos dos Goytacazes (situado a 21°44'47" de latitude Sul e 41°18'24" de longitude Oeste com altitude de 12 metros), Norte do Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 01 de dezembro de 2003 a 05 de novembro de 2004. Os dados climáticos referentes ao período da condução do experimento estão na Figura 1.

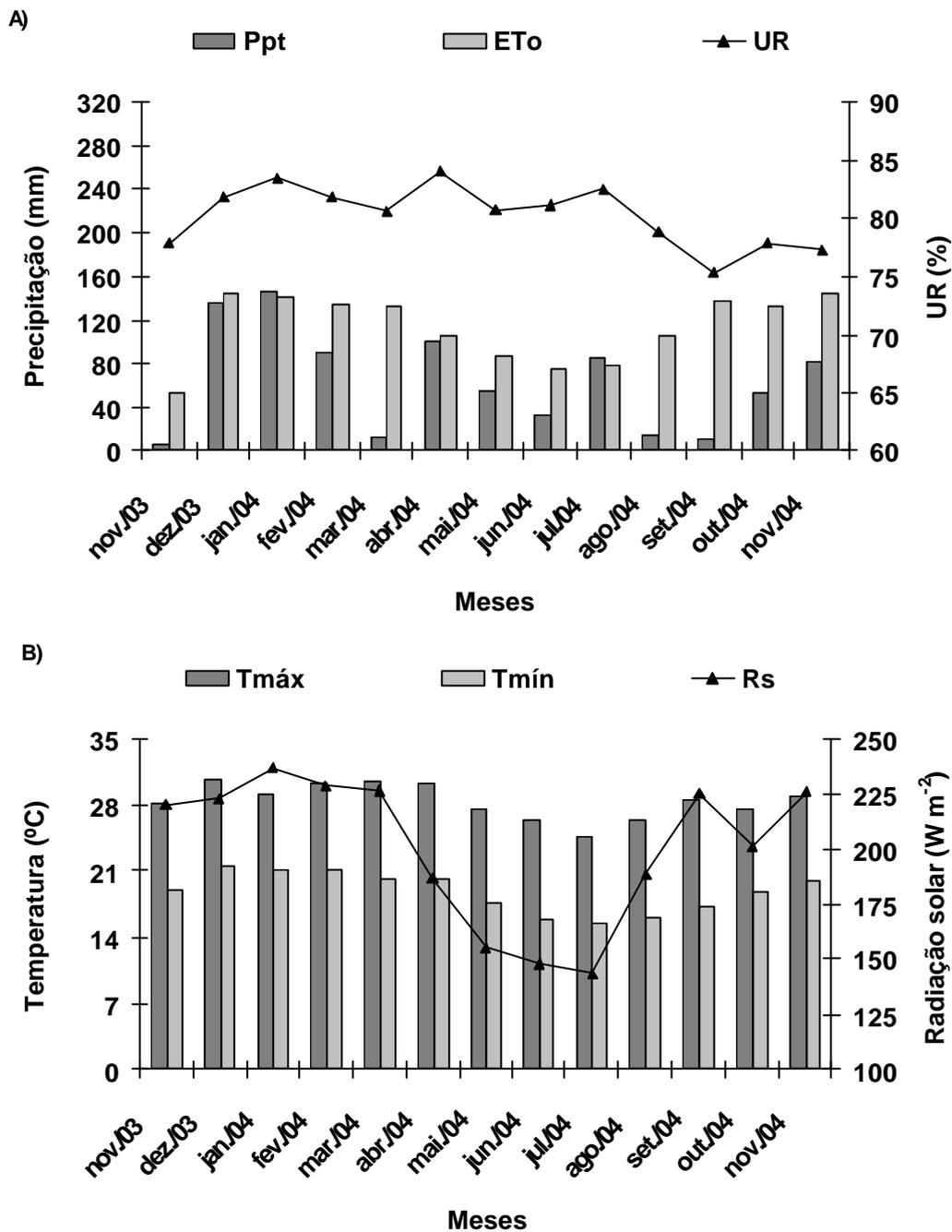


Figura 1. Dados climáticos durante o período de novembro de 2003 a novembro de 2004. A) Precipitação total (Ppt), evapotranspiração de referência (ETo) e médias de umidade relativa (UR) e em B) médias de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) e radiação solar (Rs). Fonte: Estação climatológica da UENF/PESAGRO-RJ

O experimento foi conduzido em solo classificado como Cambissolo Ta eutrófico argiloso, com boa drenagem e textura argila-siltosa, em torno de 38% de argila, 52% silte e 10% de areia total. Anteriormente à instalação do experimento a área era cultivada com a cultura da cana-de-açúcar em sistema de preparo convencional, com aração e gradagem nos períodos de renovação do canavial e colheita manual após a cana ser queimada, durante, aproximadamente, 30 anos. Entretanto, o histórico de adubação da cultura nessa área nos últimos 10 anos, foi totalmente sem aplicação de adubo no plantio e em cobertura na cana-soca, indicando, possivelmente, uma condição de baixa fertilidade do solo.

O resultado da análise química do solo anterior à instalação do experimento apresentou: pH (H₂O) = 5,5; S-SO₄ = 47,0 (mg dm⁻³); P = 3,5 (mg dm⁻³); K⁺ = 0,25 (cmol_c dm⁻³); Ca⁺⁺ = 4,6 (cmol_c dm⁻³); Mg⁺⁺ = 1,8 (cmol_c dm⁻³); Al⁺⁺⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); H⁺+Al = 3,8 (cmol_c dm⁻³); Na⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); C = 16,5 (g dm⁻³); M.O. = 28,5 (g dm⁻³); Fe = 69,0 (mg dm⁻³); Cu = 2,0 (mg dm⁻³); Zn = 2,3 (mg dm⁻³); Mn = 15,4 (mg dm⁻³) e B = 0,4 (mg dm⁻³). O solo foi preparado de forma convencional por meio de duas arações para completa destruição da soqueira da cana (uma pesada e a outra média), uma subsolagem em torno de 50 cm de profundidade para rompimento de possível camada compactada, seguida de duas gradagens (uma para quebrar torrões e a outra para nivelamento do terreno). Para a calagem, utilizou-se calcário calcítico com PRNT de 80%, aplicado na dose de 0,76 toneladas por hectare. Foi aplicado como melhorador da fertilidade do solo o gesso agrícola, tomando-se de base 30% da recomendação de calagem, o que resultou na dose de 0,23 toneladas por hectare.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram três tipos de plantas de cobertura: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), milho (*Pennisetum americanum*) e vegetação espontânea. As plantas de cobertura foram utilizadas para acumulação de nutrientes, formação de palhada e cobertura do solo para a implantação do sistema de plantio direto para as culturas do feijão e milho.

A parcela ou unidade experimental apresentou 6 m de largura e 9 m de comprimento. A área total da unidade experimental foi de 54 m². Utilizou-se uma área útil central de 10 m² e outras duas adjacentes à central com 5 m² cada. Os blocos

foram dispostos seguindo transversalmente o gradiente textural do terreno, determinado pela análise textural do solo, com uma faixa de 2 m separando os blocos.

Em 01 de dezembro de 2003, foi realizada a semeadura dos adubos verdes em sulcos espaçados de 0,5 m para o feijão-de-porco e o milho foi semeado a lanço, correspondendo a 15 kg ha^{-1} de semente. Utilizou-se a densidade de semeadura de 3 sementes viáveis por metro linear e 280 sementes viáveis por metro quadrado para cada espécie citada anteriormente, respectivamente, conforme recomendações do fornecedor de sementes. A profundidade média da semeadura foi de 2 cm, realizada manualmente. Não foi realizada adubação na ocasião da semeadura. O período escolhido para semeadura é justificado por ser aquele recomendado tecnicamente para as espécies utilizadas, com a ocorrência de chuvas que dispensem a irrigação. Dessa maneira, a adubação verde poderá ser praticada pelos agricultores da região com custo apenas das sementes e operações de semeadura. Foi considerada emergência das plantas de cobertura a época em que, aproximadamente, 50% de todas as espécies emergiram. Não foi empregada nenhuma prática de manejo das plantas daninhas, sendo que os adubos verdes cresceram em competição com espécies espontâneas presentes na área. Antes da semeadura do milho e do feijão os adubos verdes foram manejados quimicamente, estando o feijão-de-porco e o milho na fase de grão leitoso.

Utilizou-se a cultivar de feijão 'Pérola', tipo carioca, com hábito de crescimento indeterminado tipo II, de alta produtividade e ampla adaptação (EMBRAPA, 2003). O cultivo foi de outono-inverno, o espaçamento de 50 cm entre fileiras com 10 sementes por metro linear e profundidade de semeadura de 3 cm (Vieira et al., 1998). Foi efetuada a adubação de plantio, aplicando-se 70 e 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e em cobertura parcelada em duas vezes, aos 25 e 40 dias após a emergência (DAE) aplicou-se um total de 40 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio, seguindo nível tecnológico com expectativa de produtividade de 1.800 a 2.500 kg ha^{-1} de grãos, proposto por Vieira et al. (1998). O cultivar utilizado de milho foi o híbrido 'UENF 506-8', que é um híbrido interpopulacional desenvolvido via seleção recorrente recíproca de família de irmãos completos. Foram semeadas sete

sementes por metro linear e espaçamento de 1,00 m entre fileiras para obter 50.000 plantas por hectare e de adubação foram aplicados 60 e 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e em cobertura, aos 35 DAE, que coincidiu com a oitava folha bem desenvolvida, aplicou-se um total de 70 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, seguindo a recomendação da EMBRAPA (1996). Para o manejo de plantas daninhas, foram aplicados em pós-emergência, os herbicidas Fluazifop-p-butil + fomesafen e Nicosulfuron nas respectivas doses de 0,200 e 0,250 kg ha⁻¹ do i.a. e 0,06 kg ha⁻¹ do i.a., respectivamente, para a cultura do feijão (15 DAE) e do milho (20 DAE). Quanto ao manejo de doenças e pragas, não houve constatação, durante a condução do experimento, de incidências em nível do limiar de dano econômico. As culturas foram irrigadas somente quando necessário, com sistema de irrigação por aspersão.

Foram demarcados três quadros de 45,4 x 45,4 cm, no sentido diagonal de cada unidade experimental para tomada de fotografias, aos nove, 35, 51 e 80 dias após emergência (DAE) das espécies de cobertura para determinação da taxa de cobertura do solo. O local de tomada das fotografias foi demarcado para que todas as avaliações fossem realizadas sempre na mesma área. A área demarcada abrangeu uma linha nas unidades com espaçamento de 0,5 m, sendo que a linha ficou no centro da área fotografada. As fotografias foram tomadas a uma altura de 1 m da superfície do solo, com três repetições por unidade experimental. As imagens fotográficas foram feitas com máquina fotográfica digital modelo MAVICA – SONY armazenando-se os arquivos em disquete para processamento posterior (Lima, 2002).

A avaliação da taxa de cobertura foi realizada com auxílio dos “softwares” Microsoft Photo Editor e Microsoft Word. Cada fotografia foi recortada do programa Microsoft Photo Editor, de modo a ficar quadrada, com 3,69 x 3,69 cm que corresponde à área da superfície do solo fotografada de 0,454 x 0,454 m (0,206 m²). Na sequência, as fotografias foram coladas em documento do programa Microsoft Word e sobrepostas por 10 linhas horizontais e 10 verticais equidistantes, obtendo-se, assim, 100 pontos de interseção sobre a fotografia. Dessa maneira, foram contadas diretamente no monitor do computador as porcentagens de cobertura dos adubos verdes e plantas daninhas (Lima, 2002).

Aos 92 DAE das plantas de cobertura, foram realizadas amostragens para determinação da produção de fitomassa das plantas de cobertura e de plantas daninhas, e os teores e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Fe e Cu na parte aérea das plantas de cobertura.

A amostragem foi realizada lançando-se de forma aleatória sobre cada unidade experimental, um quadro de 50 x 50 cm, coletando-se as plantas de cobertura e vegetação espontânea presentes. As plantas presentes dentro do quadro foram cortadas rente ao solo e separadas em duas classes: plantas de cobertura e vegetação espontânea. As espécies de vegetação espontânea foram identificadas quantificando-se a espécie predominante.

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 horas (Boaretto et al., 1999). Após este período, as amostras foram pesadas para determinação do peso da matéria seca.

As determinações de macro e micronutrientes foram realizadas no setor de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. As amostras secas das plantas de cobertura foram trituradas em moinho do tipo Willey, com peneira de 20 malhas por polegada. Para determinação de P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Fe e Zn das plantas de cobertura, foram utilizadas amostras de 0,50 g do material vegetal moído e submetidas à digestão nítrico-perclórica (Jones et al., 1991; Malavolta, 1997), usando-se 3,0 mL de HNO₃ 65% p.a. mais 1,0 mL de HClO₄. Os teores de Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, em espectrômetro de absorção atômica SHIMATZU Modelo AA6200. Para determinar o teor de P, fez-se a redução do complexo fosfo-molibdico pela vitamina C (Braga e Defelipo, 1974) e S foi realizado por turbidimetria do sulfato de bário e, posteriormente, foram determinados por espectrofotometria em espectrofotômetro Zeiss Modelo Spekol UV VIS (Malavolta, 1997). O K foi determinado por fotometria de chama (Malavolta, 1997). Para a determinação do N orgânico, usaram-se amostras de 0,10 g de material vegetal moído, que foram submetidas à digestão sulfúrica (Linder, 1944; Jones et al., 1991; Malavolta, 1997). No extrato, dosou-se o N orgânico, utilizando-se o reagente de Nessler (Jackson,

1965). O teor de N orgânico foi determinado por espectrofotometria em espectrofotômetro Zeiss Modelo Spekol UV VIS.

Determinou-se a produtividade do feijão, aos 81 DAE, realizando-se a colheita das plantas manualmente na área útil da unidade experimental. As plantas colhidas foram colocadas no sol para secar uniformemente. Posteriormente, fez-se a batidura do feijão manualmente, separando-se o grão da palha. Os grãos de feijão, após a batidura, foram expostos ao sol até chegar à umidade de 14%, quando finalmente foi determinada a produtividade de grãos. Para o milho, a colheita foi realizada, aos 135 DAE, arrancando-se manualmente as espigas das plantas já secas da área útil experimental. Posteriormente, as espigas colhidas foram despalhadas, debulhadas e em seguida foi determinada a produtividade de grãos. Foi determinada a umidade da massa de grãos do milho de cada amostra, e recalculada a produtividade a 14% de umidade.

Os resultados de produção de matéria seca (das plantas de cobertura e plantas daninhas), teores e acumulação de nutrientes foram analisados segundo o delineamento em blocos ao acaso com três tratamentos (espécies de plantas de cobertura) e quatro repetições. Na análise de variância (Teste F), os dados foram interpretados quando da existência de diferença significativa entre os tratamentos (Ferreira, 2000).

Utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + b_r + TR_i + e_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} = valor observado na parcela que recebeu a planta de cobertura i , no bloco j ;

μ = média geral da variável;

b_r = efeito do bloco r ($r = 1, 2, 3$ e 4);

TR_i = efeito da planta de cobertura i ($i = 1, 2$ e 3);

e_{ij} = efeito do erro aleatório, normal e independente, com distribuição de média 0 e variância s^2 .

Para avaliação do efeito das plantas de cobertura sobre a taxa de cobertura do solo, utilizou-se o esquema da análise da variância conjunta (Ferreira, 2000; Ribeiro Júnior, 2001).

Utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + TR_i + D_j + (TRD)_{ij} + (bD)_{jk} + e_{ijk}, \text{ em que:}$$

Y_{ijk} = observação da planta de cobertura i na data j e no bloco k ;

μ = constante inerente a todas as observações;

TR_i = efeito da planta de cobertura i ($i = 1, 2$ e 3);

D_j = efeito da data j ($j = 1, 2, 3$ e 4);

$(TRD)_{ij}$ = efeito da interação da planta de cobertura i com a data j ;

$(bD)_{jk}$ = efeito do bloco k ($k = 1, 2, 3$ e 4) dentro da data j ;

e_{ijk} = erro experimental associado à observação Y_{ijk} .

Nos casos em que na análise de variância o $F_{\text{calculado}}$ foi significativo, as médias dentro de cada época foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Para analisar os adubos verdes em função da época de amostragem, fez-se a regressão. Foi utilizado o software Sistema para Análises Estatísticas SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O feijão-de-porco apresentou a maior taxa de cobertura do solo. Aos 51 DAE, estimou-se que o feijão-de-porco apresentou 82% de cobertura (Figura 2). É importante esta característica apresentada pelo feijão-de-porco de alta velocidade de cobertura no período inicial, pois confere a esta espécie um bom potencial no controle da erosão e proteção do solo em curto espaço de tempo. Lima (2002) verificou esta mesma característica de alta velocidade de cobertura para o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), porém, o nabo forrageiro ainda foi mais rápido com 100% de cobertura aos 44 DAE. Em trabalho realizado por Bertol et al. (2002), inferiram que a cobertura de 20% do solo com resíduos vegetais pode contribuir na redução das perdas de solo em, aproximadamente, 50% em relação ao solo descoberto.

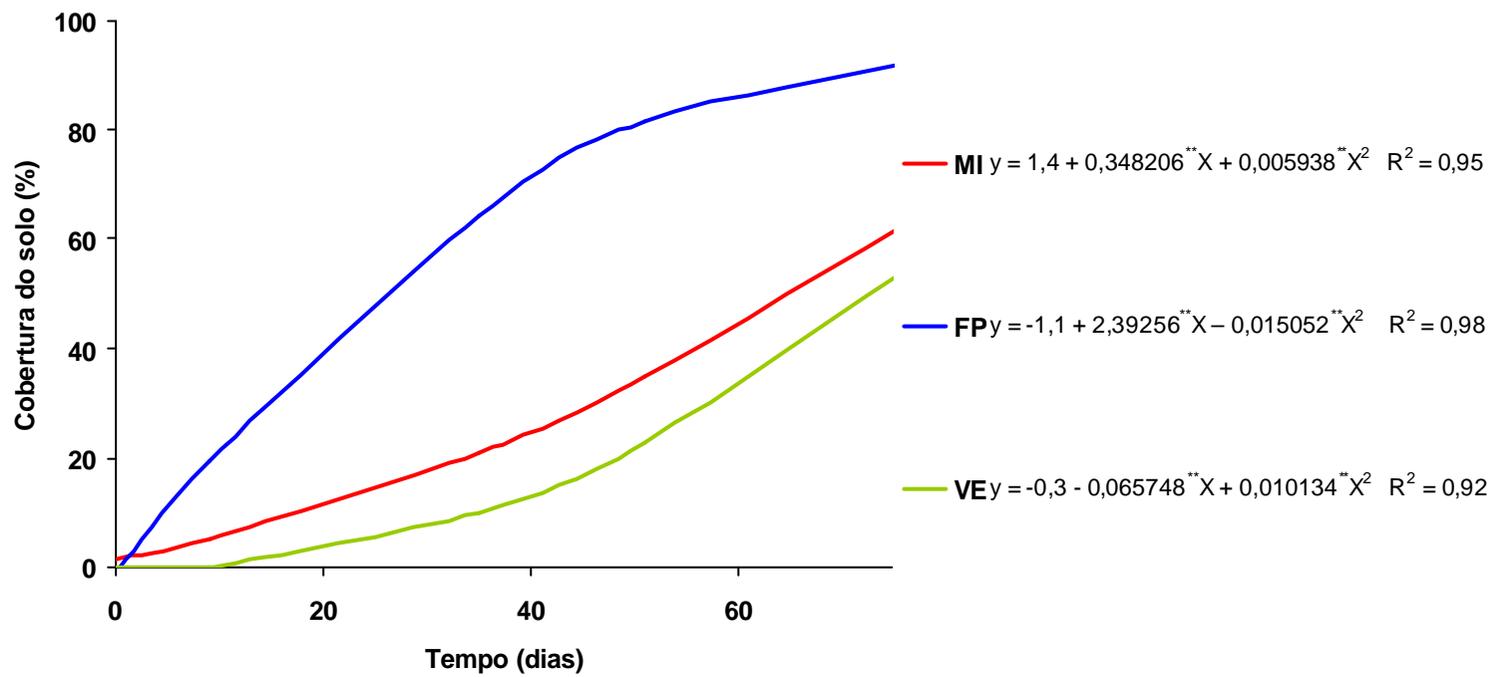


Figura 2. Taxa de cobertura do solo pelas espécies de plantas de cobertura. MI = milho; FP = feijão-de-porco; VE = vegetação espontânea

Por outro lado, o milho, inicialmente, não se apresentou com taxa de cobertura elevada como a do feijão-de-porco (Figura 2). Mas, superou a cobertura apresentada pela vegetação espontânea. Este fato pode estar relacionado ao tipo de sementeira utilizada (a lanço) para esta espécie, a qual, na condição de solo do experimento, não proporcionou, inicialmente, bom estande de plantas, dessa maneira, retardando a cobertura do solo, além de favorecer a competição das plantas daninhas com o milho. Todavia, estimou-se que o milho, aos 51 DAE, promoveu 35% de cobertura do solo, o que certamente pode contribuir para reduzir a erosão do solo (Bertol et al., 2002).

A cobertura do solo promovida pela vegetação espontânea, aos 35 DAE das plantas de cobertura, foi nove e três vezes menor que a proporcionada pelo feijão-de-porco e milho, respectivamente, conforme mostra a Figura 3. O feijão-de-porco foi destaque, com a maior taxa de cobertura e superando em 206 e 821% a cobertura proporcionada pelo milho e vegetação espontânea, respectivamente (Figura 3).

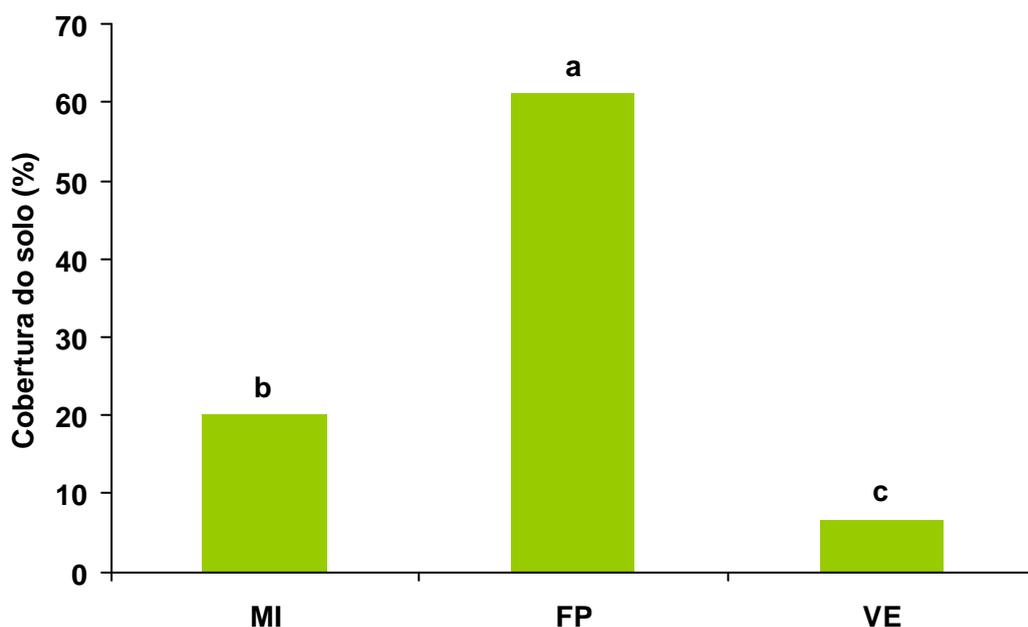


Figura 3. Cobertura do solo aos 35 DAE das plantas de cobertura. MI = milho; FP = feijão-de-porco e VE = vegetação espontânea

Dentre as plantas de cobertura do solo avaliadas, o feijão-de-porco apresentou a maior produtividade de matéria seca ($15.415 \text{ kg ha}^{-1}$) (Quadro 1). Esta espécie superou, em 147 e 175%, a produtividade de matéria seca do milho (6.242 kg ha^{-1}) e da vegetação espontânea (5.601 kg ha^{-1}). Por sua vez, o milho não diferiu em produtividade de matéria seca da vegetação espontânea.

Quadro 1. Produtividade de matéria seca, teor de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea das plantas de cobertura em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie	Parte aérea das plantas de cobertura						
	Matéria seca	Teor de macronutriente					
		N	P	K	Ca	Mg	S
-- kg ha^{-1} --	----- g kg^{-1} -----						
Milho	6.242b ¹	9,3c	10,4a	14,6a	3,4b	3,2a	5,3a
Feijão-de-porco	15.415a	27,7a	6,3b	15,4a	16,4a	2,4b	4,2b
Veg. espontânea	5.601b	11,2b	2,3c	16,3a	3,1b	2,1b	1,6c
Média	9.086	16,1	6,4	15,5	7,6	2,6	3,7
CV (%)	33	11	10	22	23	15	12

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A produtividade de fitomassa obtida pelo milho foi menor comparativamente ao valor de $14.200 \text{ kg ha}^{-1}$ obtido por Oliveira et al. (2002). Isto ocorreu, em parte, pelo já mencionado anteriormente com relação à semeadura a lanço, que, provavelmente, causou o retardo da cobertura do solo e a conseqüente competição com as plantas daninhas, limitando a produção de fitomassa do milho. Além disso, as condições edafoclimáticas predominantes em cada local podem também influenciar na capacidade de produção de fitomassa. Por outro lado, a produtividade de fitomassa de milho obtida neste trabalho foi maior que aquela obtida por Lima (2002) (4.660 kg ha^{-1}). Isto se deve, provavelmente, ao fato deste autor ter cultivado esta espécie no período de inverno, período não adequado para esta planta de cobertura. O milho tem sido muito utilizado na região Central do Brasil, como planta de cobertura, pois apresenta alta agressividade no desenvolvimento vegetativo e alta produção de matéria seca da parte aérea, maior

desenvolvimento radicular em área com compactação do solo e alta densidade do sistema radicular, além do baixo custo das sementes. Assim, o milho é a espécie mais indicada como planta de cobertura em solos com compactação superficial (Silva & Rosolem, 2001).

O feijão-de-porco obteve uma produtividade de fitomassa de 15.415 kg ha⁻¹, contrariando a obtida por Favero et al. (2000) em Sete Lagoas – MG, os quais obtiveram 6.468 kg ha⁻¹. Esta diferença de produtividade, provavelmente, tem sua resposta nas distintas condições climáticas dos locais em estudo e ao menor período de crescimento, que, para Favero et al. (2000), não passou do florescimento, ao passo que, neste trabalho, as plantas de cobertura vegetaram até a fase de início da formação do grão (92 DAE).

O feijão-de-porco apresentou ainda os maiores teores de N e Ca na parte aérea quando comparado com o milho e a vegetação espontânea (Quadro 1). Dessa maneira, o teor de N na parte aérea do feijão-de-porco foi 147 e 197% superior ao apresentado pela vegetação espontânea e milho, respectivamente, e para o teor de Ca foi 405% maior do que a média do milho e vegetação espontânea, as quais não diferiram entre si. Entretanto, o teor de N na parte aérea da vegetação espontânea foi 20% superior ao encontrado no milho. Lima (2002) observou teor de N na parte aérea do milho semelhante ao verificado neste trabalho. Semelhantemente, foi constatado por Perin et al. (2004) que uma espécie leguminosa apresentou maiores teores de N e Ca na parte aérea, quando comparado com milho e vegetação espontânea. Desta forma, ficou evidenciado, possivelmente, o maior potencial de leguminosas em fixar N atmosférico e reciclar Ca do solo.

Os teores de P e S da parte aérea do milho foram 65 e 352% e 26 e 231% superiores aos apresentados pelo feijão-de-porco e vegetação espontânea, respectivamente (Quadro 1). Já o feijão-de-porco apresentou teores de P e S na parte aérea, aproximadamente, 174 e 263% maiores que a vegetação espontânea. Estes resultados são parecidos ao obtido por Lima (2002), o qual também verificou que o milho, dentre outras espécies, apresentou maior teor de P na parte aérea.

Com exceção de algumas leguminosas, como exemplo o guandu (Lima, 2002), geralmente as espécies de gramíneas, como o milho, apresentam maior

eficiência para reciclagem de fósforo. Este fato pode ser justificado pela pouca mobilidade do P no solo e pela alta densidade radicular apresentada por espécies gramíneas, as quais possuem sistema radicular na forma fasciculada, que favorece a interceptação radicular, forma pela qual maior parte do P do solo é absorvida, seguida da difusão.

Os teores de K na parte aérea das plantas de cobertura não diferiram significativamente entre si (Quadro 1). Por outro lado, foi verificado, em outros trabalhos, que a vegetação espontânea se destacou com maiores teores de K na parte aérea (Lima, 2002; Perin et al., 2004). Isto se deve, provavelmente, às diferenças quanto aos aspectos fitossociológicos, ou seja, à ocorrência de espécies certamente diferentes na vegetação espontânea de cada local em estudo.

O milho também apresentou os maiores teores de Mg, Fe e Zn apresentados na parte aérea sendo, respectivamente, 42, 99 e 171% superiores às médias apresentadas pelo feijão-de-porco e vegetação espontânea, os quais não diferiram entre si (Quadros 1 e 2). Perin et al. (2004) não observaram diferenças significativas dos teores de Mg da parte aérea do milho com relação à vegetação espontânea.

Quadro 2. Teor de Mn, Zn, Fe e Cu na parte aérea das plantas de cobertura em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie	Parte aérea das plantas de cobertura			
	Teor de micronutrientes			
	Mn	Zn	Fe	Cu
	----- mg kg ⁻¹ -----			
Milho	81,6a ¹	56,6a	254,4a	5,2b
Feijão-de-porco	41,4b	19,9b	149,5b	7,0a
Vegetação espontânea	76,9a	21,9b	106,2b	7,0a
Média	66,6	32,8	170,0	6,4
CV (%)	24	16	30	26

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O teor de Mn da parte aérea de milho e vegetação espontânea não diferiram significativamente, mas foi em média 91% maior em relação ao obtido pelo feijão-de-porco (Quadro 2). Por outro lado, o feijão-de-porco e a vegetação espontânea, em média, apresentaram teor de Cu na parte aérea, aproximadamente, 35% maior que o milho.

Com relação ao acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura, foi observado que os acúmulos de K, Cu, N e Ca pelo feijão-de-porco, respectivamente, foram 158, 214, 593 e 1203% superiores à média acumulada pelo milho e vegetação espontânea, sendo que estes dois últimos não diferiram entre si significativamente (Quadro 3). Semelhantemente, os acúmulos de N, K e Ca na parte aérea apresentados pelo milho não diferiram da vegetação espontânea, em outros trabalhos de pesquisa (Lima, 2002; Perin et al., 2004) e, o feijão-de-porco também apresentou maior acúmulo de N e Ca que a vegetação espontânea na parte aérea (Favero et al., 2000).

As espécies espontâneas produziram quantidade semelhante de fitomassa ao milho (Quadro 1), além de acumularem K similarmente ao milho (Quadro 3), por causa do elevado teor desse nutriente (Quadro 1), pois em termos de teores de K se igualou às demais plantas de cobertura. Assim, as plantas espontâneas podem promover o mesmo efeito de ciclagem de K que o milho na adubação verde. Vale ressaltar, entretanto, que muitas das espécies da vegetação espontânea são plantas potencialmente competidoras com as culturas de interesse comercial.

O feijão-de-porco se destacou, também, em acúmulo de P, Mg, S e Fe na parte aérea, apresentando valores, respectivamente, 49, 85, 97 e 48% maiores do que o milho e 646, 208, 956 e 276% maiores do que a vegetação espontânea (Quadro 3). Já o milho acumulou, aproximadamente, cinco, duas, quatro e três vezes mais fósforo, magnésio, enxofre e ferro na parte aérea do que a vegetação espontânea. Isso corrobora o que foi observado por Lima (2002), o qual verificou maior acúmulo de P na parte aérea do milho quando comparado à vegetação espontânea. Porém, o acúmulo de P e Mg no milho (Perin et al., 2004) e magnésio (Favero et al., 2000) não diferiu significativamente das espécies espontâneas. Da mesma forma, o feijão-de-porco não apresentou maior acúmulo de P em comparação à vegetação espontânea (Favero et al., 2000).

Quadro 3. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Fe e Cu na parte aérea das plantas de cobertura aos 92 dias após a emergência em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie	Acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura									
	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe	Cu
	----- kg ha ⁻¹ -----									
Milheto	59b ¹	65b	90b	22b	20b	33b	0,51a	0,36a	1,58b	0,03b
Feijão-de-porco	426a	97a	237a	254a	37a	65a	0,64a	0,31a	2,33a	0,11a
Vegetação espontânea	64b	13c	94b	17b	12c	9c	0,44a	0,13b	0,62c	0,04b
Média	183	58	140	98	23	36	0,53	0,27	1,51	0,06
CV (%)	33	39	40	41	39	37	48	50	56	38

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Entretanto, o milho, mesmo apresentando menores acúmulos de P na parte aérea que o feijão-de-porco, ainda se apresenta como uma eficiente espécie de cobertura na reciclagem de fósforo, superando a vegetação espontânea. O feijão-de-porco só se destacou em acúmulo de P, S e Fe na parte aérea em relação ao milho, possivelmente devido a maior acúmulo de fitomassa (Quadro 1). Portanto, de maneira geral, o feijão-de-porco poderá ser indicado como uma espécie potencialmente eficiente em reciclagem de P, S e Fe para adubação verde.

As plantas de cobertura apresentaram acúmulo de Mn na parte aérea semelhante entre si (Quadro 3). Por outro lado, o feijão-de-porco e o milho, em média, superaram em, aproximadamente, três vezes o acúmulo de Zn na parte aérea em relação às espécies espontâneas.

As produtividades médias do milho 'UENF 506-8' e do feijão 'Pérola' foram de 5.008 e 1.766 kg ha⁻¹, respectivamente (Quadro 4). Portanto, superiores às produtividades médias nacional e estadual, que foram, respectivamente, de 2.909 e 799 kg ha⁻¹, e de 2.280 e 840 kg ha⁻¹ para o milho e feijão, respectivamente (Conab, 2005).

O milho obteve produtividade em sistema de semeadura direta (SSD) sobre o feijão-de-porco, aproximadamente, 37 e 80% maior que o milho em manejo convencional do solo (SC) com vegetação espontânea incorporada e em SSD sobre milho, respectivamente (Quadro 4), corroborando os resultados obtidos em trabalhos que verificaram que o milho apresentou maiores produtividades sobre leguminosas, em média, 6.409 kg ha⁻¹ (Derpsch et al., 1985) e 6.297 kg ha⁻¹ (Aita et al., 1994). Portanto, evidenciando os benefícios do fornecimento de N, fixado pelos Rizóbios em associação com as leguminosas e que são disponibilizados durante processo de decomposição destes materiais, influenciando positivamente a produtividade do milho em sucessão.

Quadro 4. Resultado de produtividade do milho e do feijão em função da utilização de adubos verdes nos sistemas semeadura direta (SSD) e convencional (SC) em Campos dos Goytacazes – RJ

Espécie de Cobertura e Sistema de Manejo	Milho	Feijão
	'UENF 506-8'	'Pérola'
Produtividade		
----- kg ha ⁻¹ -----		
Milheto e SSD milho e feijão	3.654c ¹	1.240b
Feijão-de-porco e SSD milho e feijão	6.569a	2.858a
Veg. espontânea – SC milho e feijão	4.802b	1.199b
Média	5.008	1.766
CV (%)	10	17

^{1/} Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

A cultura do milho em SSD sobre palhada de milho apresentou a menor produtividade, sendo, aproximadamente, 44 e 24% menor em relação ao obtido no SSD sobre feijão-de-porco e SC com espécies espontâneas incorporadas, respectivamente (Quadro 4). Semelhantemente, foi observado por Derpsch et al. (1985) que o milho cultivado sobre palhada de gramíneas apresentou, também, menores produções. Isto se deve, possivelmente, à ampla relação C/N destas

espécies de cobertura e ao fato de não fixarem eficientemente o N_2 atmosférico como as leguminosas com as associações simbióticas com Rizóbios. Assim, pode-se inferir que não é adequado o cultivo de gramíneas em sucessão a esta mesma família. Por outro lado, que a maior produtividade promovida pela vegetação espontânea se deve, em parte, à presença de algumas espécies leguminosas, que, possivelmente, contribuíram com as associações simbióticas fixando N_2 e disponibilizando para o milho.

O que se tem verificado na literatura é que culturas da família das leguminosas, como a soja, quando cultivadas sobre a palhada de gramíneas em SSD, apresentam maiores rendimentos de grãos em comparação aos cultivos sobre leguminosas (Derpesch et al., 1985; Ferro, 1991; Lima, 2002). Isto porque são capazes de fixar o N_2 e não necessitam tanto dos benefícios proporcionados pelas plantas de cobertura da família Leguminosae, em termos de aportes de N atmosférico. Todavia, carece mais da permanente cobertura do solo que promova maior manutenção da umidade e da menor amplitude térmica do solo, para favorecer os processos biológicos da simbiose.

Contrariando a lógica destas observações citadas, o feijão cultivado sobre palhada de milho e vegetação espontânea apresentou 57% de redução na produtividade em relação ao seu cultivo sobre o feijão-de-porco. Portanto, o feijão-de-porco proporcionou o maior rendimento, em torno de 2.858 kg ha⁻¹, de grãos. Uma ressalva, entretanto, deve ser feita quando se trata da cultura do feijão. Esta é uma cultura de ciclo curto, nem sempre eficiente na fixação de N_2 e, praticamente, todo o nitrogênio requerido é absorvido até os 50 DAE (Hungria et al., 1985). Logo, a adubação nitrogenada tem sido recomendada para a cultura do feijão, visando à expressão do máximo rendimento econômico (Vieira et al., 1998).

CONCLUSÕES

1. O feijão-de-porco apresentou taxa de cobertura do solo 206 e 821% maior que a do milho e da vegetação espontânea, respectivamente, e, aos 51 DAE, proporcionou 82% de cobertura do solo.

2. O feijão-de-porco se destacou com a maior produtividade de matéria seca ($15.415 \text{ kg ha}^{-1}$), maiores teores de N, Ca e Cu na parte aérea e se mostrou mais eficiente no acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e Cu comparativamente ao milho e à vegetação espontânea.

3. O milho apresentou maiores teores de P, Mg, S, Zn e Fe na parte aérea do que o feijão-de-porco e vegetação espontânea. E o teor de K na parte aérea das espécies espontâneas se assemelhou ao obtido no feijão-de-porco e milho. O milho foi mais eficiente que a vegetação espontânea, em acúmulo de P, Mg, S, Zn e Fe na parte aérea.

4. O sistema de semeadura direta empregando a adubação verde com o feijão-de-porco proporcionou as maiores produtividades de grãos do milho 'UENF 506-8' (6.569 kg ha^{-1}) e do feijão 'Pérola' (2.858 kg ha^{-1}), comparativamente ao SSD sobre milho e SC com vegetação espontânea incorporada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aita, C.; Ceretta, C.A.; Thomas, A.L.; Pavinato, A. & Bayer, C. (1994) Espécies de inverno com fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 18: 101-108.
- Amado, T.J.C.; Mielniczuk, J. & Fernandes, S.B.V. (2000) Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 179-189.
- Andreola, F.; Costa, L.M.; Olszewski, N. & Jucksch, I. (2000) A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 867-874.
- Bertol, I.; Schich, J. & Batistela, O. (2002) Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia preta em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 545-552.

- Boaretto, A.E.; Chitolina, J.C.; Raij, B. van; Silva, F.C. da; Tedesco, M.J. & Carmo, C.A.F. de S. do. (1999) Amostragem acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F.C. da. (org.) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: EMBRAPA – Embrapa comunicação para Transferência de tecnologia. p.49-73.
- Bortoluzzi, E.C. & Eltz, F.L.F. (2000) Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 449-457.
- Braga, J. M., Defelipo, B. V. (1974) Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e plantas. *Revista Ceres*, 21: 73-85.
- Ceretta, C.A.; Aita, C.; Braidá, J.A.; Pavinato, A. & Salet, R.L. (1994) Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 18: 215-220.
- Ciotta, M.N.; Bayer, C.; Ernani, P.R.; Fontoura, S.M.V.; Albuquerque, J.A. & Wobeto, C. (2002) Acidificação de um latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 1055-1064.
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. (2005) *Revista Indicadores da Agropecuária*. Brasília, ano XIV, 9: 5-11.
- Derpsch, R.; Sidiras, N. & Heinzmann, F. X. (1985) Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20 (7): 761-773.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1996) *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 204p.

- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2003) <<http://www.cnpaf.embrapa.br>> Acesso: 10 de outubro de 2003.
- Falleiro, R.M.; Souza, C.M.; Silva, C.S.W.; Sedyama, C.S.; Silva, A.A. & Fagundes, J.L. (2003) Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 1097-1104.
- Favero, C.; Jucksch, I.; Costa, L.M.; Alvarenga, R.C. & Neves, J.C.L. (2000) Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 171-177.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3a edição / Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió : EDUFAL, 422p.
- Ferro, M. (1991) Efeito residual de diferentes espécies de adubos verdes de inverno sobre o rendimento de soja e milho. In: *Anais Reunião Centro-Sul de adubação verde e rotação de culturas*, 3, Cascavel: OCEPAR, p.126.
- Hungria, M.; Neves, M.C.P. & Victoria, R.L. (1985) Assimilação do nitrogênio fixado pelo feijoeiro. II. Absorção e translocação do N mineral e do N fixado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 9: 201-209.
- Jackson, M. L. (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M. L. (ed.). *Soil chemical analysis* Englewood Cliffs, Prentice Hall, p.195-196.
- Jones, J.B., Wolf, B., Mills, H. A. (1991) *Plant Analysis Handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens, Georgia, USA. Micro-Macro Publishing Inc., 213p.
- Lima, E.A. de. (2002) *Espécies para cobertura de solo e seus efeitos sobre a vegetação espontânea e rendimentos da soja em plantio direto, em Campos dos*

Goytacazes, RJ. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 62p.

Linder, R.C. (1944) Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiology*, 19: 76-89.

Malavolta, E. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações* / Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira. 2ª ed., rev. e atual. Piracicaba : POTAFOS, 319p.

Mengel, K. (1996) Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. *Plant Soil*, 181: 83-93.

Mielniczuk, J. (1997) A sustentabilidade agrícola e o plantio direto. In: Peixoto, R.T. dos G., Ahrens, D.C. & Samaha, M.J. (eds.) *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa: IAPAR, PRP/PG, p.9-14.

Oliveira, T.K. de; Carvalho, G.J. de; Moraes, R.N.S. (2002) Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37: 1079-1087.

Perin, A.; Santos, R.H.S.; Urquiaga, S.; Guerra, J.G.M. & Cecon, P.R. (2004) Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39 (1): 35-40.

Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. José Ivo Ribeiro Júnior. – Viçosa : UFV, 301p.

- Santos, H.P. dos, Tomm, G.O. & Lhamby, J.C.B. (1995) Plantio direto versus convencional: Efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19: 449-454.
- Silva, R.H. & Rosolem, C.A. (2001) Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 253-260.
- Souza, W.J.O. & Melo, W.J. (2000) Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 885-896.
- Vieira, C.; Paula Jr., T.J. & Borém, A. (1998) *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 596p.

3.7. AVALIAÇÃO DO MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar, agronomicamente, as culturas do milho e do feijão em sistema de semeadura direta (SSD), comparativamente ao convencional (SC) do solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (D.B.C), com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: feijão em SSD sobre palhada de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); milho em SSD sobre palhada de feijão-de-porco; feijão em SSD sobre palhada de milheto (*Pennisetum americanum*); milho em SSD sobre palhada de milheto; feijão SC com vegetação espontânea incorporada e milho SC com vegetação espontânea incorporada ao solo. O milho cultivado em SSD sobre feijão-de-porco apresentou maiores teores de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu nas folhas. O milho, em sistema de semeadura direta sobre palhada de feijão-de-porco, se apresentou com maior número de espigas por planta, peso médio de espigas, peso de cem grãos e, conseqüentemente, a maior produtividade de grãos. O feijão, quando cultivado em SSD sobre palhada de feijão-de-porco, apresentou os maiores teores de N, K e Mg nas folhas, mas, quando cultivado em SSD sobre milheto, apresentou os maiores teores foliares de P, K, S, Mn, Zn e Cu. O feijão, quando cultivado em SSD sobre palha de cobertura de feijão-de-porco, apresentou o maior número de vagens por planta, sementes por vagem, peso de cem grãos e,

conseqüentemente, a maior produtividade de grãos em relação ao cultivo em SSD sobre milho e SC com vegetação espontânea incorporada.

ABSTRACT

MAIZE AND BEAN EVALUATION IN THE NO-TILLAGE SYSTEM IN COMPARISON TO THE CONVENTIONAL ONE IN CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

The objective of this experiment was to evaluate agronomically the cultures of the maize and bean in no-tillage (SSD) comparatively to the conventional (SC) of the soil. The experimental design was the randomized blocks with four replications. The appraised treatments were: bean in SSD over jack bean (*Canavalia ensiformis*); maize in SSD over jack bean; bean in SSD over millet (*Pennisetum americanum*); maize in SSD over millet; bean SC with incorporated spontaneous vegetation and maize SC with incorporate spontaneous vegetation to the soil. The maize cultivated in SSD over jack bean presented higher content of N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe and Cu in the leaves. The maize in no-tillage over straw of jack bean, came with higher number of ears of maize for plant, medium weight of ears of maize, weight of a hundred grains and, consequently the highest productivity of grains. The bean when cultivated in SSD over straw of jack bean, has presented the higher content of N, K and Mg in the leaves, but when cultivated in SSD over millet has presented the highest foliate content of P, K, S, Mn, Zn and Cu. The bean when cultivated in SSD over straw of covering of jack bean, has presented the highest number of green beans for plant, seeds for green bean, weight of a hundred grains and, consequently the highest productivity of grains in relation to the cultivation in SSD over millet and SC with incorporated spontaneous vegetation.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays*), considerando-se a ocorrência de duas safras, ocupa uma área plantada de 12 milhões de hectares no Brasil, produzindo,

aproximadamente, 35 milhões de toneladas, sendo a produtividade média nacional de 2.909 kg ha⁻¹ de grãos. A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se, no Brasil, por sua importância na alimentação da população brasileira. O feijoeiro, considerando as três safras, ocupa, aproximadamente, 4 milhões de hectares, produzindo 3 milhões de toneladas e, a produtividade média nacional é de 799 kg ha⁻¹ de grãos (Conab, 2005). No entanto, as produtividades médias nacionais estão muito aquém do potencial produtivo destas culturas, que podem chegar a 6.000 e 13.000 kg ha⁻¹, no caso do feijão e do milho, respectivamente (White & Izquierdo, 1991; Gerage et al., 2005).

A degradação do solo tem sido uma preocupação constante da comunidade científica, por causa da redução na produtividade das culturas, do aumento no custo de produção e dos danos ao meio ambiente. Uma das práticas mais efetivas e eficientes de conservação do solo é o emprego do sistema de plantio direto. O sistema de plantio direto reduz a erosão e as perdas de solo e água em 68% em relação à aração com duas gradagens e 52% com escarificação com gradagem (Corrêa, 1980; Schick et al., 2000), aumenta a retenção de água no solo (Andrade et al., 2002), contribui no controle de plantas daninhas (Pereira & Velini, 2003) e reduz o custo de produção. Além disso, permite racionalizar os custos, o uso de equipamentos e o tempo, e melhora a fertilidade do solo (Salton et al., 1998). O plantio direto com as intrínsecas práticas da adubação verde e rotação de culturas promove a acumulação de carbono no solo e, desta maneira, seqüestra o CO₂ e contribui, efetivamente, para mitigar o efeito estufa (Corazza et al., 1999; West & Post, 2002).

O sistema de plantio direto é considerado um importante sistema de produção agrícola sustentável. Esta nova tecnologia, que não é tão nova assim, é utilizada há muito tempo na região Sul do País (Salton et al., 1998). Na região Central, a área cultivada com o sistema de plantio direto vem aumentando nos últimos anos (Salton et al., 1998). Na região Sudeste, mais especificamente no Estado do Rio de Janeiro, a área de plantio direto é muito pequena, nem aparece nos levantamentos estatísticos (Sade, 2000). Merece destaque a região Norte Fluminense, que possui uma das maiores áreas agricultáveis do estado, que, segundo IBGE (1996), isoladamente chega a 137 mil hectares e apresenta condições

edafoclimáticas muito semelhantes às do cerrado, com exceção da baixa altitude, que é em torno de 12 metros. Todavia, só atualmente esta região inicia-se com algumas áreas comerciais isoladas em sistema de plantio direto de cana-de-açúcar (Duarte Jr. & Coelho, 2005). Portanto, são necessárias informações científicas a respeito do comportamento de culturas como o milho e feijão em sistema de semeadura direta, para que, nesta região, aumente a área de plantio direto, de forma racional, como tem ocorrido no restante do Brasil.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar, agronomicamente, as culturas do milho e feijão em sistema de semeadura direta (SSD) comparativamente ao convencional (SC) do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Abadia, pertencente ao Grupo Queiroz Galvão, no município de Campos dos Goytacazes (situado a 21°44'47" de latitude Sul e 41°18'24" de longitude Oeste com altitude de 12 metros), Norte do Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 01 de dezembro de 2003 a 05 de novembro de 2004. Os dados climáticos referentes ao período da condução do experimento estão na Figura 1.

O experimento foi conduzido em solo classificado como Cambissolo Ta eutrófico argiloso, com boa drenagem e textura argila-siltosa, em torno de 38% de argila, 52% silte e 10% de areia total. Anterior à instalação do experimento, a área era cultivada com a cultura da cana-de-açúcar em sistema de preparo convencional, com aração e gradagem nos períodos de renovação do canavial, e a colheita manual após a cana ser queimada, durante, aproximadamente, 30 anos. Entretanto, o histórico de adubação da cultura nessa área nos últimos 10 anos foi totalmente sem aplicação de adubo no plantio e em cobertura na cana-soca, indicando, possivelmente, uma condição de baixa fertilidade do solo.

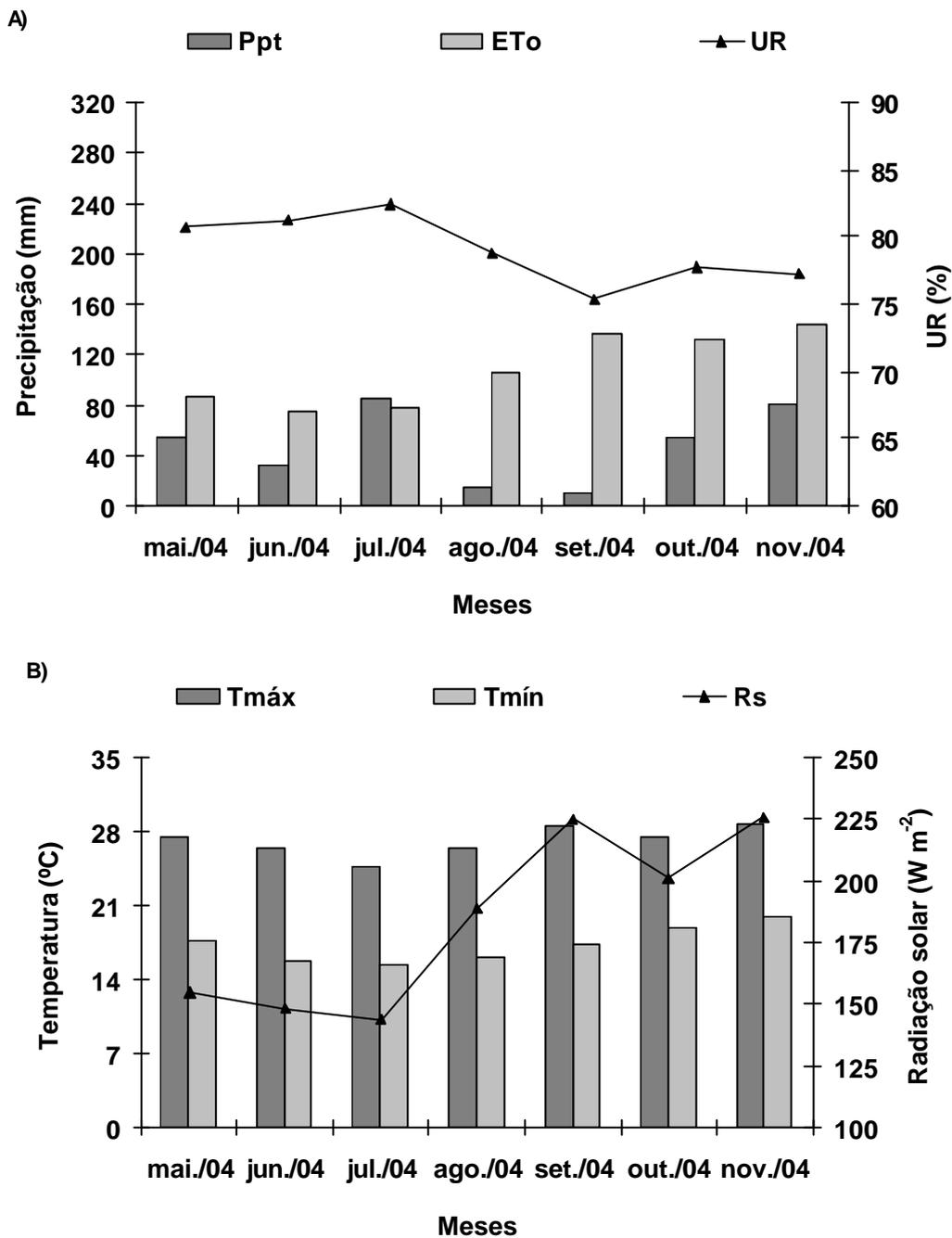


Figura 1. Dados climáticos durante o período de maio de 2004 a novembro de 2004. A) Precipitação total (Ppt), evapotranspiração de referência (ETo) e médias de umidade relativa (UR) e em B) médias de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) e radiação solar (Rs). Fonte: Estação climatológica da UENF/PESAGRO-RJ

A análise química do solo, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H₂O) = 5,5; S-SO₄ = 47,0 (mg dm⁻³); P = 3,5 (mg dm⁻³); K⁺ = 0,25 (cmol_c dm⁻³); Ca⁺⁺ = 4,6 (cmol_c dm⁻³); Mg⁺⁺ = 1,8 (cmol_c dm⁻³); Al⁺⁺⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); H⁺+Al = 3,8 (cmol_c dm⁻³); Na⁺ = 0,1 (cmol_c dm⁻³); C = 16,5 (g dm⁻³); M.O. = 28,5 (g dm⁻³); Fe = 69,0 (mg dm⁻³); Cu = 2,0 (mg dm⁻³); Zn = 2,3 (mg dm⁻³); Mn = 15,4 (mg dm⁻³) e B = 0,4 (mg dm⁻³). O solo foi preparado de forma convencional por meio de duas arações para completa destruição da soqueira da cana (uma pesada e a outra média), uma subsolagem em torno de 50 cm de profundidade para rompimento de possível camada compactada, seguida de duas gradeações (uma para quebrar torrões e a outra para nivelamento do terreno). Para a calagem, utilizou-se calcário calcítico com PRNT de 80%, aplicado na dose de 0,76 toneladas por hectare. Foi aplicado como melhorador da fertilidade do solo o gesso agrícola, tomando-se por base 30% da recomendação de calagem, o que resultou na dose de 0,23 toneladas por hectare.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: feijão em SSD sobre palhada de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); milho em SSD sobre palhada de feijão-de-porco; feijão em SSD sobre palhada de milheto (*Pennisetum americanum*); milho em SSD sobre palhada de milheto; feijão SC com vegetação espontânea incorporada e milho SC com vegetação espontânea incorporada ao solo. As plantas de cobertura foram utilizadas para acumulação de nutrientes, formação de palhada e cobertura do solo para a implantação do sistema de semeadura direta das culturas do feijão e milho.

A parcela ou unidade experimental foi de 6 m de largura e 9 m de comprimento. A área total da unidade experimental foi de 54 m². Utilizou-se uma área útil central de 10 m² e outras duas paralelas à central com 5 m² cada. Os blocos foram dispostos seguindo transversalmente o gradiente de argila do terreno determinado pela análise textural do solo, com uma faixa de 2 m separando os blocos.

Em 01 de dezembro de 2003, foi realizada a semeadura dos adubos verdes em sulcos espaçados de 0,5 m para o feijão-de-porco e o milheto foi semeado a lanço na proporção de 15 kg ha⁻¹ de semente. Utilizou-se a densidade de semeadura de três sementes viáveis por metro linear e 280 sementes viáveis por metro

quadrado para cada espécie citada anteriormente, respectivamente, conforme recomendações do fornecedor de sementes. A profundidade média da semeadura foi de 2 cm, realizada manualmente. Não foi realizada adubação na ocasião da semeadura. O período escolhido para semeadura é justificado por ser o recomendado tecnicamente para as espécies utilizadas e ser bastante chuvoso, dispensando a irrigação. Dessa maneira, a adubação verde poderá ser praticada pelos agricultores da região com custo apenas das sementes e operações de semeadura. Foi considerada emergência das plantas de cobertura a época em que, aproximadamente, 50% de todas as espécies emergiram. Não foi empregada nenhuma prática de manejo das plantas daninhas, sendo que os adubos verdes crescem em competição com espécies espontâneas presentes na área.

Utilizou-se a cultivar de feijão 'Pérola', tipo carioca, hábito de crescimento indeterminado tipo II, de alta produtividade e ampla adaptação. Foi efetuada a adubação de plantio, aplicando-se 70 e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e em cobertura parcelado em duas vezes, aos 25 e 40 dias após a emergência (DAE), aplicou-se um total de 40 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, seguindo nível tecnológico com expectativa de produtividade de 1.800 a 2.500 kg ha⁻¹ de grãos, proposto por Vieira et al. (1998). O cultivar utilizado de milho foi o híbrido 'UENF 506-8', que é um híbrido interpopulacional desenvolvido via seleção recorrente recíproca de família de irmãos completos e, de adubação, foram aplicados 60 e 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e em cobertura, aos 35 DAE, que coincidiu com a oitava folha bem desenvolvida, aplicou-se um total de 70 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, seguindo a recomendação da EMBRAPA (1996). Para o manejo de plantas daninhas, foram aplicados, em pós-emergência, os herbicidas Fluazifop-p-butil + fomesafen e Nicosulfuron nas respectivas doses de 0,200 + 0,250 kg ha⁻¹ do i.a. e de 0,06 kg ha⁻¹ do i.a., respectivamente, para a cultura do feijão (15 DAE) e do milho (20 DAE). Quanto ao manejo de doenças e pragas, não houve constatação durante a condução do experimento de incidências em nível do limiar de dano econômico. As culturas foram irrigadas somente quando necessário, com sistema de irrigação por aspersão.

Aos 50 DAE do feijão e aos 66 DAE do milho, foram realizadas amostragens para determinação dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Fe e Cu. No estádio R6 do feijão, que corresponde ao pleno florescimento (50 DAE), foi coletada a primeira folha completamente expandida, no sentido do ápice da planta para a base, de dez plantas amostradas aleatoriamente para cada unidade experimental. No estádio R5 do milho, período em que as espigas expõem os estilo-estigmas (66 DAE), foi coletada a folha oposta e abaixo da espiga, de dez plantas amostradas aleatoriamente para cada unidade experimental. 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 horas.

As determinações de macro e micronutrientes foram realizadas no setor de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. As amostras secas das plantas de cobertura foram trituradas em moinho do tipo Willey, com peneira de 20 malhas por polegada. Para determinação de P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Fe e Zn das plantas de cobertura, foram utilizadas amostras de 0,50 g do material vegetal moído e submetidas à digestão nítrico-perclórica (Jones et al., 1991; Malavolta, 1997), usando-se 3,0 mL de HNO₃ 65% p.a. mais 1,0 mL de HClO₄. Os teores de Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, em espectrômetro de absorção atômica SHIMATZU Modelo AA6200. Para determinar o teor de P, fez-se a redução do complexo fosfo-molibdico pela vitamina C (Braga e Defelipo, 1974) e S foi realizado por turbidimetria do sulfato de bário e, posteriormente, foram determinados por espectrofotometria em espectrofotômetro Zeiss Modelo Spekol UV VIS (Malavolta, 1997). O K foi determinado por fotometria de chama (Malavolta, 1997). Para a determinação do N orgânico, usaram-se amostras de 0,10 g de material vegetal moído, que foram submetidas à digestão sulfúrica (Linder, 1944; Jones et al., 1991; Malavolta, 1997). No extrato, dosou-se o N orgânico, utilizando-se o reagente de Nessler (Jackson, 1965). O teor de N orgânico foi determinado por espectrofotometria em espectrofotômetro Zeiss Modelo Spekol UV VIS.

Determinou-se o número de plantas por hectare, de vagens por planta, sementes por vagem, peso de cem grãos e produtividade do feijão, aos 81 DAE, realizando-se a colheita das plantas manualmente na área útil da unidade

experimental. As plantas colhidas foram colocadas no sol para secar uniformemente. Posteriormente, fez-se a batidura do feijão manualmente, separando-se o grão da palha. Os grãos de feijão, após a batidura, foram expostos ao sol até chegar à umidade de 14%, quando, finalmente, foi determinada a produtividade de grãos.

Para determinar o número de plantas de feijão, contaram-se todas as plantas presentes na área útil e, posteriormente, calculou-se a população por hectare. O número de vagens por planta foi determinado contando-se as vagens de dez plantas coletadas aleatoriamente logo após o arranquio e calculando-se a média. O número de sementes por vagem foi determinado contando-se os grãos de dez vagens aleatoriamente e calculando-se a média. O peso de cem sementes foi determinado pesando-se quatro amostras de cem sementes cada e calculando-se a média.

Para o milho, a colheita foi realizada, aos 135 DAE, manualmente, arrancando-se as espigas das plantas já secas da área útil experimental. Foram determinados os números de plantas por hectare e espigas por planta. Posteriormente, as espigas colhidas foram despalhadas, determinou-se o peso de espigas e, em seguida, debulhadas, determinando-se o peso de cem grãos e a produtividade de grãos. Após, foi determinada a umidade da massa de grãos do milho de cada amostra, e recalculada a produtividade a 14% de umidade.

Para determinar o número de plantas de milho, contaram-se todas as plantas presentes na área útil e, posteriormente, calculou-se por hectare. O número de espigas por planta foi determinado, contando-se de dez plantas aleatoriamente as espigas presentes em cada planta de milho e calculando-se a média. O peso de espigas foi determinado coletando-se dez espigas despalhadas aleatoriamente, pesando-se e calculando-se o peso médio. O peso de cem sementes foi determinado pesando-se quatro amostras de cem sementes cada e calculando-se a média das quatro pesagens.

Os resultados de teores foliares de nutrientes e todas as demais variáveis do feijão e do milho, separadamente, foram analisados segundo o delineamento em blocos ao acaso com três tratamentos. Na análise de variância (Teste F), os dados foram interpretados quando havia existência de diferença significativa entre os tratamentos (Ferreira, 2000).

Utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + b_r + TR_i + e_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} = valor observado na parcela que recebeu o sistema de manejo i , no bloco j ;

μ = média geral da variável;

b_r = efeito do bloco r ($r = 1, 2, 3$ e 4);

TR_i = efeito do sistema de manejo i ($i = 1, 2$ e 3);

e_{ij} = efeito do erro aleatório, normal e independente, com distribuição de média 0 e variância s^2 .

Nos casos em que, na análise de variância o $F_{\text{calculado}}$ foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), para analisar o comportamento de cada cultura separadamente em função do manejo do solo. Foi utilizado o software Sistema para Análises Estatísticas SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O milho 'UENF 506-8', cultivado em SSD sobre palhada de feijão-de-porco, apresentou teores foliares de N, K, Ca, Mn, Zn e Cu, respectivamente, 52, 20, 19, 32, 66 e 60% superiores aos obtidos pelo milho em SSD sobre milho e SC com vegetação espontânea incorporada (Quadros 1 e 2).

Quadro 1 – Teores foliares de macronutrientes no milho 'UENF 506-8' em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
MT/MI SSD	14,8b ²	5,8a	18,9b	3,8b	2,7ab	3,1a
FP/MI SSD	22,4a	5,9a	21,8a	4,4a	2,8a	3,2a
VE/MI SC	14,7b	5,0b	17,6b	3,6b	2,4b	3,0a
Média	17,3	5,5	19,4	3,9	2,6	3,1
CV (%)	10,1	7,1	10,0	9,0	9,0	5,9

⁽¹⁾ MT= milho; MI= milho; SSD= sistema de semeadura direta; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea e SC= sistema convencional.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Quadro 2 – Teores foliares de micronutrientes no milho ‘UENF 506-8’ em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	Mn	Zn	Fe	Cu
	----- mg kg ⁻¹ -----			
MT/MI SSD	44,6b ²	13,8b	85,5b	5,7b
FP/MI SSD	64,7a	23,0a	115,8a	8,3a
VE/MI SC	53,8b	13,9b	71,1c	4,7b
Média	54,4	16,9	90,8	6,2
CV (%)	14,7	15,4	10,3	16,1

⁽¹⁾ MT= milheto; MI= milho; SSD= sistema de semeadura direta; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea e SC= sistema convencional.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O aumento no teor de N foliar no milho pode ser justificado pela maior disponibilidade deste elemento no solo proporcionado pelo SSD assim como o observado por Souza & Melo (2000) sobre leguminosas. Semelhantemente, foi observado, em estudo no estado do Paraná, que a semeadura direta do milho proporcionou à cultura maior teor de N foliar. Porém, o teor de nitrogênio encontrados pelos autores (31,6 g kg⁻¹) para o milho (Muzilli et al., 1983) foi superior ao maior valor observado neste trabalho (22,4 g kg⁻¹).

Os aportes de N ao solo, pela utilização de plantas de cobertura sob sistema de plantio direto tem resultado favorável depois de vários anos de pesquisa nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, conferindo um trabalho literário com bases científicas, como um manual de recomendação de adubação nitrogenada para o milho. Este trabalho não dispensa acompanhamento de campo, visando a ajustes que se fizerem necessários, especialmente porque sistemas de produção, baseados em culturas de cobertura, dependem de processos biológicos influenciados por condições de clima, manejo e solo, que devem ser acompanhados localmente (Amado et al., 2002).

Os teores foliares de K e Ca no milho para todos os tratamentos, assim como Mn no milho SSD sobre palhada de feijão-de-porco e SC; Zn e Cu no milho SSD

sobre feijão-de-porco, foram menores do que os resultados obtidos por Pires et al. (2003) também avaliando o estado nutricional do milho sobre plantio direto. Todavia, estes autores observaram produtividades superiores às obtidas neste trabalho.

O teor de P foliar encontrado no milho SSD sobre feijão-de-porco não diferiu significativamente do verificado no SSD sobre milheto, mas foi, em média, 17% maior em relação ao teor obtido no milho em SC com vegetação espontânea incorporada ao solo (Quadro 1). Dessa maneira, pode-se observar a maior eficiência do milheto e do feijão-de-porco em reciclar e disponibilizar fósforo na solução do solo quando comparado as espécies espontâneas. Além disso, os teores de P observados nas folhas do milho foram maiores do que o observado por Pires et al. (2003), que foi, em média, de $2,7 \text{ g kg}^{-1}$, e por Caires et al. (2002), que relataram $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ de P nas folhas de milho com produtividades acima de 7.600 kg ha^{-1} de grãos.

O teor de Mg nas folhas do milho em SSD sobre feijão-de-porco foi 17% maior que no milho SC com vegetação espontânea. Já o milho SSD sobre milheto não diferiu significativamente do SSD sobre feijão-de-porco e SC com espécies espontâneas incorporadas (Quadro 1). Semelhantemente, Pires et al. (2003) verificaram teor de Mg nas folhas do milho por volta de $2,2 \text{ g kg}^{-1}$.

Com relação ao teor de S nas folhas, o milho não apresentou diferenças entre os três sistemas avaliados. Porém, o milho apresentou o maior teor de Fe nas folhas quando cultivado sobre feijão-de-porco. Entretanto, quando cultivado em SSD sobre milheto, foi 20% maior o teor de Fe foliar do que no cultivo convencional (Quadros 1 e 2).

A diagnose nutricional do milho revelou que todos os tratamentos proporcionam teores de N foliar abaixo da faixa adequada. Porém, os teores de P e S estavam acima da faixa e K, Ca e Fe, dentro da faixa adequada. Todavia, o milho SSD sobre feijão-de-porco apresentou teores de Mg, Mn, Zn e Cu dentro da faixa adequada, enquanto os teores de Mn, Zn e Cu nas folhas do milho SSD sobre milheto, estavam abaixo da faixa adequada. E, finalmente, os teores de Mg, Zn e Cu nas folhas do milho em SC com espécies espontâneas incorporadas estavam também abaixo da faixa adequada, de acordo com Malavolta (1997). Portanto, o N foi o nutriente que, possivelmente, limitou o rendimento da cultura do milho em todos os tratamentos.

É relevante ressaltar que as plantas de cobertura foram manejadas antecedendo a semeadura do milho e do feijão por volta de dois meses. Esperava-se que o feijão-de-porco, que geralmente acumula grandes quantidades de N na sua fitomassa, poderia ter suprido a demanda de N do milho. Entretanto, devido ao tempo decorrido e à sua baixa relação C/N, possivelmente se decompôs e mineralizou grande parte do N que estava em frações orgânicas na fitomassa para a forma mineral que, posteriormente, se perdeu por processos como lixiviação, desnitrificação e imobilização por microrganismos do solo. Isto provavelmente não contribuiu plenamente para suprir a demanda de N do milho, por não ter ocorrido uma perfeita coincidência da liberação do N da palhada em decomposição com o período de pico de absorção deste elemento pela cultura. Dessa maneira, apresentou deficiência nutricional mesmo com a adubação de N em cobertura.

A produtividade do milho foi, aproximadamente, 37 e 80% maior no cultivo em SSD sobre palhada de feijão-de-porco do que em SC com vegetação espontânea incorporada e SSD sobre milheto, respectivamente (Quadro 3). A maior produtividade do milho em SSD sobre feijão-de-porco se deve ao maior número de espigas por planta com relação aos dois outros sistemas de manejo (Quadro 3).

Quadro 3 – Número de plantas por área (PLA), número de espigas por planta (ESP), peso médio de espigas (PEE), peso de 100 sementes (PEC) e produtividade (PRO) do milho 'UENF 506-8' em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	PLA	ESP	PEE	PEC	PRO
	Nº Plantas ha ⁻¹		----- g -----		-- kg ha ⁻¹ --
MT/MI SSD	44.250a ²	1,3b	114,1b	25,8b	3.654c
FP/MI SSD	43.750a	1,7a	162,8a	30,6a	6.569a
VE/MI SC	48.750a	1,2b	144,1ab	28,2ab	4.802b
Média	45.583	1,4	140,4	28,2	5.008
CV (%)	10,4	11,6	18,2	8,9	9,5

⁽¹⁾ MT= milheto; MI= milho; SSD= sistema de semeadura direta; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea e SC= sistema convencional.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Entretanto, o SSD sobre feijão-de-porco apresentou peso médio de espigas e peso de cem grãos, respectivamente, 43 e 19% superior ao SSD sobre milho e não diferindo significativamente do SC. Semelhantemente, o milho, quando cultivado em SSD sobre palhada remanescente de culturas leguminosas, obteve maior produtividade de grãos do que sobre palhada residual de gramíneas (Muzilli et al., 1983).

O cultivo do milho em sucessão ao milho resultou na menor produtividade, sendo, aproximadamente, 24% inferior ao convencional (Quadro 3). Ceretta et al. (2002) indicaram que, quando o milho é cultivado em sucessão a uma gramínea como a aveia preta, é necessário, como segurança, a aplicação de N na semeadura e em cobertura. Isto se deve, possivelmente, à alta demanda de N pela cultura e pela imobilização de parte deste nutriente pelos microrganismos.

Cunha et al. (2002) compararam o manejo do solo utilizando o arado aiveca com o plantio direto e verificaram que a produtividade de grãos do milho foi maior quando do preparo do solo com arado de aiveca. No entanto, neste trabalho, os autores não empregaram a adubação verde, nem descrevem um contexto de rotação de culturas. Portanto, provavelmente a ausência de palhada formada por adubos verdes na superfície do solo no plantio direto pode ter sido a causa da menor produtividade do milho quando comparado com o preparo com arado de aiveca. Por outro lado, pode ser que os resíduos remanescentes sejam de espécies de culturas da mesma família do milho, ou seja, gramíneas.

Resultados de pesquisa e observações em nível de campo têm mostrado que o rendimento de milho e de outras culturas, obtido pelo sistema de plantio direto, é, pelo menos, igual ao rendimento obtido pelo plantio convencional. Corrêa (1980) inferiu que, além da economia de combustível, o plantio direto diminui o tempo gasto no plantio e na colheita. No plantio porque elimina as operações de preparo do solo e na colheita porque o alargamento da distância entre os terraços, possibilitado pela redução da erosão, oferece condições para um maior rendimento da colhedora.

O feijoeiro apresentou teores de N foliar em SSD sobre feijão-de-porco 32% superior em relação ao cultivado em SSD sobre milho e SC em média (Quadro 4). Já o SSD sobre palhada de milho proporcionou, para o feijão, teores de P, S, Zn e

Cu, respectivamente, 36, 38, 37 e 48% maiores do que a média proporcionada pelo SSD sobre feijão-de-porco e SC com vegetação espontânea (Quadros 4 e 5).

Quadro 4 – Teores foliares de macronutrientes no feijão cultivar 'Pérola' em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
MT/FE SSD	28,5b ²	9,9a	19,3a	15,5a	6,0b	5,6a
FP/FE SSD	38,2a	6,9b	17,6ab	18,0a	6,3ab	4,1b
VE/FE SC	29,2b	7,7b	14,8b	17,9a	7,0a	4,0b
Média	32,0	8,2	17,3	17,1	6,4	4,6
CV (%)	8,5	14,4	14,7	12,3	12,5	10,7

⁽¹⁾ MT= milho; FE= feijão; SSD= sistema de semeadura direta; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea e SC= sistema convencional.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em sistema de plantio direto, o feijão Pérola foi cultivado sobre restos culturais de milho-safrinha no Estado do Paraná, num Latossolo vermelho eutroférico, e apresentou teor de N foliar de 29,8 g kg⁻¹ (Richart et al., 2002), sendo semelhante ao obtido no cultivo SSD sobre palhada de milho.

O teor de K nas folhas do feijão em SSD sobre feijão-de-porco e milho não diferiu significativamente (Quadro 4). No entanto, o feijão SSD sobre milho apresentou teor de K nas folhas 30% superior em relação ao feijão SC com espécies espontâneas.

Os tratamentos aplicados não surtiram efeitos significativos sobre os teores de Ca e Fe nas folhas do feijoeiro (Quadros 4 e 5). Porém, o feijoeiro cultivado em SC obteve teor de Mg foliar, aproximadamente, 17% superior ao SSD sobre milho, mas não diferindo do SSD sobre feijão-de-porco (Quadro 4). Por outro lado, com respeito ao teor foliar de Mn, no feijão cultivado em SC, se assemelhou ao SSD

sobre milho e, em média, foram, aproximadamente, 32% superiores ao cultivado em SSD sobre feijão-de-porco (Quadro 5).

Quadro 5 – Teores foliares de micronutrientes no feijão cultivar 'Pérola' em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	Mn	Zn	Fe	Cu
	----- mg kg ⁻¹ -----			
MT/FE SSD	82,5a ²	45,0a	165,6a	17,7a
FP/FE SSD	63,3b	30,0b	150,7a	11,3b
VE/FE SC	84,2a	35,7b	192,4a	12,6b
Média	76,7	36,9	169,6	13,9
CV (%)	16,4	14,8	41,6	14,0

⁽¹⁾ MT= milho; FE= feijão; SSD= sistema de semeadura direta; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea e SC= sistema convencional.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os teores foliares de N no feijão SSD sobre milho e no SC com vegetação espontânea estão abaixo da faixa adequada e, somente quando cultivado em SSD sobre feijão-de-porco se apresentou dentro desta faixa. Por outro lado, os teores de P nas folhas do feijão foram, em todos os tratamentos, superiores à faixa adequada. Os teores foliares de K no feijão, em todos os tratamentos, estavam abaixo da faixa adequada. Já os teores de Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu nas folhas do feijoeiro estavam dentro da faixa adequada, para todos os tratamentos em estudo. E, finalmente, o teor de foliar de S no feijão cultivado em SSD sobre milho se encontrou dentro da faixa adequada, mas os teores no SSD sobre feijão-de-porco e SC com espécies espontâneas incorporadas se apresentavam abaixo da faixa adequada, de acordo com Malavolta (1997).

A diagnose foliar indicou que os nutrientes N, K e S foram limitantes da produtividade da cultura do feijão cultivado em SC com espécies espontâneas incorporadas. Já para o feijão em SSD sobre feijão-de-porco, o K e o S são, possivelmente, os elementos que limitaram o rendimento da cultura. O feijão, quando

em SSD sobre milho, apresentou teores de N e K nas folhas que indicaram limitantes do rendimento.

O feijão Pérola cultivado em SSD sobre palhada de feijão-de-porco se destacou, apresentando produtividade duas vezes maior do que quando cultivado em SSD sobre milho e SC com espécies espontâneas incorporadas (Quadro 6).

A maior produtividade obtida pelo feijoeiro em SSD sobre feijão-de-porco se deve às demais características agrônômicas apresentadas, tais como o número de vagens por planta, sementes por vagem e peso de cem grãos que foram, respectivamente, 150, 14 e 13% superiores à média do obtido pelo feijão em SSD sobre milho e SC, uma vez que estes dois últimos tratamentos não diferenciaram, significativamente, entre si (Quadro 6). Semelhantemente, verificou-se que a produtividade do feijão em sistema de plantio direto foi maior ϕ que no preparo convencional do solo em outros estudos (Corrêa, 1980; Cunha et al., 2002).

Quadro 6 – Número de plantas por área (PLA), número de vagens por planta (VAP), número de sementes por vagem (SEV), peso de 100 sementes (PEC) e produtividade (PRO) do feijão cultivar 'Pérola' em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	PLA	VAP	SEV	PEC	PRO
	Nº Plantas ha ⁻¹			--- g ---	-- kg ha ⁻¹ --
MT/FE SSD	174.875a ²	6,6b	6,2b	25,3b	1.240b
FP/FE SSD	173.375a	18,1a	7,0a	28,3a	2.858a
VE/FE SC	174.750a	7,9b	6,1b	25,0b	1.199b
Média	174.330	10,9	6,5	26,2	1.766
CV (%)	13,6	20,3	5,1	4,1	16,5

⁽¹⁾ MT= milho; FE= feijão; SSD= sistema de semeadura direta; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea e SC= sistema convencional.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Num trabalho realizado no Estado do Paraná, (Richart et al., 2002) constataram, utilizando o cultivar Pérola, uma produtividade de 1.976 kg ha⁻¹ de grãos em sistema de semeadura direta. Isto evidencia que este material, além de ter

ampla adaptabilidade, apresenta-se como uma ótima variedade a ser utilizada em práticas de semeadura direta.

A mineralização do N nos resíduos com relação C/N < 25 é relativamente rápida. Desta forma, para materiais com relação C/N < 25, o período entre o corte da cobertura verde e a semeadura ou plantio da cultura de interesse comercial deve ser realizado o mais breve possível, desde que os outros fatores agronômicos permitam (Heinzmann, 1985). Portanto, neste experimento em que as plantas de cobertura foram manejadas com, aproximadamente, dois meses de antecedência, possivelmente houve favorecimento a perdas de nitrato.

Para as culturas não leguminosas utilizadas na rotação, os resíduos das coberturas verdes devem apresentar a relação C/N em torno de 23 a 24, com a finalidade de se obter uma mineralização uniforme do N. Para as culturas leguminosas, a relação C/N dos resíduos das coberturas verdes deve ser superior a 25 com o objetivo de se obter uma cobertura morta estável e criar condições favoráveis à fixação simbiótica de N_2 (Heinzmann, 1985).

Em trabalho realizado avaliando-se práticas culturais, incluindo o plantio direto comparado ao convencional, Santos et al. (1997) não verificaram diferenças entre as médias de número de vagens por planta, grãos por vagem, peso de cem grãos e produtividade. Todavia, não utilizaram as práticas intrínsecas da adubação verde e rotação de culturas no sistema de plantio direto, apenas realizaram a semeadura sobre resíduos remanescentes de outras culturas.

No início da implantação do sistema de plantio direto no Brasil, preconizava-se somente o não-revolvimento do solo. Porém, não demorou a se verificar a necessidade de aporte e acúmulo de palha na superfície do solo, da utilização da adubação verde e rotação de culturas, pois trabalhos foram evidenciando os benefícios da palhada na superfície do solo como redução de temperatura máxima diária e manutenção da umidade, dentre outros (Bragagnolo & Mielniczuk, 1990). Como exemplo mais contemporâneo, em pesquisa avaliando o desenvolvimento do feijão em diferentes condições de coberturas e preparo do solo, Boller & Caldato (2001) inferiram que, no sistema de plantio direto, existem, além dos motivos conservacionistas, razões econômicas para não realizar plantio direto de feijão em áreas desprovidas de cobertura.

CONCLUSÕES

1. O milho cultivado em SSD sobre feijão-de-porco apresentou maiores teores de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu nas folhas.

2. A diagnose nutricional no milho indicou o N como o principal elemento limitante da produtividade, independente do sistema de manejo e plantas de cobertura. Para o milho cultivado em SC sobre vegetação espontânea incorporada, o Mg, Zn e o Cu possivelmente limitaram a produtividade de grãos, enquanto o milho cultivado em SSD sobre milheto apresentou o Mn e o Zn como limitantes. Já os teores foliares de P e S estavam acima das respectivas faixas adequadas de 2,5 a 3,5 e 1,5 a 2,0 g kg⁻¹.

3. O milho, em sistema de semeadura direta sobre palhada de feijão-de-porco, se apresentou com maior número de espigas por planta, peso médio de espigas, peso de cem grãos e, conseqüentemente, maior produtividade de grãos.

4. O feijão, quando cultivado em SSD sobre palhada de feijão-de-porco, apresentou os maiores teores de N, K e Mg nas folhas, mas, quando cultivado em SSD sobre milheto, apresentou os maiores teores foliares de P, S, Mn, Zn e Cu.

5. A diagnose nutricional no feijão indicou o N como elemento possivelmente limitante da produtividade da cultura em SSD sobre milheto e SC com espécies espontâneas incorporadas, o K como nutriente limitante, independente do sistema de manejo e cobertura, o S limitando a produtividade do feijão em SSD sobre feijão-de-porco e em SC com espécies de cobertura incorporada.

6. O feijão, quando cultivado em SSD sobre palha de cobertura de feijão-de-porco, apresentou o maior número de vagens por planta, sementes por vagem, peso de cem grãos e, conseqüentemente, a maior produtividade de grãos em relação ao cultivo em SSD sobre milheto e SC com vegetação espontânea incorporada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amado, T.J.C.; Mielniczuk, J. & Aita, C. (2002) Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura

do solo, sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 241-248.

Andrade, R. da S.; Moreira, J.A.A.; Stone, L.F. & Carvalho, J. de A. (2002) Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6 (1): 35-38.

Boller, W. & Caldato, D.E. (2001) Desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes condições de cobertura e de preparo do solo. *Revista Engenharia Agrícola*, 21 (2): 167-173.

Braga, J. M., Defelipo, B. V. (1974) Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e plantas. *Revista Ceres*, 21: 73-85.

Bragagnolo, N. & Mielniczuk, J. (1990) Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 14: 369-374.

Caires, E.F.; Barth, G.; Garbuio, F.J. & Kusman, M.T. (2002) Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 1011-1022.

Ceretta, C.A.; Basso, C.J.; Flecha, A.M.T.; Pavinato, P.S.; Vieira, F.C.B. & Mai, M.E.M. (2002) Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, nos sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 163-171.

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. (2005) *Revista Indicadores da Agropecuária*. Brasília, ano XIV, 9: 5-11.

- Corazza, E.J.; Silva, J.E.; Resck, D.V.S. & Gomes, A.C. (1999) Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 425-432.
- Corrêa, L.A. (1980) Plantio direto em milho. *Informe Agropecuário*, ano 6, 72: 35-38.
- Cunha, A.A. da; Silveira, P.M. da; Silva, J.G. da & Zimmermann, F.J.P. (2002) Variabilidade da produtividade de grãos de milho e feijão em um Latossolo submetido a diferentes preparos do solo. *Revista Engenharia Agrícola*, 22 (1): 93-100.
- Duarte Jr., J.B. & Coelho, F.C. (2005) Cana-de-açúcar em PD na região Norte do Estado do Rio de Janeiro. *Jornal Direto no Cerrado*, Brasília, ano 10, 43, ago-set., p.10.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1996) *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 204p.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3a edição / Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió : EDUFAL, 422p.
- Gerage, A.C.; Shioga, P.S. & Araújo, P.M. de. (2005) Avaliação Estadual de Cultivares de Milho safra 2004/05. *Informe da Pesquisa*, IAPAR, 146: 52p.
- Heinzmann, F.X. (1985) Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20 (9): 1021-1030.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1996) Censo Agropecuário. Rio de Janeiro, 18: 175-177.
- Jackson, M. L. (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M. L. (ed.). *Soil chemical analysis* Englewood Cliffs, Prentice Hall, p.195-196.

- Jones, J.B., Wolf, B., Mills, H. A. (1991) *Plant Analysis Handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens, Georgia, USA. Micro-Macro Publishing Inc., 213p.
- Linder, R.C. (1944) Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiology*, 19: 76-89.
- Malavolta, E. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações / Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira*. 2ª ed., rev. e atual. Piracicaba : POTAFOS, 319p.
- Muzilli, O.; Vieira, M.J.; Almeida, F.L.S.; Nazareno, N.R.X. de; Carvalho, A.O.R.; Laurenti, A.E. & Llanilo, R.F. (1983) Comportamento e possibilidade da cultura do milho em plantio direto no Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18 (1): 41-47.
- Pereira, F.A.R. & Velini, E.D. (2003) Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, 21 (3): 355-363.
- Pires, F.R.; Souza, C.M.; Queiroz, D.M.; Miranda, G.V. & Galvão, J.C.C. (2003) Alterações de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agrônomicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 121-131.
- Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. José Ivo Ribeiro Júnior. – Viçosa : UFV, 301p.
- Richart, A.; Braccini, M.C.L.; Águila, R.M.; Kuhn, O.J. & Duarte Jr., J.B. (2002) Produtividade, teor e exportação de nutrientes por feijoeiros cultivados em Latossolo vermelho eutroférrico na região de Marechal Cândido Rondon, PR. *Revista Scientia Agraria Paranaensis*, 1 (1): 25-35.

- Sade, A. (2000) Breve histórico do sistema de plantio direto na palha no Brasil. In: *Anais Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 7*, Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha - FEBRAPDP, p.15-17.
- Salton, J.C.; Hernani, L. & Fontes, C.Z. (1998) *Sistema de plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa-SPI, Embrapa-CPAO, 248p.
- Santos, A.B. dos; Silva, O.F. da & Ferreira, E. (1997) Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32 (3): 317-327.
- Schick, J.; Bertol, I.; Batistela, O. & Balbinot Júnior, A.A. (2000) Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 427-436.
- Souza, W.J.O. & Melo, W.J. (2000) Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 885-896.
- Vieira, C.; Paula Jr., T.J. & Borém, A. (1998) *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 596p.
- West, T.O. & Post, W.M. (2002) Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1930-1946.
- White, J.W. & Izquierdo, J. (1991) Physiology of yield potencial and stress tolerance. In: Schoonhoven, A.Van; Voysest, O. *Common beans: Research for crop improvement*. Cali: CIAT, p.287-382.

3.8. AVALIAÇÃO DE ESQUEMA DE ROTAÇÃO PARA MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características agrônômicas e o rendimento do milho e do feijão em função de esquemas de sucessão de culturas em sistema de semeadura direta (SSD) em comparação à semeadura convencional (SC). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos avaliados para a cultura do milho foram: milheto/milho/milheto/milho em SSD; milheto/feijão/milheto/milho em SSD; feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/milho em SSD; feijão-de-porco/feijão/feijão-de-porco/milho em SSD; vegetação espontânea/milho/vegetação espontânea/milho em SC e vegetação espontânea/feijão/vegetação espontânea/milho em SC. E os tratamentos para a cultura do feijão foram: milheto/milho/milheto/feijão em SSD; milheto/feijão/milheto/feijão em SSD; feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/feijão em SSD; feijão-de-porco/feijão/feijão-de-porco/feijão em SSD; vegetação espontânea/milho/vegetação espontânea/feijão em SC e vegetação espontânea/feijão/vegetação espontânea/feijão em SC. Os teores foliares de N, K, S, Mn, Fe e Cu na cultura do milho e de N, K, Ca e Mn na cultura do feijão comum foram maiores quando se utilizou o esquema de sucessão feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/milho em SSD, quando cultivado sobre palhada

remanescente de três cultivos consecutivos com leguminosas. As maiores produtividades obtidas pelo milho e feijão comum foram quando se utilizaram as sucessões feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/milho e feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/milho em SSD. Estas produtividades se devem às melhores condições nutricionais e ao maior número de espigas e vagens por planta, proporcionadas pela utilização de leguminosas e do sistema de semeadura direta.

ABSTRACT

ROTATION EVALUATION FOR MAIZE AND BEAN USING THE NO-TILLAGE SYSTEM IN COMPARISON TO THE CONVENTIONAL ONE IN CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

The objective of this experiment was to evaluate the agronomic characteristics and the income of the maize and of the bean in function of outlines of succession of cultures in no-tillage system (SSD) in comparison to conventional sowing (SC). The experimental design was the randomized blocks with four replications. The appraised treatments for the culture of the maize were: millet/maize/millet/maize in SSD; millet/bean/millet/maize in SSD; jack bean/maize/jack bean/maize in SSD; jack bean/bean/jack bean/maize in SSD; spontaneous vegetation/maize/ spontaneous vegetation/maize in SC e spontaneous vegetation/bean/spontaneous vegetation/corn in SC. And the treatments for the culture of the bean were: millet/maize/millet/bean in SSD; millet/bean/millet/bean in SSD; jack bean/maize/jack bean/bean in SSD; jack bean/bean/jack bean/bean in SSD; spontaneous vegetation/maize/spontaneous vegetation/bean in SC and spontaneous vegetation/bean/spontaneous vegetation/bean in SC. The foliate content of N, K, S, Mn, Fe and Cu in the culture of the maize and of N, K, Ca and Mn in the culture of the common bean were higher when the outline of succession jack bean/maize/jack bean/maize or bean and jack bean/bean/jack bean/maize or bean in SSD. The highest productivities obtained by the maize and common bean were when the successions Jack bean/maize/jack bean/maize or bean and jack bean/bean/jack bean/maize or bean in SSD. These productivities are due to the best nutritional

conditions and to the highest number of ears of maize and green beans for plant, proportion for the legumes use and of the no-tillage system.

INTRODUÇÃO

O sistema de semeadura direta (SSD) tem sido cada vez mais utilizado em todo o Brasil, estimando-se que este sistema de manejo do solo é praticado em, aproximadamente, 22 milhões de hectares (Febrapdp, 2006). No Estado do Paraná, onde o sistema foi instalado na década de 70, mais de 4,5 milhões de hectares são cultivados sob este sistema. Particularmente, na região Norte Fluminense inicia-se, atualmente, em algumas áreas isoladas, os cultivos agrícolas sob o SSD. O sucesso da SSD na produção agrícola se relaciona diretamente com a cobertura da superfície do solo com a palhada, formada pela utilização planejada da adubação verde e rotação de culturas.

A introdução e a difusão da SSD proporcionam novas perspectivas de melhoria na qualidade do solo, proporcionadas pela redução da erosão, reciclagem de nutrientes, atividade biológica e manejo de resíduos culturais (Ceretta et al., 2002), uma vez que apresenta maior taxa de adição de carbono, teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, de nitrogênio no solo, especialmente com a introdução de leguminosas em relação à semeadura convencional (SC) (Corazza et al., 1999; Gonçalves et al., 2000; Falleiro et al., 2003). Entretanto, esse sucesso depende do planejamento de esquema apropriado de adubação verde e rotação ou sucessão de culturas, que são práticas importantes na manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano.

As exigências nutricionais das culturas variam com a espécie. É necessário, portanto, levar em conta as exigências nutricionais de cada cultura ao estabelecer-se um sistema de rotação de culturas (Santos & Tomm, 1996). O cultivo contínuo de uma só espécie tende a esgotar o solo em determinados elementos, enquanto outros se mantêm em níveis elevados. Isso pode levar a deficiência de nutrientes para as culturas, devido ao desequilíbrio químico do solo (Raj, 1991). Portanto, entre as vantagens da rotação de culturas, em relação à monocultura, estão a alternância de

espécies com exigências nutricionais distintas e, conseqüentemente, com extração diferencial, e a reciclagem de nutrientes do solo.

A mudança do SC para SSD pode causar aumentos na quantidade de nitrogênio potencialmente mineralizável em mais de 80% (com pousio na entressafra) e quase 50%, quando da adoção de rotação de culturas entre o milho e a soja (Souza & Melo, 2000). Os sistemas de rotação de culturas, em SSD, podem determinar mudanças nas propriedades químicas do solo, cujos efeitos se refletem diretamente na eficiência de aproveitamento dos nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, na produtividade das culturas (Santos & Tomm, 1996).

Este trabalho teve como objetivo avaliar as características agrônômicas do milho e do feijão em esquemas de rotação e/ou sucessão de culturas em sistema de semeadura direta em comparação à semeadura convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Abadia, pertencente ao Grupo Queiroz Galvão, no município de Campos dos Goytacazes (situado a 21°44'47" de latitude Sul e 41°18'24" de longitude Oeste com altitude de 12 metros), Norte do Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 01 de dezembro de 2003 a 06 de outubro de 2005. Os dados climáticos referentes ao período da condução do experimento estão na Figura 1.

O experimento foi conduzido em solo classificado como Cambissolo Ta eutrófico argiloso, com boa drenagem e textura argila-siltosa, em torno de 38% de argila, 52% silte e 10% de areia total. Anterior à instalação do experimento, a área era cultivada com a cultura da cana-de-açúcar em sistema de preparo convencional, com aração e gradagem nos períodos de renovação do canavial e a colheita manual após a cana ser queimada, durante, aproximadamente, 30 anos. Entretanto, o histórico de adubação da cultura nessa área nos últimos 10 anos foi totalmente sem aplicação de adubo no plantio e em cobertura na cana-soca, indicando, possivelmente, uma condição de baixa fertilidade do solo.

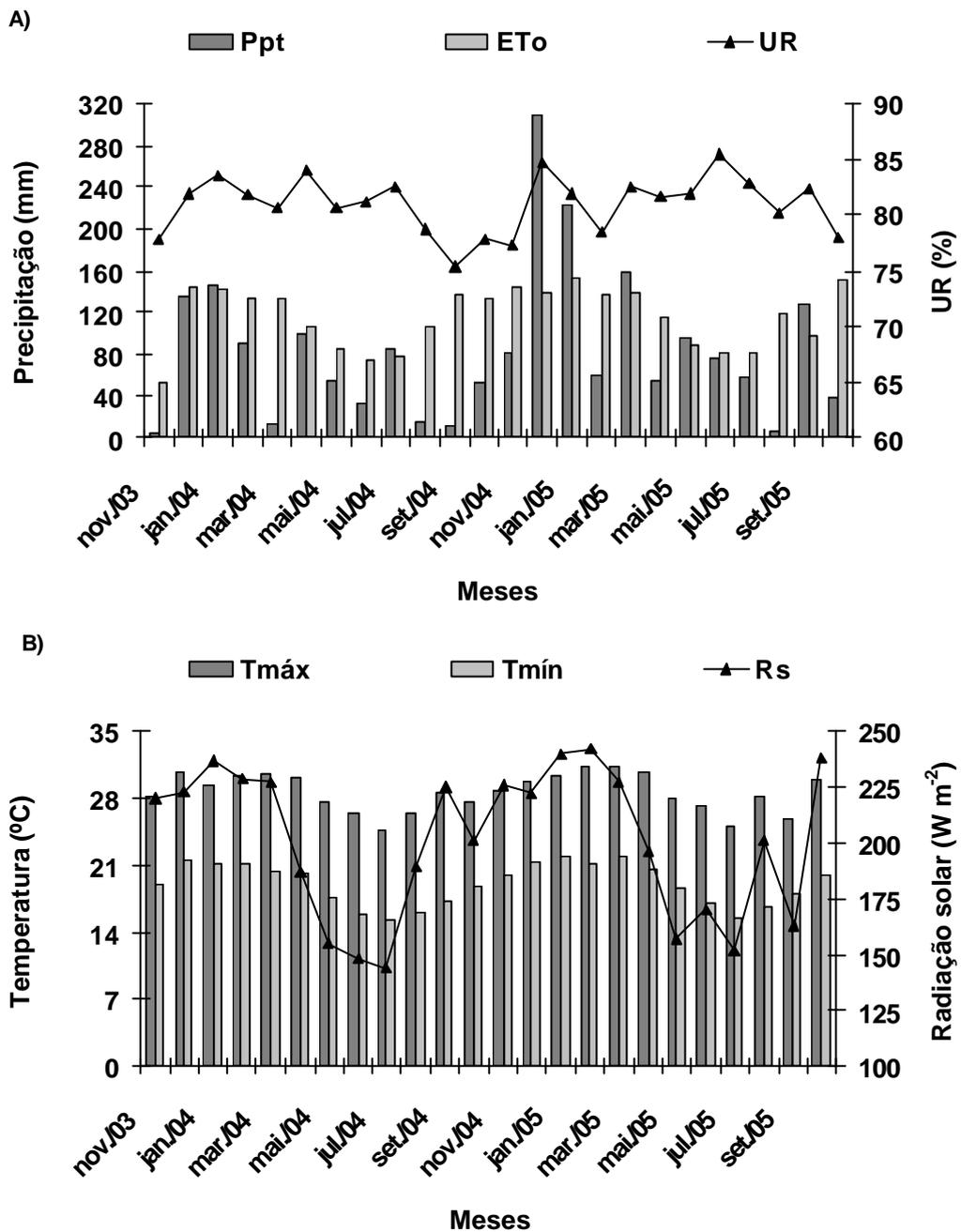


Figura 1. Dados climáticos durante o período de novembro de 2003 a outubro de 2005. A) Precipitação total (Ppt), evapotranspiração de referência (ETo) e médias de umidade relativa (UR) e em B) médias de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) e radiação solar (Rs). Fonte: Estação climatológica da UENF/PESAGRO-RJ

A análise química do solo, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H_2O) = 5,5; $S-SSO_4 = 47,0$ ($mg\ dm^{-3}$); $P = 3,5$ ($mg\ dm^{-3}$); $K^+ = 0,25$ ($cmol_c\ dm^{-3}$); $Ca^{++} = 4,6$ ($cmol_c\ dm^{-3}$); $Mg^{++} = 1,8$ ($cmol_c\ dm^{-3}$); $Al^{+++} = 0,1$ ($cmol_c\ dm^{-3}$); $H^+ + Al = 3,8$ ($cmol_c\ dm^{-3}$); $Na^+ = 0,1$ ($cmol_c\ dm^{-3}$); $C = 16,5$ ($g\ dm^{-3}$); M.O. = 28,5 ($g\ dm^{-3}$); $Fe = 69,0$ ($mg\ dm^{-3}$); $Cu = 2,0$ ($mg\ dm^{-3}$); $Zn = 2,3$ ($mg\ dm^{-3}$); $Mn = 15,4$ ($mg\ dm^{-3}$) e $B = 0,4$ ($mg\ dm^{-3}$). O solo foi preparado de forma convencional por meio de duas arações para completa destruição da soqueira da cana (uma pesada e a outra média), uma subsolagem em torno de 50 cm de profundidade para rompimento de possível camada compactada, seguida de duas gradeações (uma para quebrar torrões e a outra para nivelamento do terreno). Para a calagem, utilizou-se calcário calcítico com PRNT de 80%, aplicado na dose de 0,76 toneladas por hectare. Foi aplicado como melhorador da fertilidade do solo o gesso agrícola, tomando-se de base 30% da recomendação de calagem, o que resultou na dose de 0,23 toneladas por hectare.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (D.B.C), com quatro repetições. Os tratamentos avaliados para a cultura do milho foram: milheto/milho/milheto/milho em SSD (MT/MI/MT/MI); milheto/feijão/milheto/milho em SSD; feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/milho em SSD; feijão-de-porco/feijão/feijão-de-porco/milho em SSD (FP/FE/FP/MI); vegetação espontânea/milho/vegetação espontânea/milho em SC e vegetação espontânea/feijão/vegetação espontânea/milho em SC. E os tratamentos para a cultura do feijão foram: milheto/milho/milheto/feijão em SSD; milheto/feijão/milheto/feijão em SSD; feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/feijão em SSD; feijão-de-porco/feijão/feijão-de-porco/feijão em SSD; vegetação espontânea/milho/vegetação espontânea/feijão em SC e vegetação espontânea/feijão/vegetação espontânea/feijão em SC. As plantas de cobertura foram utilizadas para acumulação de nutrientes, formação de palhada e cobertura do solo para a implantação do sistema de semeadura direta das culturas do feijão e milho.

A parcela ou unidade experimental foi de 6 m de largura e 9 m de comprimento. A área total da unidade experimental foi de 54 m^2 . Utilizou-se uma área útil central de 10 m^2 e outras duas paralelas à central com 5 m^2 cada. Os blocos

foram dispostos seguindo transversalmente o gradiente de argila do terreno determinado pela análise textural do solo, com uma faixa de 2 m separando os blocos.

Em 01 de dezembro de 2003, foi realizada a semeadura das plantas de cobertura 1 e, em 18 de dezembro de 2004, foi realizada a semeadura das plantas de cobertura 2, em sulcos espaçados de 0,5 m e 3 sementes por metro linear para o feijão-de-porco. O milho foi semeado a lanço num total de 15 kg ha⁻¹ de sementes e 280 sementes viáveis por metro quadrado, no primeiro ano (cobertura 1), entretanto, no segundo ano, o milho foi semeado em sulcos espaçados de 0,3 m e 70 sementes por metro linear (cobertura 2), conforme recomendações do fornecedor de sementes. A profundidade média da semeadura foi de 2 cm, realizada manualmente com auxílio de matraca ou saraquá. Não foi realizada adubação na ocasião da semeadura. O período escolhido para semeadura é justificado por ser o recomendado tecnicamente para as espécies utilizadas e ser bastante chuvoso, dispensando a irrigação. Foi considerada emergência das plantas de cobertura a época em que, aproximadamente, 50% de todas as espécies emergiram. Não foi empregada nenhuma prática de manejo das plantas daninhas, sendo que os adubos verdes crescem em competição com espécies espontâneas presentes na área.

Utilizou-se a cultivar de feijão 'Pérola', tipo carioca, hábito de crescimento indeterminado tipo II, de alta produtividade e ampla adaptação. Foi efetuada a adubação de plantio, aplicando-se 70 e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e em cobertura parcelado em duas vezes, aos 25 e 40 dias após a emergência (DAE) aplicou-se um total de 40 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, seguindo nível tecnológico com expectativa de produtividade de 1.800 a 2.500 kg ha⁻¹ de grãos, proposto por Vieira et al. (1998). O cultivar de milho utilizado foi o híbrido 'UENF 506-8', que é um híbrido interpopulacional desenvolvido via seleção recorrente recíproca de família de irmãos completos, e como adubação foram aplicados 60 e 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e em cobertura, aos 35 DAE, que coincidiu com a oitava folha bem desenvolvida, aplicou-se um total de 70 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, seguindo a recomendação da EMBRAPA (1996). Para o manejo de plantas daninhas, foram

aplicados, em pós-emergência, os herbicidas Fluazifop-p-butil + fomesafen e Nicosulfuron nas respectivas doses de 0,200 + 0,250 kg ha⁻¹ do i.a. e de 0,06 kg ha⁻¹ do i.a., respectivamente, para a cultura do feijão (15 DAE) e do milho (20 DAE). Quanto ao manejo de doenças e pragas, não houve constatação durante a condução do experimento de incidências em nível do limiar de dano econômico. As culturas foram irrigadas somente quando necessário, com sistema de irrigação por aspersão.

Aos 50 DAE do feijão e aos 66 DAE do milho, foram realizadas amostragens para determinação dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Fe e Cu. No estágio R6 do feijão, que corresponde ao pleno florescimento (50 DAE), foi coletada a primeira folha completamente expandida, no sentido do ápice da planta para a base, de dez plantas amostradas aleatoriamente para cada unidade experimental. No estágio R5 do milho, período em que as espigas expõem o estilo-estigmas (cabelo) (66 DAE), foi coletada a folha oposta e abaixo da espiga, de dez plantas amostradas aleatoriamente para cada unidade experimental. 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 horas.

As determinações de macro e micronutrientes foram realizadas no setor de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. As amostras secas das plantas de cobertura foram trituradas em moinho do tipo Willey, com peneira de 20 malhas por polegada. Para determinação de P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Fe e Zn das plantas de cobertura, foram utilizadas amostras de 0,50 g do material vegetal moído e submetidas à digestão nítrico-perclórica (Jones et al., 1991; Malavolta, 1997), usando-se 3,0 mL de HNO₃ 65% p.a. mais 1,0 mL de HClO₄. Os teores de Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, em espectrômetro de absorção atômica SHIMATZU Modelo AA6200. Para determinar o teor de P, fez-se a redução do complexo fosfo-molibdico pela vitamina C (Braga e Defelipo, 1974) e S foi realizado por turbidimetria do sulfato de bário e, posteriormente, foram determinados por espectrofotometria em espectrofotômetro Zeiss Modelo Spekol UV VIS (Malavolta, 1997). O K foi determinado por fotometria de chama (Malavolta, 1997). Para a determinação do N orgânico, usaram-se amostras de 0,10 g de material vegetal moído, que foram submetidas à digestão sulfúrica (Linder, 1944; Jones et al., 1991; Malavolta, 1997).

No extrato, dosou-se o N orgânico, utilizando-se o reagente de Nessler (Jackson, 1965). O teor de N orgânico foi determinado por espectrofotometria em espectrofotômetro Zeiss Modelo Spekol UV VIS.

Determinou-se o número de plantas por hectare, de vagens por planta, sementes por vagem, peso de cem grãos e produtividade do feijão, aos 94 DAE, realizando-se a colheita das plantas manualmente na área útil da unidade experimental. As plantas colhidas foram colocadas no sol para secar uniformemente. Posteriormente, fez-se a batidura do feijão manualmente, separando-se o grão da palha. Os grãos de feijão, após a batidura, foram expostos ao sol até chegar à umidade de 14%, quando, finalmente, foi determinada a produtividade de grãos.

Para determinar o número de plantas de feijão, contaram-se todas as plantas presentes na área útil e, posteriormente, calculou-se o correspondente por hectare. O número de vagens por planta foi determinado, contando-se as vagens de dez plantas coletadas aleatoriamente logo após o arranquio e calculando-se a média. O número de sementes por vagem foi determinado contando-se os grãos de dez vagens aleatoriamente e calculando-se a média. O peso de cem sementes foi determinado pesando-se quatro amostras de cem sementes cada e calculando-se a média.

Para o milho, a colheita foi realizada, aos 135 DAE, manualmente, arrancando-se as espigas das plantas já secas da área útil experimental. Foram determinados os números de plantas por hectare e espigas por planta. Posteriormente, as espigas colhidas foram despalhadas, determinou-se o peso de espigas e, em seguida, debulhadas e determinado o peso de cem grãos e a produtividade de grãos. Após, foi determinada a umidade da massa de grãos do milho de cada amostra, e recalculada a produtividade a 14% de umidade.

Para determinar o número de plantas de milho, contaram-se todas as plantas presentes na área útil, posteriormente, calculou-se por hectare. O número de espigas por planta foi determinado, contando-se de dez plantas, aleatoriamente, as espigas presentes em cada planta de milho e calculando-se a média. O peso de espigas foi determinado coletando-se dez espigas despalhadas aleatoriamente, pesando-se e calculando-se o peso médio. O peso de cem sementes foi determinado pesando-se

quatro amostras de cem sementes cada e calculando-se a média, das quatro pesagens.

Os resultados de teores foliares de nutrientes e todas as demais variáveis do feijão e do milho, separadamente, ou seja, para cada cultura em estudo foram analisados segundo o delineamento em blocos ao acaso com seis tratamentos. Na análise de variância (Teste F), os dados foram interpretados quando havia existência de diferença significativa entre os tratamentos (Ferreira, 2000).

Utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + b_r + TR_i + e_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} = valor observado na parcela que recebeu o sistema de manejo i , no bloco j ;

μ = média geral da variável;

b_r = efeito do bloco r ($r = 1, 2, 3$ e 4);

TR_i = efeito do sistema de rotação e/ou sucessão de culturas i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6);

e_{ij} = efeito do erro aleatório, normal e independente, com distribuição de média 0 e variância s^2 .

Nos casos em que na análise de variância o $F_{\text{calculado}}$ foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), para analisar o desempenho de cada cultura separadamente em função do manejo do solo. Foi utilizado o software Sistema para Análises Estatísticas SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a cultura do milho foi observado que, quando cultivado na sucessão de três safras consecutivas somente com leguminosas (FP/FE/FP/MI) em SSD, apresentou teor de N nas folhas 31% superior em relação ao cultivo em SSD nas sucessões milheto/feijão/milheto/milho e em SC vegetação espontânea/milho/vegetação espontânea/milho (Quadro 1). Neste mesmo esquema de sucessão e manejo do solo, o milho apresentou teores de K nas folhas que foram, em média, aproximadamente, 21% a mais do que em SSD nas sucessões MT/MI/MT/MI, FP/MI/FP/MI e em SC na sucessão VE/MI/VE/MI. E o cultivo do milho em SSD na sucessão MT/FE/MT/MI apresentou o menor teor de K nas folhas.

Quadro 1 – Teores foliares de macronutrientes no milho 'UENF 506-8' em função da rotação ou sucessão e do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
MT / MI / MT / MI SSD	19,4ab ²	3,5a	17,4b	4,1ab	2,4a	2,6ab
MT / FE / MT / MI SSD	17,9b	3,3a	13,4c	3,4ab	2,2a	2,5b
FP / MI / FP / MI SSD	21,3ab	3,2a	17,1b	3,7ab	2,4a	2,8a
FP / FE / FP / MI SSD	23,8a	3,6a	20,5a	4,2a	2,3a	2,8a
VE / MI / VE / MI SC	18,4b	3,1a	16,5b	3,4b	2,4a	2,5b
VE / FE / VE / MI SC	20,0ab	3,0a	18,5ab	4,1a	2,4a	2,7ab
Média	20,1	3,3	17,2	3,8	2,4	2,7
CV (%)	9,7	9,4	7,4	8,5	10,2	3,8

⁽¹⁾ MI= milho; FE= feijão; MT= milheto; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea; SSD= sistema de semeadura direta e SC= sistema convencional.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Souza & Melo (2000) verificaram que a mudança do sistema de semeadura convencional para semeadura direta causou, num outro trabalho, elevação na quantidade de nitrogênio potencialmente mineralizável em mais de 80% (com posio no inverno) e quase 50%, quando da adoção de rotação de culturas entre as culturas do milho e da soja. Dessa forma, possivelmente, a semeadura direta com a rotação de culturas com espécies leguminosas proporciona maior teor de N nas folhas do milho.

Os teores de P e Mg nas folhas do milho não diferiram, significativamente, independentemente do esquema utilizado de sucessão de culturas e do sistema de manejo empregado no solo (Quadro 1). Os teores foliares de P estão diretamente relacionados com a disponibilidade deste elemento no solo, e a biomassa microbiana assume papel importante na reciclagem do fósforo em solos tropicais e subtropicais. Assim, num estudo realizado por Rheinheimer et al. (2000) da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo, foi observado que a liberação do P dos

resíduos vegetais mostrou-se dependente da natureza da qualidade do material orgânico, da comunidade decompositora e das condições ambientais. Os autores verificaram, também, que o fluxo anual de P através da biomassa variou de 8 a 22 mg dm⁻³ ano⁻¹, sendo que, em Argissolo Vermelho Distrófico típico, foi maior no sistema de plantio direto do que no cultivo convencional. No entanto, a rotação de culturas não afetou os teores de fósforo microbiano.

Com relação à diagnose foliar realizada no milho averiguando-se o teor de N, P, K e Mg, pode-se constatar que os teores de N e Mg estavam, em todas as sucessões e manejos, abaixo das faixas adequadas de 27,5 a 32,5 e 2,5 a 4,0 g kg⁻¹ de N e Mg foliar, respectivamente (Quadro 1). Semelhantemente, os teores foliares de K no milho cultivado em quase todas as sucessões e manejos, com exceção da sucessão FP/FE/FP/MI em SSD e VE/FE/VE/MI em SC, também se apresentaram abaixo da faixa adequada de 17,5 a 22,5 g kg⁻¹ de K foliar. Porém, o teor de P nas folhas do milho se encontraram dentro da faixa ideal de 2,5 a 3,5 g kg⁻¹ de P foliar (Malavolta, 1997).

O sistema de plantio direto proporciona melhores condições de qualidade ao solo, uma vez que, além da melhoria nas condições químicas do solo, a matéria orgânica mantém-se em níveis similares às dos sistemas naturais (Souza & Alves, 2003).

Com relação aos teores de Ca nas folhas do milho, quando na sucessão e manejo FP/FE/FP/MI em SSD e VE/FE/VE/MI em SC, foram, em média, 22% maiores quando comparados somente com a sucessão e manejo VE/MI/VE/MI em SC (Quadro 1). Para o teor de S foliar, foi observado que as sucessões e manejo FP/MI/FP/MI e FP/FE/FP/MI em SSD proporcionaram 12% a mais de S nas folhas do milho do que as sucessões e manejos MT/FE/MT/MI em SSD e VE/MI/VE/MI em SC.

Para o teor de Mn nas folhas do milho, o esquema de sucessão e manejo FP/FE/FP/MI em SSD conferiu 108% a mais deste micronutriente quando comparado com VE/MI/VE/MI em SC (Quadro 2). Semelhantemente, o milho, seguindo o esquema de sucessões e manejo FP/MI/FP/MI e FP/FE/FP/MI, ambos em SSD, apresentaram teores de Zn nas folhas que não diferiram, significativamente, entre si, mas, em média, foram 44% superiores em comparação ao esquema e manejo VE/MI/VE/MI em SC, que apresentou o menor teor de Zn nas folhas do milho.

O milho, quando cultivado no esquema e manejo FP/MI/FP/MI e FP/FE/FP/MI em SSD obteve teores de Fe e Cu nas folhas que, respectivamente, foram, em média, 32 e 44% superiores ao obtido pelo milho em sucessão e manejo MT/FE/MT/MI em SSD (Quadro 2). No entanto, destacou-se o teor de Cu foliar do milho no esquema FP/FE/FP/MI em SSD, pois apresentou o maior teor nas folhas deste micronutriente em relação aos demais tratamentos.

A diagnose foliar da cultura do milho evidenciou, também, que os teores de Ca, Zn, Fe e Cu em todos os tratamentos em estudo se encontravam dentro da faixa ideal desses elementos, que são 2,5 a 4,0 g kg⁻¹, 15 a 50, 50 a 250 e 6 a 20 mg kg⁻¹, respectivamente (Quadros 1 e 2). Porém, o milho apresentou, em todos os tratamentos, com exceção da sucessão e manejo FP/FE/FP/MI em SSD, teor de Mn nas folhas abaixo da faixa adequada de 50 a 150 mg kg⁻¹ de Mn foliar. Por outro lado, o teor de S foliar do milho mostrou-se acima da faixa adequada de 1,5 a 2,0 g kg⁻¹ de S foliar (Malavolta, 1997).

Quadro 2 – Teores foliares de micronutrientes no milho ‘UENF 506-8’ em função da rotação ou sucessão e do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	Mn	Zn	Fe	Cu
	----- mg kg ⁻¹ -----			
MT / MI / MT / MI SSD	41,3ab ²	18,0bc	93,0bc	6,3bc
MT / FE / MT / MI SSD	39,5ab	16,6bc	84,2c	5,6c
FP / MI / FP / MI SSD	46,2ab	23,2a	108,7ab	7,4ab
FP / FE / FP / MI SSD	56,2a	20,3ab	112,9a	8,7a
VE / MI / VE / MI SC	27,0b	15,1c	97,3abc	6,5bc
VE / FE / VE / MI SC	40,9ab	16,9bc	99,0abc	7,0bc
Média	41,9	18,4	99,2	6,9
CV (%)	20,7	9,8	8,2	10,0

⁽¹⁾ MI= milho; FE= feijão; MT= milheto; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea; SSD= sistema de semeadura direta e SC= sistema convencional.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao número de espigas por planta, o milho, quando cultivado nos esquemas de sucessão de culturas FP/MI/FP/MI e FP/FE/FP/MI em SSD, não diferiram entre si significativamente (Quadro 3). Porém, proporcionaram um aumento de, aproximadamente, 26% no número de espigas de milho por planta, em comparação aos demais tratamentos.

A maior produtividade de grãos de milho foi obtida em SSD após, pelo menos, dois pré-cultivos com espécies leguminosas, sendo que, no cultivo do milho após três safras com leguminosas, observou-se a maior produtividade absoluta. Dessa maneira, o milho cultivado nas sucessões FP/MI/FP/MI e FP/FE/FP/MI em SSD apresentaram produtividade 21% a mais em relação às sucessões MT/FE/MT/MI em SSD e VE/FE/VE/MI em SC (Quadro 3). É interessante que o milho, quando cultivado sobre palhada remanescente de espécie de leguminosa, ainda que não seja logo após, ou seja, mesmo sendo duas safras depois, ainda se beneficia de possíveis efeitos benéficos das leguminosas que foram cultivadas naquela mesma área, independentemente do sistema de manejo do solo.

As menores produtividades de milho foram obtidas nos esquemas de monoculturas de espécies gramíneas em SSD e SC. Assim, o monocultivo de gramínea após gramínea, seja em SSD ou SC, causou 26% de redução na produtividade de grãos do milho quando comparado com o esquema FP/MI/FP/MI e FP/FE/FP/MI em SSD (Quadro 3).

As maiores produtividades de milho obtidas em função das sucessões FP/MI/FP/MI e FP/FE/FP/MI em SSD podem ser explicadas pelo maior número de espigas por planta constadas nestas mesmas condições de manejo (Quadro 3).

Quando se alternou o milho com as leguminosas, houve aumento de produtividade. Semelhantemente, foi observado este mesmo resultado quando se alternou milho com soja (Muzilli et al., 1983).

Quadro 3 – Número de plantas por área (PLA), número de espigas por planta (ESP), peso médio de espigas (PEE), peso de 100 sementes (PEC) e produtividade (PRO) do milho 'UENF 506-8' em função da rotação ou sucessão e do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	PLA	ESP	PEE	PEC	PRO
	N ^o Plantas ha ⁻¹		----- g -----		-- kg ha ⁻¹ --
MT / MI / MT / MI SSD	67.250a ²	1,1b	72,0a	28,0a	3.229c
MT / FE / MT / MI SSD	70.000a	1,1b	72,0a	27,1a	3.875b
FP / MI / FP / MI SSD	65.000a	1,4a	101,2a	29,7a	4.595a
FP / FE / FP / MI SSD	68.750a	1,3a	122,1a	30,1a	4.834a
VE / MI / VE / MI SC	64.500a	1,0b	86,9a	27,2a	3.724bc
VE / FE / VE / MI SC	67.500a	1,1b	87,2a	27,9a	3.898b
Média	67.167	1,2	90,2	28,3	4.026
CV (%)	8,7	6,6	25,3	9,2	6,5

⁽¹⁾ MI= milho; FE= feijão; MT= milheto; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea; SSD= sistema de semeadura direta e SC= sistema convencional.

²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O teor foliar de N na cultura do feijão se apresentou 31% maior quando cultivado seguindo as sucessões FP/MI/FP/FE e FP/FE/FP/FE em SSD em comparação a VE/MI/VE/FE e VE/FE/VE/FE em SC (Quadro 4). Semelhantemente, o feijão em SSD nos mesmos esquemas de sucessão de culturas, descritos no início do parágrafo, apresentou teor de Ca foliar, aproximadamente, 39% superior ao feijão cultivado também em SSD, mas, após MT/FE/MT/FE. Por outro lado, os teores de P, Mg, S, Zn e Fe nas folhas do feijão não foram diferentes, significativamente, entre os tratamentos estudados (Quadros 4 e 5).

A introdução de plantas de cobertura de solo, sob semeadura direta, promove acúmulos significativos de nitrogênio mineral, orgânico e total no solo (Gonçalves et al., 2000). Dessa maneira, geralmente há uma influência positiva na nutrição das culturas sucessoras.

Quadro 4 – Teores foliares de macronutrientes no feijão cultivar ‘Pérola’ em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
MT / MI / MT / FE SSD	40,9ab ²	4,5a	16,8ab	17,1ab	6,2a	4,4a
MT / FE / MT / FE SSD	39,3ab	4,3a	15,0ab	13,6b	5,6a	4,0a
FP / MI / FP / FE SSD	47,9a	4,0a	18,6a	17,8a	6,7a	3,5a
FP / FE / FP / FE SSD	46,3a	4,0a	17,0ab	20,0a	7,2a	3,4a
VE / MI / VE / FE SC	36,5b	4,5a	14,1ab	16,4ab	5,7a	4,1a
VE / FE / VE / FE SC	35,3b	4,2a	13,1b	16,7ab	5,7a	3,9a
Média	41,0	4,3	15,8	16,9	6,2	3,9
CV (%)	10,2	7,3	13,5	10,6	13,4	14,0

⁽¹⁾ MI= milho; FE= feijão; MT= milheto; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea; SSD= sistema de semeadura direta e SC= sistema convencional.

⁽²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O teor de K foliar no feijão cultivado após a sucessão FP/MI/FP/FE em SSD foi, aproximadamente, 42% superior em relação à sucessão VE/FE/VE/FE em SC (Quadro 4). Isso indica que, tanto a monocultura como o sistema convencional de preparo do solo, prejudica, significativamente, a disponibilidade de potássio para o feijão, refletindo diretamente no seu estado nutricional.

A sucessão MT/MI/MT/FE e FP/FE/FP/FE em SSD proporcionaram ao feijão teores de Mn nas folhas 56% a mais do que o cultivo convencional na sucessão VE/FE/VE/FE (Quadro 5). Já o teor de Cu nas folhas do feijão foi 32% maior no SC para o esquema de sucessão VE/MI/VE/FE.

A diagnose foliar indicou que os teores de N, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu estavam todos dentro das respectivas faixas adequadas de 30 a 50, 4 a 7 g kg⁻¹, 30 a 300, 20 a 100, 100 a 450 e 10 a 20 mg kg⁻¹. No entanto, os teores de P nas folhas do feijão em todos os tratamentos estavam acima da faixa de 2 a 3 g kg⁻¹. Por outro lado, com relação ao K e S foi observado que os seus teores nas folhas do feijão se

encontravam abaixo da faixa ideal de 20 a 25 e 5 a 10 g kg⁻¹, respectivamente. Semelhantemente, o teor foliar de Ca do feijão cultivado na sucessão MT/FE/MT/FE em SSD se apresentou abaixo da faixa adequada de 15 a 20 g kg⁻¹, propostas por Malavolta (1997).

Quadro 5 – Teores foliares de micronutrientes no feijão cultivar ‘Pérola’ em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	Mn	Zn	Fe	Cu
	----- mg kg ⁻¹ -----			
MT / MI / MT / FE SSD	90,1a	36,2a	147,8a	13,7b
MT / FE / MT / FE SSD	69,9ab	32,6a	125,9a	13,2b
FP / MI / FP / FE SSD	81,3ab	33,5a	124,2a	13,8b
FP / FE / FP / FE SSD	83,6a	35,2a	125,1a	13,1b
VE / MI / VE / FE SC	79,3ab	34,7a	151,1a	17,8a
VE / FE / VE / FE SC	55,6b	31,7a	184,2a	15,7ab
Média	76,6	34,0	143,1	14,6
CV (%)	15,5	8,4	19,8	8,9

⁽¹⁾ MI= milho; FE= feijão; MT= milheto; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea; SSD= sistema de semeadura direta e SC= sistema convencional.

Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

No caso do P, que é um nutriente de baixa mobilidade, principalmente em solos ácidos, com teores elevados de argila, ferro e alumínio, ocorre acúmulo em solos sob SSD nas camadas superficiais, onde é depositado por ocasião da adubação. Com o SSD, os fertilizantes à base de K são aplicados na superfície ou na linha de semeadura e como os resíduos vegetais são deixados na superfície, esse elemento pode acumular nas camadas mais superficiais (Santos & Tomm, 1996).

A avaliação indicou o número de vagens por planta de feijão como a variável resposta mais diretamente relacionada com a maior produtividade. Assim, quando o feijão foi cultivado no esquema FP/MI/FP/FE e FP/FE/FP/FE em SSD, apresentou número de vagens por planta, aproximadamente, 73% superior ao apresentado pelo

feijão cultivado no esquema VE/MI/VE/FE e VE/FE/VE/FE em SC (Quadro 6). Portanto, a produtividade de grãos foi, aproximadamente, 44% maior, nas mesmas condições.

Quadro 6 – Número de plantas por área (PLA), número de vagens por planta (VAP), número de sementes por vagem (SEV), peso de 100 sementes (PEC) e produtividade (PRO) do feijão cultivar 'Pérola' em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Tratamentos ⁽¹⁾	PLA	VAP	SEV	PEC	PRO
	N ^o Plantas ha ⁻¹			-- g --	-- kg ha ⁻¹ --
MT / MI / MT / FE SSD	297.750a	8,2bc	5,2a	25,5a	2.122abc
MT / FE / MT / FE SSD	310.000a	10,1ab	5,3a	27,7a	2.578abc
FP / MI / FP / FE SSD	336.000a	11,6a	5,7a	29,6a	2.715a
FP / FE / FP / FE SSD	324.000a	11,0a	6,0a	29,2a	2.670ab
VE / MI / VE / FE SC	338.750a	6,5c	5,5a	26,4a	1.814c
VE / FE / VE / FE SC	313.750a	6,6c	5,5a	25,6a	1.931bc
Média	320.042	9,0	5,5	27,3	2.305
CV (%)	10,2	10,7	13,6	10,8	14,4

⁽¹⁾ MI= milho; FE= feijão; MT= milheto; FP= feijão-de-porco; VE= vegetação espontânea; SSD= sistema de semeadura direta e SC= sistema convencional.

⁽²⁾ Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao número de sementes por vagem e peso de cem sementes, não foram observados diferenças significativas entre os tratamentos (Quadro 6).

Os resultados obtidos indicam que a utilização de espécies com habilidade diferenciada no aproveitamento de nutrientes do solo ou com sistema radicular alcançando profundidades variadas, somada à adubação de acordo com as recomendações vigentes, manteve uma alta produtividade das culturas. Além disso, a estabilidade da produtividade nos dois anos de cultivo se deve à aplicação de fertilizantes e à mineralização lenta e gradual dos resíduos vegetais, que, por sua vez, modificam a distribuição desses nutrientes nas diferentes profundidades. Essa

alteração na distribuição pode influenciar positivamente a disponibilidade e o aproveitamento dos nutrientes pelas culturas, aumentando a produtividade.

CONCLUSÕES

1. Os teores foliares de N, K, S, Mn, Fe e Cu na cultura do milho foram maiores quando se utilizou o esquema de sucessão feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/milho em SSD.

2. A diagnose foliar realizada no milho indicou os elementos N, Mg e Mn como os principais limitantes do rendimento nas condições estudadas.

3. As maiores produtividades obtidas pelo milho foram quando se utilizou a sucessão feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/milho e feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/milho em SSD. Estas produtividades se devem às melhores condições nutricionais e ao maior número de espigas por planta, proporcionado pela utilização de leguminosas e do sistema de semeadura direta.

4. Foram observados maiores teores foliares de N, K, Ca e Mn na cultura do feijão comum quando do cultivo em sucessão feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/feijão comum e feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/feijão comum em SSD.

5. A diagnose foliar realizada no feijão comum indicou o K e S como os nutrientes limitantes do rendimento da cultura.

6. A maior produtividade do feijão ocorreu quando se utilizou a sucessão feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/feijão comum e feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/feijão comum em SSD. Isto se deve às melhores condições nutricionais e ao maior número de vagens por planta obtidas utilizando-se estes esquemas de sucessão e o sistema de semeadura direta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bertol, I.; Schich, J. & Batistela, O. (2002) Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia preta em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 545-552.

- Braga, J. M., Defelipo, B. V. (1974) Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e plantas. *Revista Ceres*, 21: 73-85.
- Ceretta, C.A.; Basso, C.J.; Flecha, A.M.T.; Pavinato, P.S.; Vieira, F.C.B. & Mai, M.E.M. (2002) Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 163-171.
- Corazza, E.J.; Silva, J.E.; Resck, DV.S. & Gomes, A.C. (1999) Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 425-432.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1996) *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 204p.
- Falleiro, R.M.; Souza, C.M.; Silva, C.S.W.; Sediya, C.S.; Silva, A.A. & Fagundes, J.L. (2003) Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 1097-1104.
- Febrapdp. (2006) Federação brasileira de plantio direto na palha. <http://www.febrapdp.org.br/br%20evolucao%20pd%2093-04.htm>>. Acesso em: 28 maio. 2006.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3a edição / Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió : EDUFAL, 422p.
- Gonçalves, C.N.; Ceretta, C.A. & Basso, C.J. (2000) Sucessão de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 153-159.
- Jackson, M. L. (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M. L. (ed.). *Soil chemical analysis* Englewood Cliffs, Prentice Hall, p.195-196.

- Jones, J.B., Wolf, B., Mills, H. A. (1991) *Plant Analysis Handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens, Georgia, USA. Micro-Macro Publishing Inc., 213p.
- Linder, R.C. (1944) Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiology*, 19: 76-89.
- Malavolta, E. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações / Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira*. 2ª ed., rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 319p.
- Muzilli, O.; Vieira, M.J.; Almeida, F.L.S.; Nazareno, N.R.X.; Carvalho, A.O.R.; Laurenti, A.E. & Llanilo, R.F. (1983) Comportamento e possibilidade da cultura do milho em plantio direto no Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18 (1): 41-47.
- Rajj, B. van. (1991) *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Ceres/Potafos, 343p.
- Rheinheimer, D.S.; Anghinoni, I. & Conte, E. (2000) Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 589-597.
- Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. José Ivo Ribeiro Júnior. – Viçosa : UFV, 301p.
- Santos, H.P. dos & Tomm, G.O. (1996) Estudo da fertilidade do solo sob quatro sistemas de rotação de culturas envolvendo trigo em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20: 407-414.

Souza, W.J.O. & Melo, W.J. (2000) Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 885-896.

Souza, Z.M. & Alves, M.C. (2003) Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 133-139.

Vieira, C.; Paula Jr., T.J. & Borém, A. (1998) *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 596p.

3.9. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM COMPARAÇÃO AO CONVENCIONAL EM CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, comparar os resultados econômicos da produção do milho e do feijão em sistema de plantio direto em comparação ao convencional em Campos dos Goytacazes – RJ. Os resultados econômicos da cultura do milho evidenciaram a inviabilidade econômica da milhocultura tanto no sistema de semeadura direta como no convencional, na atual conjuntura de mercado deste produto no Brasil. No entanto, o sistema de semeadura direta proporcionou os melhores resultados. Por outro lado, a cultura do feijão se mostrou viável economicamente, conferindo lucratividade, uma vez que apresentou taxa interna de retorno mensal e relação custo/benefício, respectivamente, de 2,21% e 0,61% e 1,57 e 1,05, tanto em semeadura direta como na convencional, respectivamente. O feijão em sistema de semeadura direta com o emprego da adubação verde, apresentou a receita líquida, a taxa interna de retorno mensal e a relação custo/benefício, respectivamente, 1.073, 262 e 50% superior ao cultivo utilizando-se o preparo convencional do solo. Pode-se inferir que o cultivo do feijão, em semeadura direta, reduz custos totais e aumenta a lucratividade quando comparado com o preparo convencional do solo.

ABSTRACT

ECONOMICAL EVALUATION OF MAIZE AND BEAN USING THE NO-TILLAGE SYSTEM IN COMPARISON TO THE CONVENTIONAL ONE IN CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

The objective of this experiment was to evaluate the economical results presented by the cultures of the maize and bean in no-tillage system in comparison to the conventional one in Campos dos Goytacazes – RJ. The economical results of the culture of the maize evidenced the economical inviability of the maize culture not only in the no-tillage system but also in the conventional one, at the current conjuncture of market of this product in Brazil. However, the no-tillage system has provided the best results. On the other hand, the culture of the bean was shown economically workable, checking profitability, once it has presented a monthly internal return rate and relationship cost/benefit, respectively, of 2,21% and 0,61% and 1,57 and 1,05 so much in no-tillage as in the conventional, respectively. The bean in no-tillage with the use of the green manuring has presented the liquid income, a monthly internal return rate and the relationship cost/benefit, respectively, 1.073, 262 and 50% upper to the cultivation using the conventional preparation of the soil. It can be inferred that the cultivation of the bean in no-tillage reduces total costs and increases the profitability when compared to the conventional preparation of the soil.

INTRODUÇÃO

O Brasil, na safra 2004/05, produziu, aproximadamente, 35 milhões de toneladas de milho, considerando-se as duas safras, numa área plantada de 12 milhões de hectares e obtendo uma produtividade média de 2.917 kg ha⁻¹ (Conab, 2006).

Segundo o IBGE (2006), a cultura do milho para 2006 estima uma produção de 42 milhões de toneladas, apresentando uma variação positiva de 20% quando comparada à produção obtida em 2005. Este crescimento baseia-se, principalmente, na recuperação da produtividade da primeira safra de milho observada nos estados

da Região Sul, os quais foram seriamente afetados pela estiagem ocorrida nos dois anos anteriores de 2004/05. A área total destinada a esta cultura, em nível nacional, considerando-se as duas safras com colheita em 2006, é de 12,5 milhões de hectares e representa aumento de 4%, quando comparada à área de 2005. Este aumento de área cultivada, em parte, pode ser explicado pela necessidade da prática de rotação de culturas para minimizar o depauperamento do solo, diminuir a incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, com conseqüente redução do custo de produção. Outro fator que está levando os produtores a aumentarem suas áreas de cultivo é a perspectiva não otimista para com a cultura da soja e do trigo.

O Estado do Rio de Janeiro cultivou em torno de 12 mil hectares, produzindo 26 mil toneladas de grãos e apresentando uma produtividade de 2.276 kg ha⁻¹ (Conab, 2006).

O Brasil, na safra 2004/05, plantou uma área de feijão comum, no total das três safras, em torno de quatro milhões de hectares, produzindo três milhões de toneladas de grãos e alcançando uma produtividade de 750 kg ha⁻¹ (Conab, 2006). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2006), estima-se novamente quatro milhões de hectares e 5% de aumento na produção de grãos para 2006.

O Estado do Rio de Janeiro, isoladamente, cultivou o feijão comum em 6,5 mil hectares, produzindo 5,5 mil toneladas de grãos e obtendo uma produtividade média de 846 kg ha⁻¹ (Conab, 2006).

A produtividade do milho e do feijão está em patamares bem abaixo do potencial genético das variedades/híbridos e cultivares, atribuída ao baixo uso de insumos, ao processo acelerado de degradação física, química e biológica do solo e aos periódicos eventos climáticos adversos, principalmente com o aumento da irregularidade das chuvas e da frequência de estiagens.

Considerando-se a falta de capital de giro e o baixo poder aquisitivo dos agricultores, a pesquisa tem avaliado fontes alternativas de nutrientes, com vistas em aumentar o rendimento das culturas, como exemplo o uso de biofertilizantes (Duarte Jr., 2002), de esterco de suínos e aves (Ernani & Gianello, 1982; Scherer & Castilhos, 1994). O uso de leguminosas para cobertura do solo em sistema conservacionista também se destaca como uma prática com grande potencial no

fornecimento de nitrogênio e aumento do rendimento das culturas comerciais (Spagnollo et al., 2001).

Segundo Jama et al. (1998), a determinação de aspectos técnicos positivos, como o aumento no rendimento, não é suficiente para demonstrar ser técnica vantajosa. Os autores acreditam que a aceitação pelos agricultores e extensionistas rurais de sistemas baseados no uso de plantas de cobertura depende da demonstração do impacto econômico positivo desta prática em relação ao sistema convencional.

No Brasil, poucos estudos têm realizado análise econômica do uso de plantas de cobertura do solo na receita líquida do produtor. Entretanto, Spagnollo et al. (2001) concluíram que o cultivo de leguminosas resultou num aumento da receita líquida da cultura do milho, em sistema conservacionista do solo e convencional. Santos et al. (1997) verificaram que o sistema de semeadura direta tem-se mostrado com o menor custo de produção.

Este estudo objetivou avaliar os resultados econômicos do milho e do feijão cultivado em sistema de plantio direto com emprego de adubos verdes em comparação ao convencional em Campos dos Goytacazes – RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas cultivadas com o milho e o feijão comum em plantio direto e convencional foram conduzidas na Fazenda Abadia, no município de Campos dos Goytacazes (situado a 21°44'47" de latitude Sul e 41°18'24" de longitude Oeste com altitude de 12 metros), no Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 01 de dezembro de 2003 a 06 outubro de 2005.

A classe de solo predominante da área era o Cambissolo Ta eutrófico argiloso, com boa drenagem e textura argilo-siltosa, em torno de 38, 52 e 10% de argila, silte e areia, respectivamente. O histórico de adubação da cana cultivada nessa área por cerca de 30 anos, pelo menos nos últimos 10 anos foi totalmente sem aplicação de adubo no plantio e em cobertura na cana-soca, indicando solo com baixa fertilidade. A análise química do solo de toda área, anterior à instalação do experimento, evidenciou valores de pH (H₂O) = 5,5; S-SO₄ = 47,0 (mg dm⁻³); P = 3,5

(mg dm^{-3}); $\text{K}^+ = 0,25$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{Ca}^{++} = 4,6$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{Mg}^{++} = 1,8$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{Al}^{+++} = 0,1$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{H}^+ + \text{Al} = 3,8$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{Na}^+ = 0,1$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); $\text{C} = 16,5$ (g dm^{-3}); $\text{M.O.} = 28,5$ (g dm^{-3}); $\text{Fe} = 69,0$ (mg dm^{-3}); $\text{Cu} = 2,0$ (mg dm^{-3}); $\text{Zn} = 2,3$ (mg dm^{-3}); $\text{Mn} = 15,4$ (mg dm^{-3}) e $\text{B} = 0,4$ (mg dm^{-3}). A calagem foi realizada em novembro de 2003, com quatro meses de antecedência do plantio da cana, aplicando-se calcário calcítico com PRNT de 80%, na dose de 0,76 toneladas por hectare. Foi aplicado como melhorador da fertilidade do solo o gesso agrícola, tomando-se de base 30% da recomendação de calagem, o que resultou na dose de 0,23 toneladas por hectare. Posteriormente, foram cultivados os adubos verdes feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e milheto (*Pennisetum americanum*), objetivando a cobertura e proteção do solo, acumulação de nutrientes e a formação de palhada para a implantação do sistema de semeadura direta do milho e feijão.

Custo de produção

O cálculo do custo de produção considerou todas as informações de combinações de insumos, de serviços e de máquinas e implementos utilizados ao longo do processo produtivo. Para um dado padrão tecnológico, a quantidade de cada item em particular, por unidade de área, resulta num determinado nível de produtividade. Esses coeficientes técnicos de produção nada mais são do que as quantidades de insumos consumidas por hectare das culturas, podendo ser expressas em tonelada, quilograma ou litro (corretivos, fertilizantes, sementes e defensivos), em horas (de trabalho de máquinas e equipamentos) e em dia de trabalho.

O longo período para que estas etapas fossem realizadas fez com que os gastos com insumos e com serviços fossem incorporados à lavoura em diferentes momentos, ao longo do processo produtivo. Como não se devem mensurar valores monetários em tempos distintos, foi realizada a devida adequação, assim, contabilizando os cálculos a partir de preços praticados na época oportuna de utilização e determinado o custo efetivamente incorrido pelo produtor.

Os procedimentos metodológicos para cálculo do custo seguem duas vertentes analíticas: o custo total de produção e o custo operacional de produção. No

contexto da avaliação econômica da empresa, o custo de produção representa a compensação que os donos dos fatores de produção devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores à empresa. Nos próximos itens, faz-se breve discussão a respeito das metodologias para cálculo do custo de produção, tendo por base Gomes et al. (1989) e Antunes & Ries (2001) e após uma descrição resumida de algumas medidas de resultado econômico.

Estrutura de custo total de produção

O custo total de produção subdivide-se em custos fixos e variáveis. Os custos variáveis são dependentes da quantidade produzida, podendo ser evitados no curto prazo com a paralisação da produção. São denominados custos fixos os itens de custo que não se alteram no curto prazo e independem do nível de produção. A longo prazo, entretanto, esses custos não existem, uma vez que todos os insumos podem ter seu uso alterado. O custo total é obtido pela soma do custo fixo total e custo variável total. A curto prazo, ele irá aumentar somente com o aumento do custo variável total, uma vez que o custo fixo total é um valor constante.

Os custos fixos representam grande parcela dos custos totais das atividades agropecuárias, tendo, por isso, importância significativa na determinação dos resultados econômicos da atividade. Os principais itens que compõem o custo fixo total são: a depreciação, os gastos com mão-de-obra permanente, o custo de oportunidade, os seguros, os impostos e os juros. Desses itens, admite-se que a depreciação e o custo de oportunidade do capital estável e da terra careçam de maiores explicações, uma vez que os demais são de compreensão imediata.

A depreciação corresponde a um custo indireto requerido para acumular fundos para substituição do capital investido em bens produtivos de longa duração, inutilizados pela idade, uso e obsolescência. Pode-se dizer que ela: i) representa a perda em valor do capital pelo desgaste físico ocorrido durante o processo produtivo; ii) é um procedimento contábil para distribuir o valor inicial do capital durante sua vida útil produtiva. Neste caso da produção agrícola do milho e do feijão comum, especificamente, todo o capital imobilizado em benfeitorias, equipamentos de irrigação, máquinas e implementos foram depreciados. Há várias formas de se

calcular a depreciação, podendo ela ser obtida através de métodos como o linear, o do saldo decrescente, o da soma dos números naturais e o método do fundo de formação de capital (NORONHA, 1987). Dentre esses métodos, escolheu-se o mais simples e mais freqüentemente empregado, que é o da depreciação linear, calculado por meio da expressão:

$$D_t = \frac{V_i - V_f}{N} \text{ em que:}$$

D_t = é a depreciação em qualquer ano t ,

V_i = o valor do capital inicial

V_f = o valor residual

N = o número de anos de vida útil do ativo

Todo o capital investido na empresa, seja ele próprio ou tomado em empréstimo, tem um custo de oportunidade, uma vez que seu uso na empresa implica deixar de empregá-lo noutra atividade alternativa. Por definição, o retorno potencial desse capital, na melhor alternativa possível de utilização, forneceria uma medida desse custo de oportunidade. Como essa estimativa nem sempre é fácil, é comum estimar o custo de oportunidade a partir do retorno que o capital teria se, em vez de aplicado na empresa, fosse investido no mercado financeiro como, por exemplo, na caderneta de poupança.

O custo de oportunidade do capital estável e o custo de oportunidade da terra são itens componentes do custo fixo. O capital estável consiste de todos os recursos produtivos que podem ser utilizados por vários ciclos de produção. Seu custo de oportunidade é obtido pela seguinte fórmula:

$$C_{op} = \frac{V_i + V_f}{2} \times i \text{ em que:}$$

C_{op} = representa o custo de oportunidade

V_i = o valor do capital inicial

V_f = o valor residual

i = a taxa anual real de juros

Ainda que seja de posse do empresário, a terra apresenta um custo de oportunidade, uma vez que poderia estar sendo empregada em outra atividade ou

mesmo arrendada a outro produtor³. O custo de oportunidade da terra pode ser estimado com base no seu valor de venda, no valor de arrendamento, e no ganho associado ao melhor uso alternativo.

No caso da estimação baseada no valor de venda da terra, parte-se do pressuposto de que o capital empatado no recurso terra poderia ser investido no mercado financeiro, rendendo juros. Esses juros, que representariam o custo de oportunidade da terra, são calculados pela expressão:

$$C_{op} = V \times i \text{ em que:}$$

C_{op} = representa o custo de oportunidade da terra

V = o valor de venda no mercado local

i = taxa real anual de juros

O raciocínio embutido na estimação feita a partir do valor de arrendamento é que a terra que está sendo empregada na atividade poderia estar sendo arrendada para terceiros. Portanto, a renda que se deixa de obter por não arrendá-la equivaleria a seu custo de oportunidade.

A idéia de estimar o custo de oportunidade da terra a partir do ganho associado ao melhor uso alternativo parte da própria noção de custo de oportunidade. Por definição, o custo de oportunidade de um recurso seria representado pelo retorno advindo de sua aplicação no melhor uso alternativo. Por esse método, seria necessário estimar a rentabilidade para as demais explorações, o que, sendo complexo, contribui para que os outros dois métodos sejam mais comumente utilizados.

Os custos variáveis são compostos pelas despesas com a aquisição e aplicação do capital circulante, com a manutenção e conservação do capital estável do empreendimento, bem como aos gastos relativos à contratação de mão-de-obra temporária. Neste caso específico, considerou-se como custo variável total o valor de mercado do capital circulante, o pagamento da mão-de-obra temporária, os custos incorridos na manutenção e conservação do capital estável, e o custo de oportunidade do capital circulante e da mão-de-obra.

³ Admitindo-se que a terra seja utilizada adequadamente, obedecendo aos princípios de conservação, sua capacidade produtiva deve manter-se inalterada no tempo, razão pela qual ela não deve ser alvo de depreciação.

O capital circulante é consumido totalmente durante um ciclo de produção. Dessa forma, o valor desse capital foi totalmente pago pela exploração do ciclo de produção do milho e do feijão. Considerou-se o valor de mercado das sementes, dos fertilizantes, dos defensivos, dos gastos com serviços, etc, como o custo do capital circulante, ou seja, o somatório dos valores desses itens.

Sempre que o capital circulante mantiver-se empatado por certo período, sem ser imediatamente recuperado, haverá um custo de oportunidade associado à sua imobilização no empreendimento. Uma fórmula simplificadora para o custo de oportunidade do capital circulante é a seguinte:

$$C_{op} = \frac{V_m}{2} \times i \text{ em que:}$$

C_{op} = é o custo de oportunidade do capital circulante

V_m = seu valor de mercado

i = a taxa real anual de juros

Em se tratando de mão-de-obra temporária, os salários pagos constituem-se num item de custo variável, que pode, portanto, ser suprimido na hipótese de paralisação da produção. Tal como ocorrem com o capital circulante, os recursos imobilizados em salários de trabalhadores podem apresentar um custo de oportunidade, sempre que houver um diferencial de tempo entre o pagamento desses salários e o advento das receitas do empreendimento. O procedimento do cálculo desse custo é o mesmo utilizado para o capital circulante.

Estrutura de custo operacional de produção

A finalidade do uso do custo operacional é mostrar, caso a empresa não tenha remuneração igual ou superior ao custo alternativo, se e quanto ela tem de resíduo que remunera em parte o capital, o tempo, a administração e os recursos auto-renováveis. O custo operacional pode dividir-se em custo operacional efetivo e custo operacional total.

O custo operacional efetivo pode ser definido como o custo de todos os recursos de produção que exigem desembolso por parte da empresa para sua

recomposição. Corresponde, apenas, aos gastos efetivamente incorridos na condução da atividade, ou seja, apenas aos itens de custo considerados diretos⁴ (mão-de-obra, fertilizantes, defensivos, energia, combustível, manutenção, reparos, impostos e taxas, assistência técnica).

O custo operacional total envolve, além dos custos diretos, o valor da mão-de-obra familiar que, mesmo não sendo remunerada, é imprescindível à condução do empreendimento, e as depreciações, que equivalem a apenas uma parcela dos custos indiretos. Do ponto de vista teórico, o custo operacional total define o custo incorrido pelo produtor no curto prazo para produzir e para repor a sua maquinaria e continuar produzindo.

Medidas de resultado econômico

A partir dos itens de custo considerados, calculam-se indicadores para descrever e analisar as condições econômicas da empresa, fornecendo subsídios para melhor eficiência em sua administração, como, por exemplo, receita bruta, receita líquida operacional e lucro.

A receita bruta é uma medida de resultado econômico que pode ser usada quando o produtor apresentar os recursos de produção disponível e necessitar tomar decisões sobre como utilizar, eficazmente, esses fatores. A receita bruta pode ser definida em relação ao custo operacional e em relação ao custo total de produção.

A receita bruta, em relação ao custo operacional total, é o resultado que sobra após o produtor pagar todas as despesas operacionais, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade.

Analogamente, a receita bruta, em relação ao custo total de produção, é obtida subtraindo-se, da receita bruta, o custo total de produção. Neste caso, indica qual a margem disponível para remunerar o risco e a capacidade empresarial do proprietário.

⁴ Os custos diretos, explícitos ou contábeis são referentes a todos os pagamentos feitos pelo uso dos recursos comprados ou alugados. Os custos de fatores que a empresa já possui, e que por essa razão freqüentemente não são contabilizados, correspondem aos custos indiretos, implícitos ou econômicos.

A receita líquida operacional, ou lucro operacional, mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade agropecuária. A receita líquida operacional é obtida pela diferença entre a receita bruta e os custos operacionais totais, sendo destinada à remuneração do capital fixo.

A receita líquida total, ou lucro é obtido subtraindo-se, da receita bruta, o custo total incorrido na produção. Quando a receita líquida total é positiva, tem-se uma situação de lucro supernormal, visto que todos os custos de produção estão sendo cobertos, restando um resíduo que pode ser empregado na expansão do empreendimento. Situações de receita líquida total nula caracterizam lucro normal e implicam que a atividade estará cobrindo todos os seus custos, sendo capaz de refazer seu capital fixo no longo prazo. Finalmente, uma atividade com receita líquida total negativa estaria em situação de prejuízo econômico, sem condições de se manter em operação por períodos mais longos. Neste caso, se os custos variáveis estiverem sendo cobertos, a atividade poderia manter-se em operação, mas apenas por determinado período, já que isso implicaria descapitalização, e conseqüente inviabilização do empreendimento no longo prazo.

Avaliação da viabilidade econômica

Todos os preços empregados na análise econômica sejam de produtos ou de insumos, foram coletados na própria região, para refletir o real potencial econômico das alternativas testadas. A análise dos dados internos à propriedade rural relacionada à produção do milho e do feijão foi baseada em parâmetros propostos por Antunes & Ries (2001) descritos na continuidade do texto. Foram calculados: o ponto de equilíbrio (sacas), taxa de retorno (%), custo médio por saca de 50 kg (R\$) e a relação custo/benefício.

O ponto de equilíbrio significa o volume de produção que a empresa necessita para que as receitas totais igualem-se aos custos totais (custos fixos mais custos variáveis), sempre que for possível a comercialização dos produtos em questão. É, portanto, o mínimo que deve ser produzido (e comercializado) para que a atividade que está sendo avaliada não apresente prejuízo. É um índice que nos

indica exatamente o quanto devemos faturar para atingir o equilíbrio, para não termos nem lucro nem prejuízo. Para essa análise é importante, que se tenha bem claro a classificação e a separação dos custos totais em custos fixos e custos variáveis.

$$PE = \frac{\text{Custo total}}{\text{Valor unitário da venda}} \text{ em que:}$$

PE = ponto de equilíbrio

A taxa interna de retorno é a porcentagem do lucro obtido em determinado período sobre capital investido. É a rentabilidade de um investimento realizado em uma atividade produtiva. Serve para medir a eficiência da aplicação dos recursos na empresa.

$$RIO = \frac{\text{Lucro médio mensal}}{\text{Valor do capital adicional}} \times 100 \text{ em que:}$$

RIO = taxa interna de retorno (%)

O custo total médio é a soma total dos custos fixos e dos custos variáveis em relação à quantidade total produzida. Esse conceito deve ser aplicado a cada uma das atividades produtivas da propriedade e não à avaliação econômica da atividade como um todo. Por exemplo, de nada serve uma informação desse tipo misturando dados da agricultura e da pecuária.

$$\text{Custo total médio} = \frac{\text{Custos variáveis} + \text{Custos fixos}}{\text{Quantidade produzida}} \text{ em que:}$$

Custo total médio = custo por saca ou unidade produzida e comercializada (R\$)

A relação custo/benefício representa a relação entre o valor monetário dos fatores necessários para a realização da atividade produtiva e o valor monetário do produto gerado por essa.

$$\text{Relação custo/benefício} = \frac{\text{Capital gerado (benefício)}}{\text{Capital investido (custo)}}$$

A relação custo/benefício deve sempre dar um resultado superior a um, onde o capital gerado será sempre maior que os valores despendidos para o desenvolvimento da atividade. Esse é um índice que representa a lucratividade real do investimento de capital.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produtividades médias obtidas nos dois anos de cultivo do milho híbrido 'UENF 506-8' em sistema de semeadura direta e preparo convencional foram de 4.800 e 4.150 kg ha⁻¹, respectivamente.

Entretanto, as médias de preços não têm animado os produtores de milho, ao contrário, vêm causando muitas queixas e preocupações, pois no cenário nacional o valor médio por saca de 60 kg é de R\$ 13,30, não cobrindo nem os custos. Por outro lado, o milho no Estado do Rio de Janeiro, mais especificamente na região Norte do Estado, tem apresentado, além de outros preços, um outro padrão de peso de saca, ou seja, ao invés da saca pesar 60 kg, pesa 50 kg de grãos, e tem sido comercializada num preço médio de R\$ 17,00 por saca. Entretanto, estes valores pagos pelo produto não têm pagado, em muitos casos, nem os custos totais de produção. Portanto, de modo geral, os produtores têm optado pelo cultivo de outras culturas, como a cana-de-açúcar.

Nos Quadros 1 e 2, estão apresentados alguns resultados de indicadores econômicos do milho que foi produzido convencionalmente e em sistema de semeadura direta, respectivamente. Os custos fixos somaram R\$ 136,39, os variáveis R\$ 1.847,98 e os outros custos R\$ 93,46 para o milho no convencional.

Vale ressaltar que somente as despesas com operações no convencional (preparo do solo, semeadura, manejo de plantas daninhas, etc.) resultaram em R\$ 849,43 versus R\$ 627,75 resultantes do sistema de semeadura direta do milho. Portanto, em termos operacionais, a semeadura direta proporcionou 26% de redução nos custos em comparação ao convencional.

Quadro 1. Indicadores econômicos da produção do milho cultivado convencionalmente, no município de Campos dos Goytacazes – RJ, 2005

Indicadores econômicos	Unidade	Valor
Custos fixos	R\$ ha ⁻¹	136,39
Custos variáveis	R\$ ha ⁻¹	1.847,98
Outros custos	R\$ ha ⁻¹	93,46
Custo total	R\$ ha ⁻¹	2.077,83
Receita bruta	R\$ ha ⁻¹	1.411,00
Receita líquida	R\$ ha ⁻¹	-666,83
Ponto de equilíbrio	sacas	122
Taxa interna de retorno	%	-0,34
Custo por saca	R\$	25,03
Relação custo/benefício	-	0,68

Fonte: Dados levantados na Fazenda Abadia, no município de Campos dos Goytacazes - RJ em 2005.

Quadro 2. Indicadores econômicos da produção do milho em sistema de semeadura direta (SSD), no município de Campos dos Goytacazes – RJ, 2005

Indicadores econômicos	Unidade	Valor
Custos fixos	R\$ ha ⁻¹	136,39
Custos variáveis	R\$ ha ⁻¹	1.897,20
Outros custos	R\$ ha ⁻¹	95,78
Custo total	R\$ ha ⁻¹	2.129,38
Receita bruta	R\$ ha ⁻¹	1.632,00
Receita líquida	R\$ ha ⁻¹	-497,38
Ponto de equilíbrio	sacas	125
Taxa interna de retorno	%	-0,09
Custo por saca	R\$	22,18
Relação custo/benefício	-	0,77

Fonte: Dados levantados na Fazenda Abadia, no município de Campos dos Goytacazes - RJ em 2005.

Por outro lado, os custos variáveis (despesas com sementes de adubos verdes, insumos, etc.) para o milho utilizando-se o preparo convencional foi de R\$

998,55 e de R\$ 1.269,45 quando cultivado no sistema de semeadura direta. Assim, invertendo-se a situação, ou seja, o milho em sistema de semeadura direta com o emprego da adubação verde ocasionou aumento de 27% nas despesas com insumos (sementes dos adubos verdes) quando comparado com o convencional. Entretanto, contabilizando todos os custos, o milho cultivado em semeadura direta com emprego da adubação verde aumentou o custo total em, aproximadamente, 3% em relação ao convencional.

Os resultados econômicos apresentados pelo milho nos dois sistemas de manejo do solo não foram satisfatórios (Quadros 1 e 2), indicando, claramente, a inviabilidade do cultivo do milho na atual conjuntura de mercado e de política agrícola. Isto se deve, principalmente, ao baixo preço pago pela saca de milho (R\$ 17,00) que não cobre nem mesmo o custo por saca, que foi de R\$ 25,03, para o milho convencional, e de R\$ 22,18, para o milho em semeadura direta. É importante ressaltar que o menor custo por saca da semeadura direta do milho em relação ao convencional está diretamente relacionada à diluição ocorrida nos custos totais com a maior produtividade média de milho (96 sacas ha^{-1}), na semeadura direta, contra (83 sacas ha^{-1}), no convencional. Dessa maneira, como o produtor não possui nenhuma possibilidade de alterar ou influenciar as variações no preço de mercado por seu produto, diferentemente de outras atividades, mas pelo menos é possível saber até onde poderá ir a comercialização de seus produtos sem prejuízos ou perdas para a atividade.

As atividades lucrativas sempre apresentam relação custo/benefício superior a um, onde o capital gerado será sempre maior do que os valores despendidos para o desenvolvimento da atividade. Entretanto, como pode ser observada, a relação custo/benefício apresentada pelo sistema de semeadura direta e convencional que foram, respectivamente, de 0,77 e 0,68, apontam distintamente que esta atividade não tem conferido lucratividade, mas sim prejuízos ao produtor (Quadros 1 e 2).

O feijão cultivar 'Pérola', do tipo carioca, foi cultivado em sistema de semeadura direta e convencional e apresentou, em média de dois anos de cultivos, produtividades de, aproximadamente, 2.427 e 1.650 $kg\ ha^{-1}$, respectivamente. A média de preços da saca de 50 kg para este produto tem sido em torno de R\$ 78,00 no Estado do Rio de Janeiro e, mais especificamente, no município de Campos dos

Goytacazes, apesar dos consumidores deste Estado darem preferência ao consumo do feijão tipo preto.

Nos Quadros 3 e 4, são apresentados alguns indicadores econômicos do feijão em sistema de plantio direto e convencional. É importante ressaltar que, dentro de custos variáveis, somente as despesas com operações no convencional (preparo do solo, semeadura, manejo de plantas daninhas, etc.) resultaram em R\$ 1.147,63 versus R\$ 925,96 resultantes do sistema de semeadura direta do feijão. Portanto, em termos operacionais, a semeadura direta proporcionou 19% de redução nos custos em comparação ao convencional. Por outro lado, os custos com insumos (despesas com sementes de adubos verdes, etc.) para o feijão utilizando-se o preparo convencional foi de R\$ 1.063,53 e de R\$ 1.214,78 quando cultivado no sistema de semeadura direta. Assim, invertendo-se a situação, ou seja, o feijão em sistema de semeadura direta com o emprego da adubação verde ocasionou aumento de 14% nas despesas com insumos (sementes dos adubos verdes) quando comparado com o convencional. Entretanto, contabilizando todos os custos, o feijão cultivado em semeadura direta, com emprego da adubação verde, ainda apresentou um custo total aproximadamente 3% inferior em relação ao preparo convencional (com arações e gradagens do solo).

O feijão no convencional apresentou receita líquida, por hectare, de R\$ 115,88, enquanto na semeadura direta, R\$ 1.359,62 (Quadros 3 e 4). O ponto de equilíbrio, ou o mínimo que deve ser produzido (e comercializado) para que a atividade que está sendo avaliada não apresente prejuízo, para o feijão no preparo convencional foi de 32 sacas, enquanto em sistema de semeadura direta foi de 31 sacas por hectare. Portanto, houve uma redução de 3%, isto possivelmente porque os custos do feijão cultivado convencionalmente foram maiores que na semeadura direta. Além do mais, o custo por saca foi, aproximadamente, 50% maior para o feijão no convencional do que na semeadura direta, por causa da maior produtividade deste último sistema de manejo do solo, que promoveu aumento de produtividade e, conseqüentemente, maior diluição dos custos totais.

Quadro 3. Indicadores econômicos da produção do feijão cultivado convencionalmente, no município de Campos dos Goytacazes – RJ, 2005

Indicadores econômicos	Unidade	Valor
Custos fixos	R\$ ha ⁻¹	136,39
Custos variáveis	R\$ ha ⁻¹	2.211,16
Outros custos	R\$ ha ⁻¹	110,57
Custo total	R\$ ha ⁻¹	2.458,12
Receita bruta	R\$ ha ⁻¹	2.574,00
Receita líquida	R\$ ha ⁻¹	115,88
Ponto de equilíbrio	sacas	32
Taxa interna de retorno	%	0,61
Custo por saca	R\$	74,49
Relação custo/benefício	-	1,05

Fonte: Dados levantados na Fazenda Abadia no município de Campos dos Goytacazes - RJ em 2005.

Quadro 4. Indicadores econômicos da produção do feijão em sistema de semeadura direta (SSD), no município de Campos dos Goytacazes – RJ, 2005

Indicadores econômicos	Unidade	Valor
Custos fixos	R\$ ha ⁻¹	136,39
Custos variáveis	R\$ ha ⁻¹	2.140,74
Outros custos	R\$ ha ⁻¹	107,25
Custo total	R\$ ha ⁻¹	2.384,38
Receita bruta	R\$ ha ⁻¹	3.744,00
Receita líquida	R\$ ha ⁻¹	1.359,62
Ponto de equilíbrio	sacas	31
Taxa interna de retorno	%	2,21
Custo por saca	R\$	49,67
Relação custo/benefício	-	1,57

Fonte: Dados levantados na Fazenda Abadia no município de Campos dos Goytacazes - RJ em 2005.

O feijão em sistema de semeadura direta apresentou taxa interna de retorno mensal e relação custo/benefício, respectivamente, 262 e 50% superiores quando comparada com o manejo convencional do solo (Quadros 3 e 4).

Dessa maneira, avaliando-se os indicadores econômicos estudados neste trabalho para a cultura do feijão, foi possível verificar a viabilidade econômica do cultivo do feijão, tanto utilizando o manejo convencional como a semeadura direta. Porém, pode-se observar que o sistema de semeadura direta proporcionou melhores resultados econômicos do que o convencional.

CONCLUSÕES

1. Os resultados econômicos da cultura do milho evidenciaram a inviabilidade econômica da milhocultura, tanto no sistema de semeadura direta como no convencional, na atual conjuntura de mercado deste produto no Brasil. No entanto, o sistema de semeadura direta proporcionou os melhores resultados.

2. A cultura do feijão se mostrou viável economicamente, conferindo lucratividade, uma vez que apresentou taxa interna de retorno mensal e relação custo/benefício, respectivamente, de 2,21% e 0,61% e 1,57 e 1,05 tanto em semeadura direta como no convencional, respectivamente.

3. O feijão, em sistema de semeadura direta com o emprego da adubação verde, apresentou a receita líquida, a taxa interna de retorno mensal e a relação custo/benefício, respectivamente, 1.073, 262 e 50% superior ao cultivo utilizando-se o preparo convencional do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antunes, L.M. & Ries, L.R. (2001) *Gerência Agropecuária*. 2.ed. Guaíba: Agropecuária. 272p.

Conab. (2006) - Companhia nacional de abastecimento. <<http://www.conab.gov.br/download/safra/boletim.pdf>>. Acesso em: 07 junho 2006.

- Duarte Jr., J.B. (2002) *Aplicação foliar de Agrobio[®] e molibdênio em dois cultivares de feijoeiro comum* Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 68p.
- Ernani, P.R. & Gianello, C. (1982) Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 6: 119-124.
- Gomes, S.T.; Mello, R.P. & Martins, P.C. (1989) *O custo de produção do leite*. Brasília: SNAB/MA. 66p.
- IBGE (2006) – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/textolspa052006.pdf>>. Acesso em: 11 de junho 2006.
- Jama, B.; Buresh, R. & Place, F.M. (1998) Sesbania tree fallows on phosphorus-deficient sites: maize yield and financial benefit. *Agronomy Journal*, 90: 717-726.
- Noronha, J.F. (1987) *Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. 2.ed. São Paulo: Atlas. 269p.
- Santos, A.B. dos; Silva, O.F. da & Ferreira, E. (1997) Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32 (3): 317-327.
- Sherer, E.E. & Castilhos, E.G. (1994) Estercos suínos como fonte de nitrogênio para milho e feijão da safrinha. *Agropecuária Catarinense*, 7: 25-28.
- Spagnollo, E.; Bayer, C.; Wildner, L.P.; Ernani, P.R.; Albuquerque, J.A. & Nadal, R. (2001) Análise econômica do uso de leguminosas estivais intercalares à cultura do milho, na ausência e na presença de adubação nitrogenada, no Oeste de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 709-715.

4. RESUMOS E CONCLUSÕES

1. A crotalária apresenta a maior taxa de cobertura do solo, em torno de 87% aos 35 DAE, sendo 15, 40 e 748% superior, respectivamente, ao feijão-de-porco, mucuna preta e vegetação espontânea.

2. A crotalária, aos 92 DAE, produz 17.852 kg ha⁻¹ de matéria seca 41, 78 e 407% superior à do feijão-de-porco, da mucuna preta e da vegetação espontânea, respectivamente.

3. As leguminosas avaliadas acumulam maior quantidade de N e Cu na fitomassa que a vegetação espontânea. A crotalária e o feijão-de-porco, em média, acumulam 66% a mais de P na parte área que a mucuna preta. A crotalária apresenta maior acúmulo de K, Mg, S, Zn e Fe que feijão-de-porco, mucuna e vegetação espontânea.

4. A cana em SPD sobre crotalária, feijão-de-porco e mucuna preta apresenta produtividade de 135.863 kg ha⁻¹. O sistema de plantio direto com o emprego das leguminosas em cobertura contribui para a cana-de-açúcar obter produtividade 37% superior ao preparo convencional do solo com a vegetação espontânea incorporada.

5. O sistema de plantio direto de cana-de-açúcar sobre leguminosas proporciona maiores teores foliares de N e K na cana do que o sistema de cultivo convencional com vegetação espontânea incorporada. Destacam-se o feijão-de-porco e a mucuna preta, que proporcionam, em média, 26% a mais de N para a cana

SPD quando comparado à cana convencional. A cana SPD sobre leguminosas apresenta teores de K nas folhas 43% superiores a cana convencional.

6. As espécies *Cyperus rotundus* e *Sorghum halepense* são as que apresentam os maiores índices de valor de importância na área experimental.

7. O SPD de cana-de-açúcar sobre feijão-de-porco apresenta o menor índice de similariedade na comunidade de plantas daninhas em relação à cana cultivada convencionalmente.

8. A maior incidência de plantas daninhas na cana PC, dentre outros fatores, culmina na redução de 27% na produtividade de colmos em comparação à cana-de-açúcar em sistema de plantio direto.

9. O sistema de plantio direto utilizando-se a prática inerente da adubação verde na cultura da cana-de-açúcar, após o primeiro corte, proporciona, na camada de 0 a 5 cm de profundidade, aumentos nos teores de carbono e matéria orgânica de 14 e 13% maiores do que no preparo convencional do solo.

10. A receita líquida da cana-planta em sistema de plantio direto com emprego da adubação verde foi, aproximadamente, 117% superior ao resultado da cana produzida com o preparo convencional do solo.

11. O custo, por tonelada, de colmo produzido foi 26% inferior no plantio direto em relação ao convencional.

12. No experimento do milho e feijão foi verificado que o feijão-de-porco apresentou taxa de cobertura do solo 206 e 821% maior que o milheto e a vegetação espontânea, respectivamente. E, aos 51 DAE, proporcionou 82% de cobertura do solo.

13. O feijão-de-porco se destacou com a maior produtividade de matéria seca (15.415 kg ha⁻¹), maiores teores de N, Ca e Cu na parte aérea, e se mostrou mais eficiente no acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e Cu comparativamente ao milheto e à vegetação espontânea.

14. O milheto apresentou maiores teores de P, Mg, S, Zn e Fe na parte aérea do que o feijão-de-porco e vegetação espontânea. E o teor de K, na parte aérea das espécies espontâneas, se igualou ao obtido no feijão-de-porco e milheto. O milheto foi mais eficiente que a vegetação espontânea, em acúmulo de P, Mg, S, Zn e Fe na parte área.

15. O sistema de semeadura direta empregando a adubação verde com o feijão-de-porco proporcionou as maiores produtividades de grãos do milho 'UENF 506-8' (6.569 kg ha^{-1}) e do feijão 'Pérola' (2.858 kg ha^{-1}), comparativamente ao SSD sobre milho e SC com vegetação espontânea incorporada.

16. O milho cultivado em SSD sobre palhada de feijão-de-porco apresentou maiores teores de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu nas folhas.

17. O milho em sistema de semeadura direta sobre palhada de feijão-de-porco se apresentou com maior número de espigas por planta, peso médio de espigas, peso de cem grãos e, conseqüentemente, a maior produtividade de grãos.

18. O feijão, quando cultivado em SSD sobre palhada de feijão-de-porco, apresentou os maiores teores de N, K e Mg nas folhas, mas quando cultivado em SSD sobre milho apresentou os maiores teores foliares de P, K, S, Mn, Zn e Cu.

19. O feijão, quando cultivado em SSD sobre palha de cobertura de feijão-de-porco, apresentou o maior número de vagens por planta, sementes por vagem, peso de cem grãos e, conseqüentemente, a maior produtividade de grãos em relação ao cultivo em SSD sobre milho e SC com vegetação espontânea incorporada.

20. Os teores foliares de N, K, S, Mn, Fe e Cu na cultura do milho foram maiores quando se utilizou o esquema de sucessão feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/milho em SSD, quando cultivado sobre palhada remanescente de três cultivos consecutivos com leguminosas.

21. As maiores produtividades obtidas pelo milho foram quando se utilizou a sucessão feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/milho e feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/milho em SSD. Estas produtividades se devem às melhores condições nutricionais e ao maior número de espigas por planta, proporcionadas pela utilização de leguminosas e do sistema de semeadura direta.

22. Foram observados maiores teores foliares de N, K, Ca e Mn na cultura do feijão comum quando do cultivo em sucessão feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/feijão comum e feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/feijão comum em SSD.

23. A maior produtividade do feijão ocorreu quando se utilizou a sucessão feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/feijão comum e feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/feijão comum em SSD. Isto se deve às melhores condições

nutricionais e ao maior número de vagens por planta obtida utilizando-se estes esquemas de sucessão e o sistema de semeadura direta.

24. Os resultados econômicos da cultura do milho evidenciaram a inviabilidade econômica da milhocultura, tanto no sistema de semeadura direta como no convencional, na atual conjuntura de mercado deste produto no Brasil. No entanto, o sistema de semeadura direta proporcionou os melhores resultados.

25. O feijão em sistema de semeadura direta com o emprego da adubação verde apresentou a receita líquida, a taxa de retorno mensal e a relação custo/benefício, respectivamente, 1.073, 262 e 50% superior ao cultivo utilizando-se o preparo convencional do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abboud, A.C. de S. & Duque, F.F. (1986) Efeitos de materiais orgânicos e vermiculita sobre a seqüência feijão-milho-feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 21 (3): 227-236.
- Aita, C.; Ceretta, C.A.; Thomas, A.L.; Pavinato, A. & Bayer, C. (1994) Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 18: 101-108.
- Albuquerque, J.A.; Reinert, D.J. & Fiorin, J.E. (1995) Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 19: 115-119.
- Almeida, F.S. & Rodrigues, B.N. (1985) *Guia de herbicidas: recomendações para uso em plantio direto e convencional*. Londrina: IAPAR, 468p.
- Amado, T.J.C.; Bayer, C.; Eltz, F.L.F. & Brum, A.C.R. (2001) Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 25: 189-197.
- Amado, T.J.C.; Matos, A.T.de. & Torres, L. (1990) Flutuação de temperatura e umidade do solo sob preparo convencional e em faixas na cultura da cebola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 25 (4): 625-631.

- Amado, T.J.C.; Mielniczuk, J. & Aita, C. (2002) Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 241-248.
- Amado, T.J.C.; Mielniczuk, J. & Fernandes, S.B.V. (2000) Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 179-189.
- Andrade, R.da.S.; Moreira, J.A.A.; Stone, L.F. & Carvalho, J.de A. (2002) Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6 (1): 35-38.
- Andreola, F.; Costa, L.M.; Olszewski, N. & Jucksch, I. (2000) A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 24: 867-874.
- Andrioli, I.; Palmeri, A.J.; Chueire, F.B.; Natale, W. & Centurion, J.F. (1997) Avaliação da estrutura e da matéria orgânica do solo em áreas de plantio direto e convencional de soja sobre palha de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto – SP. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 26. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.6-130.
- Antunes, L.M. & Ries, L.R. (2001) *Gerência Agropecuária*. 2.ed. Guaíba: Agropecuária. 272p.
- Arf, O.; Silva, L.S. da; Buzetti, S.; Alves, M.C.; Sá, M.E. de; Rodrigues, R.A.F. & Hernandez, F.B.T. (1999) Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (11): 2029-2036.

- Azania, A.A.P.M.; Azania, C.A.M.; Gravena, R.; Pavani, M.C.M.D. & Pitelli, R.A. (2002) Interferência na palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas na família convolvulaceae. *Revista Planta Daninha*, 20 (2): 207-212.
- Barcelos, A.A.; Cassol, E.A. & Denardin, J.E. (1999) Infiltração de água em um latossolo vermelho-escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 35-43.
- Bertol, I.; Cogo, N.P. & Cassol, E.A. (2000) Distância entre terraços usando o comprimento crítico de rampa em dois preparos conservacionistas de solo. *Revista Brasileira do Solo*, 24: 417-425.
- Bertol, I.; Schich, J. & Batistela, O. (2002) Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia preta em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 545-552.
- Beutler, A.N.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Ferreira, M.M.; Cruz, J.C. & Pereira Filho, I.A. (2001) Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 25: 167-177.
- Bianchini, A.; Magalhães, P.S.G. & Braunbeck, O. (2001) Cultivo do solo em áreas de cana crua. *Revista STAB*, Piracicaba, 19 (5): 30-33.
- Boaretto, A.E.; Chitolina, J.C.; Raij, B. van; Silva, F.C. da; Tedesco, M.J. & Carmo, C.A.F. de S. do. (1999) Amostragem acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F.C. da. (org.) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: EMBRAPA – Embrapa comunicação para Transferência de tecnologia, p.49-73.

- Boller, W. & Caldato, D.E. (2001) Desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes condições de cobertura e de preparo do solo. *Revista Engenharia Agrícola*, 21 (2): 167-173.
- Bonfante, D.A. (1983) *Efeito de sistemas de manejo do solo sobre algumas propriedades físicas em latossolo vermelho-escuro*. Tese (Mestrado em Agronomia) – Santa Maria-RS, Universidade Federal de Santa Maria, 80p.
- Bortuluzzi, E.C. & Eltz, F.L.F. (2000) Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 24: 449-457.
- Braga, J. M., Defelipo, B. V. (1974) Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e plantas. *Revista Ceres*, 21: 73-85.
- Bragagnolo, N. & Mielniczuk, J. (1990) Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 14: 369-374.
- Caceres, N. T. & Alcarde, J. C. (1995) Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum*spp). *Revista STAB*, 13 (5): 16-20.
- Caires, E.F.; Barth, G.; Garbuió, F.J. & Kusman, M.T. (2002) Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 1011-1022.
- Canellas, L.P.; Velloso, A.C.X.; Marciano, C.R.; Ramalho, J.F.G.P.; Rumjanek, V.M.; Rezende, C.E. & Santos, G.A. (2003) Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 935-944.

- Carvalho, E.J.M.; Figueiredo, M. de S. & Costa, L.M. da. (1999) Comportamento físico-hídrico em um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (2): 257-265.
- Ceddia, M.B.; Anjos, L.H.C.dos; Lima, E.; Neto, A.R. & Silva, L.A.da. (1999) Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo podzólico amarelo no estado do Espírito Santo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (8): 1467-1473.
- Ceretta, C.A.; Aita, C.; Braidia, J.A.; Pavinato, A. & Salet, R.L. (1994) Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 18: 215-220.
- Ceretta, C.A.; Basso, C.J.; Flecha, A.M.T.; Pavinato, P.S.; Vieira, F.C.B. & Mai, M.E.M. (2002) Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, nos sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 163-171.
- Cerri, C.C.; Andreaux, F. & Eduardo, B.P. (1992) O ciclo do carbono no solo. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M. & Neves, M.C.P. (eds.) *Microbiologia do solo*. Campinas: R.Vieira, p.73-90.
- Chueiri, W.A. & Vasconcelos, H.P. (2000) Dinâmica de nutrientes no plantio direto. I: 7º Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha. *Resumos Foz do Iguaçu – PR*. p.129-130.
- Ciotta, M.N.; Bayer, C.; Ernani, P.R.; Fontoura, S.M.V.; Albuquerque, J.A. & Wobeto, C. (2002) Acidificação de um latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 1055-1064.

Cobucci, T.; Di Stefano, J.G. & Kluthcouski, J. (1999) Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 56p.

Coelho, F.C.; Freitas, S. de P.; Monnerat, P.H. & Dornelles, M.S. (2001) Efeitos sobre a cultura do feijão das adubações com nitrogênio e molibdênio e do manejo de plantas daninhas. *Revista Ceres*, 48 (278): 455-467.

Conab. (2006a) – Companhia nacional de abastecimento. <<http://www.conab.gov.br/download/indicadores/0206-balanca-importacao.pdf>>. Acesso em: 11 junho 2006.

Conab. (2006b) – Companhia nacional de abastecimento. <<http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/Perpectivas%20para%20o%20Mercado%20de%20Milho%202004%20e%202005.pdf>>. Acesso em: 11 junho 2006.

Conab. (2006c) – Companhia nacional de abastecimento. <<http://www.conab.gov.br/download/safra/boletim.pdf>>. Acesso em: 07 junho 2006.

Conab. (2006d) – Companhia nacional de abastecimento. <http://www.conab.gov.br/download/safra/Primeiro_Levantamento_Cana_2006-07_maio06.pdf>. Acesso em: 06 junho 2006.

Conab. (2006e) – Companhia nacional de abastecimento. <<http://www.conab.gov.br/download/indicadores/02205-balanca-exportacao.pdf>>. Acesso em: 11 junho 2006.

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. (2005) *Revista Indicadores da Agropecuária*. Brasília, ano XIV, 9: 60p.

- Corazza, E.J.; Silva, J.E.; Resck, D.V.S. & Gomes, A.C. (1999) Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 23: 425-432.
- Corrêa, L.A. (1980) Plantio direto em milho. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte-MG, ano 6, 72: 35-38.
- Corrêa, J.C. (1985) Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20 (11): 1317-1322.
- Corsini, P.C.; Ferraudo, A.S. (1999) Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (2): 289-298.
- Cruz, D.M. (2003) Plantio direto e preparo reduzido ganham terreno. *JornalCana*, Ribeirão Preto, mar. p.34.
- Cunha, A.A. da; Silveira, P.M. da; Silva, J.G. da & Zimmermann, F.J.P. (2002) Variabilidade da produtividade de grãos de milho e feijão em um Latossolo submetido a diferentes preparos do solo. *Revista Engenharia Agrícola*, 22 (1): 93-100.
- Curtis, J.I.; McIntosh, R.P. (1950) The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, 31: 434-455.
- Dalben, E.A.; Nelli, E.J.; Almeida, O.J. & Demathê, J.L.I. (1983) Plantio direto de cana-de-açúcar em solos de baixa fertilidade. *Revista Álcool & Açúcar*, 3 (12): 30-32.

- Da Ros, C.O.; Lopes, C.E.L.; Secco, D. & Pasa, L. (1996) Influência do tempo de cultivo no sistema de plantio direto nas características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. *Ciência Rural*, 26 (3): 397-400.
- Derpsch, R.; Hoogmoed, W.B.; Sidiras, N. & Almeida, F.S. (1984) *A escarificação como alternativa de preparo e conservação do solo*. Londrina, IAPAR/GTZ, 24p.
- Derpsch, R.; Sidiras, N. & Heinzmann, F.X. (1985) Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20 (7): 761-773.
- Deuber, R (1997) *Ciência das plantas infestantes: Manejo*. Campinas: Editora Degaspari, v.2. 285p.
- Dijkstra, F. (2003) Experiência do produtor na busca de 12+ toneladas de milho/ha e 4+ toneladas de soja/ha. In: Simpósio discute a busca da produtividade com sustentabilidade na agricultura. *Informações Agronômicas*, 103: 01-04.
- Dinardo-Miranda, L. L. (2001) Rotação soja-cana e nematóides. *Revista STAB*, 19 (4): 17.
- Doran, J.W. (1980) Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society American Journal*, 44: 765-771.
- Dourado Neto, D. & Fancelli, A.L. (2004) *Produção de milho*. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 360p.
- Duarte Jr., J.B. (2002) *Aplicação foliar de Agrobio® e molibdênio em dois cultivares de feijoeiro comum* Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 68p.

- Duarte Jr., J.B. & Coelho, F.C. (2005) Cana-de-açúcar em PD na região Norte do Estado do Rio de Janeiro. *Jornal Direto no Cerrado*, Brasília, ano 10, 43, ago.-set., p.10.
- Durigan, J.C. & Almeida, F.L.S. (1993) *Noções sobre alelopatia*. Jaboticabal: Funep, 28p.
- Durigan, J.C. (1991) *Manejo da tiririca (Cyperus rotundus L.) antes e durante a implantação da cultura de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Tese (Livre-Docência) – Jaboticabal – SP, Universidade Estadual de São Paulo – USP, 336p.
- Durigan, J.C.; Martini, G. & Leite, G.J. (2002) Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus* L.) com e sem cobertura do solo com a palha remanescente da colheita mecânica da cana-de-açúcar. In: *Anais do Congresso Nacional da STAB*, 8, Recife: STAB, p.150-157.
- Eltz, F.L.F., Peixoto, R.T.G. & Jasper, F.R. (1989) Efeito de sistema de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de latossolo Bruno álico. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 13 (2): 259-267.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1997) *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, CNPS-Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 212p.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1996) *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 204p.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2003) <<http://www.cnpaf.embrapa.br>> Acesso: 10 de outubro de 2003.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006) <www.cana.cnpm.embrapa.br/agroeco.html>. Acesso em: 03 de julho de 2006.

- Erasmu, E.A.L.; Azevedo, W.R.; Sarmento, R.A.; Cunha, A.M. & Garcia, S.L.R. (2004) Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, 22 (3): 337-342.
- Ernani, P.R. & Gianello, C. (1982) Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 6: 119-124.
- Evangelista Jr., A.C.; Pavani, M.C.M.D.; Alves, P.L.C.A.; Corá, J.E.; Godoy, G.P. & Patti, G.P. (2004) Influência de diferentes coberturas mortas na comunidade infestante em área de plantio direto. *Revista Planta Daninha*, 10: 23.
- Falleiro, R.M.; Souza, C.M.; Silva, C.S.W.; Sedyama, C.S.; Silva, A.A. & Fagundes, J.L. (2003) Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 27: 1097-1104.
- FAO. (2006) Food and Agriculture Organization. <www.fao.org>. Acesso em: 11 junho 2006.
- Favero, C.; Jucksch, I.; Costa, L.M.; Alvarenga, R.C. & Neves, J.C.L. (2000) Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 24: 171-177.
- FEBRAPDP. (2004) Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. <http://www.febrapdp.org.br/pd_area_estados.htm>. Acesso em: 13 agos. 2004.
- Febrapdp. (2006) Federação brasileira de plantio direto na palha. <<http://www.febrapdp.org.br/br%20evolucao%20pd%2093-04.htm>>. Acesso em: 28 maio. 2006.

- Fernandes, B.; Galloway, H.M. & Bronson, R.D. (1983) Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros em dois solos ("Typic Argia-quoll" e "Typic Haplu-dalf"). *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 7: 329-333.
- Fernandes, M.F.; Barreto, A.C. & Filho, J.E. (1999) Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (9): 1593-1600.
- Ferreira, F.A.; Ferreira, L.R.; Silva, A.A. & Gomes, J.M. (2000) Manejo integrado de plantas daninhas em hortaliças. In: Zambolim, L. (ed.). *Manejo integrado de doenças, pragas e plantas daninhas*, Viçosa: UFV, p.365-372.
- Ferreira, P. V. (2000) *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3ª edição / Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió : EDUFAL, 422p.
- Ferro, M. (1991) Efeito residual de diferentes espécies de adubos verdes de inverno sobre o rendimento de soja e milho. In: *Anais Reunião Centro-Sul de adubação verde e rotação de culturas*, 3, Cascavel: OCEPAR, p.126.
- Figueiredo, P.A.M.; Barbosa, M.H.P.; Andrade, L.A.B.; Anjos, I.A. & Quintela, A.C.R. (2002) Controle de plantas daninhas e rendimentos de colmos e ATR da variedade SP80-1842, pelo palhiço, vinhaça e herbicidas em áreas de colheita mecanizada de cana crua. In: *Anais do Congresso Nacional da STAB* 8, Recife: STAB, p. 201-207.
- Fiorelli, J. (2004) O tratamento de sementes é hoje a melhor opção para o controle das pragas iniciais da cultura do milho, em especial contra insetos como o percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*). *Correio Agrícola*, São Paulo, 1: 27.

- Franchini, J.C.; Borkert, C.M.; Ferreira, M.M. & Gaudêncio, C.A. (2000) Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 24: 459-467.
- Freitas, S. de P.; Coelho, F.C. & Pessanha, H.M. (2001) Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense. *Boletim técnico UENF*, 1 (2): 48p.
- Freitas, P.S.L. de; Mantovani, E.C.; Sediyaama, G.C. & Costa, L.C. (2004) Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação da água do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8, (1): 85-91.
- Fuerst, E.P. & Putnan, A.R. (1983) Separating the competitive and allelopathic components of interference: theoretical principles. *Journal Chemical Ecology*, 9: 937-944.
- Furlani, C.E.A.; Gamero, C.A.; Levien, R. & Lopes, A. (2003) Resistência do solo à penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. *Revista Engenharia Agrícola*, 23 (3): 579-587.
- Galvão, J.D.; Rodrigues, J.J.V. & Puríssimo, C. (1981) Sistemas de plantio, direto e convencional, na cultura do feijão “da seca”, em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, 28 (158): 412-416.
- Gassen, D.N. (1999) Dinâmica da entomofauna em agroecossistemas sob plantio direto no cerrado. In: *Anais Seminário sobre o Sistema de Plantio Direto na UFV*, 2, Viçosa, MG, Anais... Editado por Luiz Adriano Maia Cordeiro e outros.- Viçosa : UFV, DFT, 190p.
- Gerage, A.C.; Shioga, P.S. & Araújo, P.M. de. (2005) Avaliação Estadual de Cultivares de Milho safra 2004/05. *Informe da Pesquisa*, 146: 52p.

- Gomes, S.T.; Mello, R.P. & Martins, P.C. (1989) *O custo de produção do leite*. Brasília: SNAB/MA. 66p.
- Gonçalves, C.N. & Ceretta, C.A. (1999) Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 23: 307-313.
- Gonçalves, C. N.; Ceretta, C. A. & Basso, C. J. (2000) Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 153-159.
- Heinrichs, R., Vitti, G.C., Moreira, A. & Fancelli, A.L. (2002) Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 225-230.
- Heinzmann, F.X. (1985) Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20 (9): 1021-1030.
- Henklain, J.C. (1997) Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável. *Palestras do 1º Congresso Brasileiro de Plantio Direto para uma Agricultura Sustentável*, 1996, Ponta Grossa, PR. Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto, Dirk Claudio Ahrens e Michel Jorge Samaha, ed. Ponta Grossa, PR: IAPAR, PRP/PG, 275p.
- Hungria, M.; Neves, M.C.P. & Victoria, R.L. (1985) Assimilação de nitrogênio fixado pelo feijoeiro. II. Absorção e translocação do N mineral e do N fixado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 9: 201-209.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1996) Censo Agropecuário. Rio de Janeiro, 18: 175-177.

- IBGE (2006) – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/textolspa052006.pdf>>. Acesso em: 11 de junho 2006.
- Jackson, M. L. (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M. L. (ed.). *Soil chemical analysis* Englewood Cliffs, Prentice Hall, p.195-196.
- Jakelaitis, A.; Ferreira, L.R.; Silva, A.A.; Agnes, E.L.; Miranda, G.V. & Machado, A.F.L. (2003) Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. *Revista Planta Daninha*, 21 (1): 71-79.
- Jama, B.; Buresh, R. & Place, F.M. (1998) Sesbania tree fallows on phosphorus-deficient sites: maize yield and financial benefit. *Agronomy Journal*, 90: 717-726.
- Jones, J.B., Wolf, B., Mills, H. A. (1991) *Plant Analysis Handbook*. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens, Georgia, USA. Micro-Macro Publishing Inc., 213p.
- Kissmann, K.G. (1997) *Plantas infestantes e nocivas*, 1.T., 2.ed., São Paulo: BASF, 824p.
- Lacerda, A.L.S. & Victoria Filho, R. (2004) Dinâmica populacional de plantas daninhas em dois sistemas de manejo do solo. *Revista Planta Daninha*, 10: 235.
- Lima, E.A. de. (2002) *Espécies para cobertura de solo e seus efeitos sobre a vegetação espontânea e rendimento da soja em plantio direto, em Campos dos Goytacazes, RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 62p.
- Linder, R.C. (1944) Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiology*, 19: 76-89.

Lorenzi, H. (2000) *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 640p.

M.A. (2006a) – Ministério da Agricultura.
<http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/CULTURAS/2.1.A_1.XLS>. Acesso em: 11 junho 2006.

M.A. (2006b) – Ministério da Agricultura.
<http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/CULTURAS/2.2.C_1.XLS>. Acesso em: 11 junho 2006.

M.A. (2006c) – Ministério da Agricultura.
<http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/AGRICULTURA_MUNDIAL/10.5.C_1.XLS>. Acesso em: 11 junho 2006.

M.A. (2006d) – Ministério da Agricultura.
<http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/CULTURAS/2.2.B_1.XLS>. Acesso em: 11 junho 2006.

M.A. (2006e) – Ministério da Agricultura.
<http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/CULTURAS/2.1.B_1.XLS>. Acesso em: 11 junho 2006.

Magid, J.; Tiessen, H. & Condron, L.M. (1996) Dynamics of organic phosphorus in soils under natural and agricultural ecosystems. In: Piccolo, A. (ed) *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Amsterdam: Elsevier, p.429-466.

Malavolta, E. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações* / Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira. 2ª ed., rev. e atual. Piracicaba : POTAFOS, 319p.

- Maria, I.C. de & Castro, O.M. de. (1993) Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 17: 471-477.
- Medeiros, A.R.M. (1989) *Determinação de potencialidades alelopáticas em agroecossistemas*. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq USP, 92p.
- Mello, L.M.M. & Yano, E.H. (2001) Manejo da palha de milho (*Pennisetum americanum*) e doses de adubação nitrogenada sobre a cultura do feijoeiro em semeadura direta. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 21 (1): 61-67.
- Mendonza, H.N.S.; Lima, E.; Anjos, L.H.C.; Silva, L.A.; Ceddia, M.B. & Antunes, M.V.M. (2000) Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 201-207.
- Mengel, K. (1996) Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. *Plant Soil*, 181: 83-93.
- Merten, G.H. & Mielniczuk, J. (1991) Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 15: 369-374.
- Messias, L. (1999) Plantio direto de soja sob a palha da cana vem sendo testado com sucesso. *JornalCana*, Ribeirão Preto, abr. p.38.
- Mielniczuk, J. (1997) A sustentabilidade agrícola e o plantio direto. In: Peixoto, R.T. dos G., Ahrens, D.C. & Samaha, M.J. (eds.) *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa: IAPAR, PRP/PG, p.9-14.

- Morgado, I.F.; Vieira, J.R. (1999) Tecnologias canavieira nas regiões Norte Fluminense e sul do Espírito Santo. In: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Campus Leonel Miranda, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, *Boletim técnico*, 12: 61p.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H.A. (1974) *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: John Wiley, 547p.
- Muzilli, O. (1981) Princípios e perspectivas de expansão. In: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, Plantio direto no Paraná, *circular*, n.23, 244p.
- Muzilli, O.; Vieira, M.J.; Almeida, F.L.S.; de Nazareno, N.R.X.; Carvalho, A.O.R.; Laurenti, A.E. & Lanilo, R.F. (1983a) Comportamento e possibilidade da cultura do milho em plantio direto no Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18 (1): 41-47.
- Muzilli, O. (1983) Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 7 (1): 95-102.
- Muzilli, O.; Oliveira, E.L.; Gerage, A.C. & Tornero, M.T. (1983b) Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas a adubação nitrogenada. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, Campinas, 18 (1): 23-27.
- Muzilli, O. (2002) Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: A experiência no Estado do Paraná. *Revista Informações Agrônomicas*, 100: 06-10.
- Myers, R.J.K.; Palm, C.A.; Cuevas, E.; Gunatilleke, I.U.N. & Brossard, M. (1994) The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: Woomer, P.L. & Swift, M.J. (eds) *The biological management of tropical soil fertility*. Chichester: John & Wiley & Sons, p.81-116.

- Noronha, J.F. (1987) *Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. 2.ed. São Paulo: Atlas. 269p.
- Oliveira, A.R. de. (2005) *Levantamento fitossociológico e controle de capim-camalote (Rottboellia exaltata L.) na cultura da cana-de-açúcar*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 97p.
- Oliveira, M.E. de; Neto, W.G. (1980) O Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL). *Jornal Correio de Uberlândia*, Uberlândia-MG.
- Oliveira, T.K. de; Carvalho, G.J. de & Moraes, R.N. de S. (2002) Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (8): 1079-1087.
- Oliveira, V. P. S. (1996) *Avaliação do sistema de irrigação por sulco da fazenda do alto, em Campos dos Goytacazes, RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 95p.
- Orlando Filho, J.; Macedo, N. & Tokeshi, H. (1994) Seja doutor do seu canavial. *Informações Agrônomicas* 67: 1-16.
- ORPLANA (2005) – Organização de plantadores de cana da região centro-sul do Brasil. Cálculo simplificado do preço da cana-de-açúcar. *Cadernos Orplana*, 5: 1-2.
- Palm, C.A. & Sanchez, P.A. (1991) Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology Biochemical*, 23: 83-88.

- Pastana, F.I. (1972) Efeito da retenção de um herbicida pela cobertura morta do solo, no controle das ervas daninhas e na produção do milho com cultivo mínimo. *Bragantia*, 31 (22): 259-274.
- Peixoto, R.T. dos G.; Ahrens, D.C. & Samaha, M.J. (1997) *Plantio direto "o caminho para uma agricultura sustentável"*. 1.ed.. Ponta Grossa, PR: IAPAR, 275p.
- Pereira, F.A.R. & Velini, E.D. (2003) Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, 21 (3): 355-363.
- Perin, A.; Santos, R.H.S.; Urquiaga, S; Guerra, J.G.M. & Cecon, P.R. (2004) Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39 (1): 35-40.
- Pires, F.R.; Souza, C.M.; Queiroz, D.M.; Miranda, G.V. & Galvão, J.C.C. (2003) Alterações de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agronômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 121-131.
- Pitelli, R.A. (1985) Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, 11 (129): 16-27.
- Pitelli, R.A. (2000) Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. *Journal ConsHerb*, 1 (2): 1-7.
- Raij, B. van. (1981) *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 142p.
- Raij, B.V.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. & Furlani, A.M.C. (1996) *Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (2ªed.)* - Instituto Agronômico: Campinas, 285p.

- Raij, B. van. (1991) *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Ceres/Potafos, 343p.
- Reis Jr., R.A. (1999) *Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS)*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 141p.
- Reis Jr., R.A. & Monnerat, P.H. (2002) Diagnose nutricional da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26: 367-372.
- Rheinheimer, D.S.; Anghinoni, I. & Conte, E. (2000) Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 589-597.
- Ribeiro Júnior, J. I. (2001) *Análises Estatísticas no SAEG*. José Ivo Ribeiro Júnior. – Viçosa : UFV, 301p.
- Rice, E.L. (1974) *Allelopathy*. New York: Academic Press, 333p.
- Richart, A.; Braccini, M.C.L.; Águila, R.M.; Kuhn, O.J. & Duarte Jr., J.B. (2002) Produtividade, teor e exportação de nutrientes por feijoeiros cultivados em Latossolo vermelho eutroférico na região de Marechal Cândido Rondon, PR. *Revista Scientia Agraria Paranaensis*, 1 (1): 25-35.
- Sá, J.C. de M. (1998) Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, e estratégia de fertilização para produção de grãos no sistema plantio direto. In: I Seminário sobre o sistema plantio direto na UFV, *Resumos das palestras / Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia*. Viçosa – MG, UFV, DFT. 143p.

- Sade, A. (2000) Breve histórico do sistema de plantio direto na palha no Brasil. In: *Anais Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 7*, Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha - FEBRAPDP, p.15-17.
- Salinas-Garcia, J.R.; Hons, F.M. & Matocha, J.E. (1997) Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society American Journal*, 61: 152-159.
- Salton, J.C.; Hernani, L. & Fontes, C.Z. (1998) *Sistema de plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa-SPI, Embrapa-CPAO, 248p.
- Salton, J.C. & Mielniczuk, J. (1995) Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19 (2): 313-319.
- Santos, A.B. dos; Silva, O.F. da & Ferreira, E. (1997) Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32 (3): 317-327.
- Santos, H.P. dos; Tomm, G.O. & Lhamby, J.C.B. (1995) Plantio direto versus convencional: Efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 19: 449-454.
- Santos, H.P. dos & Tomm, G.O. (1996) Estudo da fertilidade do solo sob quatro sistemas de rotação de culturas envolvendo trigo em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20: 407-414.
- Schick, J.; Bertol, I.; Batistela, O. & Balbinot Júnior, A.A. (2000) Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 24: 427-436.

- Scivittaro, W.B.; Muraoka, T.; Boaretto, A.E. & Trivelin, P.C.O. (2000) Utilização de nitrogênio de adubos verde e mineral pelo milho. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 24: 917-926.
- Seganfredo, M.L.; Eltz, F.L.F. & Brum, A.C.R.de. (1997) Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21: 287-291.
- Severino, F.J. & Christoffoleti, P.J. (2001) Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, 19 (2): 223-228.
- Sherer, E.E. & Castilhos, E.G. (1994) Estercos suínos como fonte de nitrogênio para milho e feijão da safrinha. *Agropecuária Catarinense*, 7: 25-28.
- Sidiras, N. & Pavan, M.A. (1985) Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 9 (3): 249-254.
- Silva, J.E. da & Resck, D.V.S. (1997) Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável. *Palestras do Congresso Brasileiro de Plantio Direto para uma Agricultura Sustentável*, 1, 1996, Ponta Grossa, PR. Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto, Dirk Claudio Ahrens e Michel Jorge Samaha, ed. Ponta Grossa, PR: IAPAR, PRP/PG, 275p.
- Silva, M.S.L. da & Ribeiro, M.R. (1995) Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas de solos argilosos. *Pesquisa agropecuária Brasileira*, 30 (3): 389-394.
- Silva, R.H. & Rosolem, C.A. (2001) Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 25: 253-260.

- Sorensen, T. (1972) A method of stablishing groups of equal amplitude in plant society of species content. In: Odum, E.P. (ed.). *Ecology*. 3.ed. México: Iteramericana, 640p.
- Souza Filho, A.P.S. (2002) Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*). *Revista Planta Daninha*, 20 (3): 357-364.
- Souza, W.J.O. & Melo, W.J. (2000) Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistema de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 885-896.
- Souza, Z.M. & Alves, M.C. (2003) Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 133-139.
- Spagnollo, E.; Bayer, C.; Wildner, L.P.; Ernani, P.R.; Albuquerque, J.A. & Nadal, R. (2001) Análise econômica do uso de leguminosas estivais intercalares à cultura do milho, na ausência e na presença de adubação nitrogenada, no oeste de Santa Catarina. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 25: 709-715.
- Spagnollo, E.; Bayer, C.; Wildner, L.P.; Ernani, P.R.; Albuquerque, J.A. & Proença, M.M. (2002) Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho, no Sul do Brasil. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 26: 417-423.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2004) *Fisiologia Vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 719p.
- Tavares Filho, J.; Barbosa, G.M.C.; Guimarães, M.F. & Fonseca, I.C.B. (2001) Resistência a penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 25: 725-730.

- Vairo dos Santos, A.C. (1999) Efeito nutricional do biofertilizante líquido, obtido da fermentação metanogênica de esterco bovino e água, na lavoura de feijão de inverno, como rotação de culturas, no Estado do Rio de Janeiro. *Resumos Expandidos da Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão*, 6, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.794-796.
- Victória Filho, R. (2003) Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: Zambolim, L.; Conceição, M.Z. da & Santiago, T. (Eds.) *O que Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários*. Viçosa: Suprema. cap.8, p.317-375.
- Victoria, R.L.; Piccolo, M.C. & Vargas, A.A.T. (1992) O ciclo do nitrogênio. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M. & Neves, M.C.P. (eds.) *Microbiologia do solo*. Campinas: R.Vieira, p.105-119.
- Vieira, C.; Paula Jr., T.J. & Borém, A. (1998) *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 596p.
- Vieira, M.J. & Muzilli, O. (1984) Características físicas de um latossolo vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 19 (7): 873-882.
- Voorhees, W.B. & Lindstron, M.J. (1984) Long term effects of tillage method on soil tilth independent of Wheel traffic compaction. *Soil Science Society American Journal*, 48: 152-156.
- West, T.O. & Post, W.M. (2002) Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1930-1946.

White, J.W. & Izquierdo, J. (1991) Physiology of yield potencial and stress tolerance. In: Schoonhoven, A. Van, Voysest, O. *Common beans: Research for crop improvement*. Cali: CIAT, p. 287-382.

Zacarias, C.A.B.; Veiga, C.F. de M.; Souza, D. de; Riscado, G.M.; Lima Filho, M. & Maia, P.C.B. (1999) Recomendações técnicas. In: Tecnologia canavieira nas regiões Norte Fluminense e Sul do Espírito Santo. *Boletim Técnico UFRRJ*, 12: 14-16.

APÊNDICE

Quadro 1 A1 – Resumo da análise de variância conjunta dos dados de taxa de cobertura das plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes - RJ

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio
Plantas de cobertura	3	9953,538*
DAE	3	43483,84*
COB x DAE	9	1536,822*
Bloco	12	10,855144
Resíduo	100	17,2427
Total	127	
CV (%)		3,2

Quadro 2 A1 – Resumo da análise de variância dos dados de taxa de cobertura aos 35 DAE das plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio
Plantas de cobertura	3	9088,819*
Bloco	3	4,319444
Resíduo	25	29,58722
Total	31	
CV (%)		9,3

Quadro 3 A1 – Resumo da análise de variância dos dados de açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) e produtividade da cana-de-açúcar variedade SP80-1842 plantada em plantio direto e convencional sobre as plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios	
		ATR	Produtividade
Sistemas de manejo	3	49,35556	2842211000,0*
Adubação	1	37,51709	976662100,0*
SMS x ADU	3	19,84771	229087900,0
Bloco	3	28,81419	178890400,0
Resíduo	21	54,04120	114339900,0
Total	31		
CV (%)		5,7	8,4

Quadro 4 A1 – Resumo da análise de variância dos dados de produtividade de matéria seca e de macronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios						
		Matéria seca	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Plantas de cobertura	3	283842500,0*	202,1847*	20,51062*	218,5853*	205,7915*	1,683874*	11,52542*
Bloco	3	5025755,0	6,535063	0,1872189	9,081179	1,922859	0,3918138*	0,0425433
Resíduo	25	3808540,0	11,74621	0,2793324	3,681272	4,457118	0,1243659	0,1571512
Total	31							
CV (%)		17,7	18,0	11,7	14,9	24,0	12,9	11,4

Quadro 5 A1 – Resumo da análise de variância dos dados de micronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Manganês	Zinco	Ferro	Cobre
Plantas de cobertura	3	5144,197*	111,1104*	4307,744	100,8459*
Bloco	3	28,64063	1,786984	845,0234	1,396756
Resíduo	25	214,8460	9,500668	1840,486	2,496366
Total	31				
CV (%)		21,8	12,8	26,5	16,2

Quadro 6 A1 – Resumo da análise de variância dos dados de acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura em quilogramas por hectare na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes– RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Plantas de cobertura	3	125750,4*	9732,852*	23358,16*	46682,62*	3319,334*	5789,800*
Bloco	3	3700,315	188,8378	4207,836*	593,9031	6,936209	42,61601
Resíduo	25	4500,140	150,1426	1250,288	1657,561	78,77211	54,53953
Total	31						
CV (%)		30,2	22,2	28,4	38,2	27,8	17,5

Quadro 7 A1 – Resumo da análise de variância dos dados de acúmulo de micronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura em quilogramas por hectare na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes– RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Manganês	Zinco	Ferro	Cobre
Plantas de cobertura	3	0,7308643*	0,1170742*	8,994260*	0,02294751*
Bloco	3	0,007207995	0,002333925	0,3199585	0,0003832612
Resíduo	25	0,06393078	0,003894926	0,4672532	0,0006800461
Total	31				
CV (%)		38,1	24,5	36,9	25,0

Quadro 8 A2 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de macronutrientes na cana-de-açúcar na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Sistema de Manejo	3	35,07604*	0,1035657	29,30042*	0,8095157*	0,1922520*	0,1735554*
Adubação	1	0,2280399	0,2847704	12,75125*	0,2323115	0,8791380*	0,04550784
SMS x ADU	3	0,2169817	0,3304586	1,278750	0,2007812	0,05168600	0,02864268
Bloco	3	0,2339264	0,2200108	1,608750	0,4943792	0,08217733*	0,02216724
Resíduo	21	0,5555143	0,2860710	2,264464	0,2631112	0,02404324	0,03523157
Total	31						
CV (%)		3,9	9,4	13,3	11,9	5,8	4,5

Quadro 9 A2 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de micronutrientes na cana-de-açúcar na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Manganês	Zinco	Ferro	Cobre
Sistema de Manejo	3	3972,130*	12,22635*	593,5976*	3,228431*
Adubação	1	104,3471	5,994453*	70,65633	0,1012500
SMS x ADU	3	273,7412	1,045905	111,5464	0,1060146
Bloco	3	401,4877	0,9557083	124,3615	0,2697187
Resíduo	21	274,5963	0,8850810	186,8453	0,1724092
Total	31				
CV (%)		13,8	6,3	15,0	8,8

Quadro 10 A2 – Resumo da análise de variância dos dados de características industriais da cana-de-açúcar na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		Brix	Fibra da cana	Pureza	Pol da cana	ATR	Álcool provável
Sistema de Manejo	3	0,1186458	1,645373*	29,20586	0,8622765	49,35556	19,81080
Adubação	1	0,1378125	0,01584200	10,01817	0,5842980	37,51709	14,82405
SMS x ADU	3	0,2761458	0,2769513	0,6151027	0,2456460	19,84771	7,625340
Bloco	3	0,1011458	1,193234*	7,709518	0,4273189	28,81419	11,60190
Resíduo	21	1,135432	0,2241643	15,43393	0,7177448	54,04120	20,84883
Total	31						
CV (%)		6,0	3,9	4,3	6,3	5,7	5,7

Quadro 11 A2 – Resumo da análise de variância dos dados de características agrônômicas na cana-de-açúcar na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Nº de colmos	Diâmetro de colmo	Produtividade
Sistema de Manejo	3	581159100,0*	0,9215125*	2842211000,0*
Adubação	1	26500800,0	0,005512500	976662100,0
SMS x ADU	3	18399930,0	0,01487917	229087900,0
Bloco	3	72640560,0	0,0002125000	178890400,0
Resíduo	21	49847420,0	0,01219821	114339900,0
Total	31			
CV (%)		10,0	4,1	8,4

Quadro 12 A3 – Resumo da análise de variância dos dados de número total de folhas largas (TFL), de folhas estreitas (TFE), de plantas daninhas (TPD), número total da predominante tiririca (NPT) e de matéria seca de tiririca (MST) na cana-de-açúcar na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		TFL	TFE	TPD	NPT	MST
Sistema de Manejo	3	0,5000000	72176,50*	72012,00*	80746,67*	634387,4*
Adubação	1	0,5000000	1624,500	1568,000	1800,000	11190,08
SMS x ADU	3	0,5000000	544,5000	561,3333	589,3333	11943,64
Bloco	3	0,5000000	1560,500	1561,333	2412,000	14581,93
Resíduo	21	0,5000000	1067,548	1072,571	988,0000	14171,99
Total	31					
CV (%)		566	39,0	40,0	41,4	53,0

Quadro 13 A3 – Resumo da análise de variância dos dados de açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) e produtividade da cana-de-açúcar variedade SP80-1842 plantada em plantio direto e convencional sobre as plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios	
		ATR	Produtividade
Sistemas de manejo	3	49,35556	2842211000,0*
Adubação	1	37,51709	976662100,0*
SMS x ADU	3	19,84771	229087900,0
Bloco	3	28,81419	178890400,0
Resíduo	21	54,04120	114339900,0
Total	31		
CV (%)		5,7	8,4

Quadro 14 A4 – Resumo da análise de variância dos dados de pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, H+Al e sódio em um cambissolo eutrófico na camada de 0-5 cm na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

FV	GL	Quadrados Médios							
		pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na
SMS	3	0,06698*	4,03125	1174,03	1,51865	0,10917	0,01365	0,20615	0,00031
ADU	1	0,02531	9,03125	621,281	2,82031	0,01125	0,00031	0,05281	0,00019
SMSxADU	3	0,06948*	1,53125	1385,95	1,68948	0,02708	0,00531	0,25115	0,00087
Bloco	3	0,07281*	3,11458	3951,87*	1,57531	0,21917*	0,00615	0,09948	0,00015
Resíduo	21	0,01924	2,25744	473,317	0,87555	0,07357	0,00591	0,17852	0,00048
Total	31								
CV (%)		3	22	20	15	8	164	8	19

Quadro 15 A4 – Resumo da análise de variância dos dados de carbono, matéria orgânica, CTC potencial, CTC efetiva, Fe, Cu, Zn e Mn em um cambissolo eutrófico na camada de 0-5 cm na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

FV	GL	Quadrados Médios							
		C	M.O.	CTC pot.	CTC efetiva	Fe	Cu	Zn	Mn
SMS	3	0,08213*	24,2278*	75,9028	2,47750	421,500*	0,58333*	234,567*	43,8687*
ADU	1	0,01125	3,18781	38,9403	2,64500	112,500	0,04500	22,1113	5,20031
SMSxADU	3	0,00468	1,36531	86,6478	2,21083	571,500*	0,01500	19,9821	6,79365
Bloco	3	0,00890	2,67115	66,3528	2,25583	61,5000	0,06000	18,9988	0,16115
Resíduo	21	0,00446	1,31567	65,7526	1,14107	82,0714	0,07429	13,7088	14,0440
Total	31								
CV (%)		4	4	49	11	11	13	65	20

Quadro 16 A4 – Resumo da análise de variância dos dados de pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, H+Al e sódio em um cambissolo eutrófico na camada de 5-20 cm na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

FV	GL	Quadrados Médios							
		pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na
SMS	3	0,09417*	74,6979	293,250	0,56375	0,02875	0,00875	0,16865	0,00073
ADU	1	0,10125	205,031	0,00000	0,72000	0,10125	0,02000	0,05281	0,00020
SMSxADU	3	0,18375*	74,0313	295,917	1,37083	0,00708	0,00417	0,34115	0,00034
Bloco	3	0,05000	69,2813	254,750	1,86208	0,28042	0,00542	0,03865	0,00028
Resíduo	21	0,03024	64,3765	332,583	0,91470	0,07661	0,00923	0,25436	0,00054
Total	31								
CV (%)		3	114	34	15	9	140	10	17

Quadro 17 A4 – Resumo da análise de variância dos dados de carbono, matéria orgânica, CTC potencial, CTC efetiva, Fe, Cu, Zn e Mn em um cambissolo eutrófico na camada de 5-20 cm na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

FV	GL	Quadrados Médios							
		C	M.O.	CTC pot.	CTC efetiva	Fe	Cu	Zn	Mn
SMS	3	0,01661	5,01758	0,87254	0,55619	82,1250	0,25125	197,056*	19,1637
ADU	1	0,00405	1,24425	0,09901	0,47045	253,125	0,03125	16,2450	5,69531
SMSxADU	3	0,01376	4,11725	0,49607	1,42409	484,125*	0,14125	15,1525	10,3512
Bloco	3	0,01677	5,02892	3,92137*	3,23583	211,125	0,17458	10,0008	4,79198
Resíduo	21	0,00787	2,35315	0,72137	1,17202	96,2679	0,10601	11,3918	13,4382
Total	31								
CV (%)		6	6	6	11	11	15	67	24

Quadro 18 A4 – Resumo da análise de variância dos dados de açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) e produtividade da cana-de-açúcar variedade SP80-1842 plantada em plantio direto e convencional sobre as plantas de cobertura na Fazenda Abada em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios	
		ATR	Produtividade
Sistemas de manejo	3	49,35556	2842211000,0*
Adubação	1	37,51709	976662100,0*
SMS x ADU	3	19,84771	229087900,0
Bloco	3	28,81419	178890400,0
Resíduo	21	54,04120	114339900,0
Total	31		
CV (%)		5,7	8,4

Quadro 19 A6 – Resumo da análise de variância conjunta dos dados de taxa de cobertura das plantas de cobertura do experimento milho e feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes - RJ

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio
Plantas de cobertura	2	30624,71*
DAE	3	36228,77*
COB x DAE	6	1778,91*
Bloco	9	112,36*
Resíduo	171	39,23422
Total	191	
CV (%)		15,7

Quadro 20 A6 – Resumo da análise de variância dos dados de taxa de cobertura aos 35 DAE das plantas de cobertura do experimento milho e feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio
Plantas de cobertura	2	12945,83*
Bloco	3	92,85186*
Resíduo	42	30,67888
Total	47	
CV (%)		18,9

Quadro 21 A6 – Resumo da análise de variância dos dados de produtividade do milho 'UENF 506-8' e feijão 'Pérola' em sistema de semeadura direta e convencional sobre as plantas de cobertura na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios	
		Milho 'UENF 506-8'	Feijão 'Pérola'
Sistemas de manejo	2	17261710,0*	7165018,0*
Bloco	3	304852,5	297452,1*
Resíduo	18	227148,1	84331,98
Total	23		
CV (%)		9,5	16,5

Quadro 22 A6 – Resumo da análise de variância dos dados de produtividade de matéria seca e de macronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura do experimento milho e feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios						
		Matéria seca	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Plantas de cobertura	2	482316400,0*	1625,879*	264,5590*	10,98813	921,0321*	5,481997*	59,65548*
Bloco	3	7212121,0	0,5479222	0,8307056	2,274564	2,282840	0,1721594	0,1719475
Resíduo	42	9156997,0	2,976517	0,4218709	11,40222	3,073841	0,1562252	0,2013631
Total	47							
CV (%)		33,3	10,8	10,2	21,9	23,0	15,3	12,2

Quadro 23 A6 – Resumo da análise de variância dos dados de micronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura do experimento milho e feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Manganês	Zinco	Ferro	Cobre
Plantas de cobertura	2	7715,623*	6797,307*	92805,44*	16,75062*
Bloco	3	280,5238	6,307651	6724,274	2,97908
Resíduo	42	254,2150	26,41227	2591,266	2,657124
Total	47				
CV (%)		23,9	15,7	29,9	25,5

Quadro 24 A6 – Resumo da análise de variância dos dados de acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura em quilogramas por hectare do experimento milho e feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Plantas de cobertura	2	711489,2*	28825,37*	112093,1*	292169,1*	2603,511*	12435,65*
Bloco	3	3268,392	265,4248	2738,089	1172,118	28,10896	110,0913
Resíduo	42	3553,255	508,8718	3071,772	1621,941	78,74677	172,0727
Total	47						
CV (%)		32,6	38,7	39,5	41,3	38,5	37,0

Quadro 25 A6 – Resumo da análise de variância dos dados de acúmulo de micronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura em quilogramas por hectare do experimento milho e feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Manganês	Zinco	Ferro	Cobre
Plantas de cobertura	2	0,1640809	0,2430842*	11,70461*	0,02645770*
Bloco	3	0,07091997	0,008220149	0,7699082	0,0007629793
Resíduo	42	0,06427330	0,01757840	0,7025510	0,0005335867
Total	47				
CV (%)		47,8	49,9	55,6	38,3

Quadro 26 A7 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de macronutrientes do milho na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Sistema de manejo	2	154,6030*	2,034421*	37,02542*	1,274428*	0,3032884*	0,1042451
Bloco	3	6,103396	0,2295307	7,206665	0,1154530	0,09152781	0,1029544
Resíduo	18	3,040234	0,1548864	3,807916	0,1245676	0,05583945	0,03392760
Total	23						
CV (%)		10,1	7,1	10,0	9,0	9,0	5,9

Quadro 27 A7 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de micronutrientes do milho na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Manganês	Zinco	Ferro	Cobre
Sistema de manejo	2	807,8425*	222,1896*	4166,873*	28,19788*
Bloco	3	37,04711	14,46923	97,93454	1,338210
Resíduo	18	63,71426	6,716842	87,69624	1,002447
Total	23				
CV (%)		14,7	15,4	10,3	16,1

Quadro 28 A7 – Resumo da análise de variância dos dados de características agronômicas do milho na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		Nº Plantas	Nº Espigas	Peso de espigas	Peso 100 grãos	Produtividade
Sistema de manejo	2	60666670,0	0,6429167*	4827,998*	46,38019*	17261710,0*
Bloco	3	6500000,0	0,1655556*	448,1285	4,855469	304852,5
Resíduo	18	22277780,0	0,02504628	655,2864	6,332026	227148,1
Total	23					
CV (%)		10,4	11,6	18,2	8,9	9,5

Quadro 29 A7 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de macronutrientes do feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Sistema de manejo	2	234,0920*	19,34739*	41,58793*	16,20864*	2,368780*	6,005057*
Bloco	3	25,55310*	1,354605	2,843750	1,444020	0,6992400	0,2228007
Resíduo	18	7,408881	1,387229	6,457361	4,400244	0,6441357	0,2386331
Total	23						
CV (%)		8,5	14,4	14,7	12,3	12,5	10,7

Quadro 30 A7 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de micronutrientes do feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Manganês	Zinco	Ferro	Cobre
Sistema de manejo	2	1077,481*	458,4841*	3569,652	91,60973*
Bloco	3	145,4969	40,25443	6075,234	3,418619
Resíduo	18	157,8015	29,69652	4980,480	3,794676
Total	23				
CV (%)		16,4	14,8	41,6	14,1

Quadro 31 A7 – Resumo da análise de variância dos dados de características agronômicas do feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		Nº Plantas	Nº Vagens	Nº Sementes	Peso 100 grãos	Produtividade
Sistema de manejo	2	5541667,0	317,8663*	2,073750*	26,82474*	7165018,0*
Bloco	3	653444400,0	6,494445	0,1233333	2,565863	297452,1*
Resíduo	18	560773100,0	4,843564	0,1068055	1,123767	84331,98
Total	23					
CV (%)		13,6	20,3	5,1	4,1	16,5

Quadro 32 A8 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de macronutrientes do milho na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Sistema de manejo e rotação	5	18,17607*	0,2305342	22,18542*	0,5190046*	0,03290363	0,1040340*
Bloco	3	4,243211	0,01052647	0,8159720	0,2034017	0,4582442*	0,007704893
Resíduo	15	3,775510	0,09485838	1,640971	0,1039866	0,05677595	0,009999081
Total	23						
CV (%)		9,7	9,4	7,4	8,5	10,2	3,8

Quadro 33 A8 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de micronutrientes do milho na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Manganês	Zinco	Ferro	Cobre
Sistema de manejo e rotação	5	361,1407*	34,42661*	436,8399*	4,533064*
Bloco	3	51,42128	6,192703	410,6439*	0,8328146
Resíduo	15	74,86417	3,226269	66,17617	0,4769192
Total	23				
CV (%)		20,7	9,8	8,2	10,0

Quadro 34 A8 – Resumo da análise de variância dos dados de características agrônômicas do milho na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		Nº Plantas	Nº Espigas	Peso de espigas	Peso 100 grãos	Produtividade
Sistema de manejo e rotação	5	17966670,0	0,08241667*	1456,867	6,516748	1392914,0*
Bloco	3	80777780,0	0,04041666*	429,1208	7,772556	204898,7
Resíduo	15	34344450,0	0,005750005	520,0226	6,784349	68365,43
Total	23					
CV (%)		8,7	6,6	25,3	9,2	6,5

Quadro 35 A8 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de macronutrientes do feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Sistema de manejo e rotação	5	104,2473*	0,1968268	16,73542*	17,04728*	1,845934	0,5434363
Bloco	3	10,98786	0,09864397	15,14931*	3,260809	1,234384	0,09513863
Resíduo	15	17,44178	0,09576432	4,524307	3,202991	0,6824139	0,2925058
Total	23						
CV (%)		10,2	7,3	13,5	10,6	13,4	14,0

Quadro 36 A8 – Resumo da análise de variância dos dados de teores foliares de micronutrientes do feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Manganês	Zinco	Ferro	Cobre
Sistema de manejo e rotação	5	598,5173*	11,65206	2201,950	13,64491*
Bloco	3	186,0016	3,876441	766,0107	1,997775
Resíduo	15	141,6945	8,050637	801,1638	1,654059
Total	23				
CV (%)		15,5	8,4	19,8	8,9

Quadro 37 A8 – Resumo da análise de variância dos dados de características agronômicas do feijão na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		Nº Plantas	Nº Vagens	Nº Sementes	Peso 100 grãos	Produtividade
Sistema de manejo e rotação	5	1006142000,0	20,04642*	0,3207501	12,93008	632717,4*
Bloco	3	11986820000,0*	0,9570839	0,7781942	7,994572	66792,63
Resíduo	15	1054520000,0	0,9144165	0,5578610	8,745729	110415,0
Total	23					
CV (%)		10,2	10,7	13,6	10,8	14,4



Foto 1. Vista parcial da sede da Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ, 2003



Foto 2. Vista parcial do experimento da cana-de-açúcar com os adubos verdes em Campos dos Goytacazes – RJ, 2004



Foto 3. Vista parcial do experimento com cana-de-açúcar variedade SP80-1842 em Campos dos Goytacazes – RJ, 2004



Foto 4. Vista parcial da semeadura direta do milho e feijão sobre palhada em Campos dos Goytacazes – RJ, 2004