

# Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura-pecuária

Pedro Marques da Silveira<sup>(1)</sup>, José Henrique da Silva<sup>(2)</sup>, Murillo Lobo Junior<sup>(1)</sup> e Paulo César Ribeiro da Cunha<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: pmarques@cnpaf.embrapa.br, murillo@cnpaf.embrapa.br <sup>(2)</sup>Ministério do Desenvolvimento Agrário, Caixa Postal 3, CEP 70054-900 Brasília, DF. E-mail: j.henriquesilva@hotmail.com

<sup>(3)</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Urutaí, Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, CEP 75790-000 Urutaí, GO. E-mail: pcdacunha@hotmail.com

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nos atributos físicos e químicos do solo, na capacidade de suporte de pastagem e na produtividade do milho e do feijoeiro irrigado, em sistema de integração lavoura-pecuária, em plantio direto. O experimento de campo foi instalado em área irrigada por pivô central, em Santo Antônio de Goiás, GO, em um Latossolo Vermelho argiloso. Os tratamentos, avaliados por três anos consecutivos, foram: pastagem contínua; sucessão anual pastagem/feijão irrigado; sucessão anual milho/pastagem/feijão irrigado e sucessão anual milho/feijão irrigado no inverno. Cada parcela, correspondente a um tratamento, apresentava área de seis hectares. A espécie forrageira utilizada foi a *Urochloa ruziziensis*, pastejada por fêmeas bovinas mestiças das raças Gir e Holandesa, com massa aproximada de 450 kg. Não houve alteração da densidade e porosidade do solo nos diferentes tratamentos. A alteração nos atributos químicos dependeu do nutriente avaliado. Sucessões com braquiária no sistema de cultivo aumentaram a proporção de agregados do solo maiores que 2 mm. Os valores de capacidade de suporte da pastagem diminuíram à medida que o número de culturas de grãos implantadas na sucessão anual aumentou. A produtividade do feijoeiro foi influenciada pela sucessão anual envolvendo pastagem, diferentemente do observado na produtividade de milho.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*, ciclagem de nutrientes, densidade do solo, porosidade do solo.

## Soil attributes and yield of corn and irrigated dry bean in an integrated crop-livestock system

Abstract – The objective of this work was to evaluate changes in physical and chemical attributes of the soil, in the carrying capacity of pasture and on yield of corn and irrigated dry bean, in a crop-livestock system, under no-till. The field experiment was installed in an irrigated area with center pivot, at Santo Antônio de Goiás, state of Goiás, Brazil. The treatments, evaluated for three consecutive years, were: continuous pasture, annual succession of pasture/irrigated dry bean, annual succession of corn/pasture/irrigated dry bean and annual succession of corn/irrigated dry bean in the winter. Each plot, corresponding to a treatment, comprised an area of six hectares. The forage species used was *Urochloa ruziziensis*, grazed by halfbreed Gir x Holstein female cattle, with weight of approximately 450 kg. There was no significant change in the density and porosity of the soil under different treatments. Changes in the chemical attributes depended on the evaluated nutrients. All the successions with brachiaria grass increased the percentage of soil aggregates larger than 2 mm. The carrying capacity of pasture decreased as the number of grain crops increased in the annual succession. Productivity of dry bean was influenced by the annual succession involving pasture, which had no influence on corn yield.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*, nutrient cycling, bulk density, soil porosity.

## Introdução

A integração lavoura-pecuária é um sistema de utilização do solo capaz de manter e ou melhorar a produtividade agrícola e promover a recuperação e renovação de pastagens. Nesse sistema, a produção de grãos e a pecuária interagem e se completam biológica e economicamente (Macedo, 2001). Por se tratar de um sistema que vem sendo aplicado recentemente,

a literatura pertinente ainda não aborda, de modo satisfatório, as alterações nos atributos do solo, produtividade das culturas, produção de carne e leite e sustentabilidade ambiental que ocorrem nesse tipo de sistema de integração.

O estudo dos atributos do solo ao longo do tempo permite quantificar a magnitude e duração das alterações provocadas por diferentes sistemas de manejo. Por serem sensíveis, esses atributos são

importantes para estabelecer se houve degradação ou melhoria da qualidade do solo em relação a um sistema de manejo determinado (Reichert et al., 2009). O tráfico de máquinas agrícolas causa compactação, e o pisoteio provocado pela movimentação dos animais pode comprometer a qualidade física da camada superficial do solo, que passa a apresentar aumento da densidade e redução da porosidade (Giarola et al., 2007).

Nos sistemas integrados de lavoura-pecuária no Cerrado, o desempenho bioeconômico dos grãos tem sido mais relatado na literatura do que o componente animal (Macedo, 2001). Em sistemas não integrados, os índices produtivos da pecuária permanecem insatisfatórios, sem melhora significativa nas últimas duas décadas (Zimmer & Euclides Filho, 1997). O baixo desempenho nos sistemas pastoris de produção animal deve-se, em grande parte, à baixa produtividade das pastagens.

Nas regiões Centro-Oeste e Sudeste no Brasil, o feijoeiro-comum é a principal cultura integrante dos sistemas agrícolas irrigados na época seca do ano. A área irrigada por pivô central nessas duas regiões ultrapassa 500.000 ha (Christofidis, 2002). A recente expansão das áreas irrigadas no Cerrado do Brasil aumentou a demanda por novas alternativas de sistemas agrícolas que envolvem a cultura do feijoeiro, até mesmo a integração lavoura-pecuária. Em rotação com o feijoeiro, verifica-se que o plantio de milho é o mais utilizado, geralmente em cultivos não consorciados. O cultivo de milho consorciado com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Urochloa* (braquiária), tanto em plantio direto como no convencional, foi denominado Sistema Santa Fé (Kluthcouski & Stone, 2003). O consórcio é estabelecido simultaneamente ao plantio da cultura anual ou cerca de 10 a 20 dias após a emergência da cultura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nos atributos físicos e químicos do solo, na capacidade de suporte de pastagem, e na produtividade do milho e do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistema integração lavoura-pecuária, em plantio direto.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido por três anos consecutivos, em 2005, 2006 e 2007, em área de 24 hectares irrigada por pivô central, na Embrapa Arroz e Feijão, no Município de Santo Antônio de Goiás, GO,

localizado a 16°29'15"S, 49°17'54"W e altitude de 823 m.

O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho distrófico com as seguintes características químicas e físicas, registradas no ano de 2005, quando se iniciou o estudo: pH em água, 5,7; Ca (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), 20,5; Mg (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), 7,4; P (Melich 1) (mg dm<sup>-3</sup>), 21,5; K (mg dm<sup>-3</sup>), 101; Cu (mg dm<sup>-3</sup>), 2,2; Zn (mg dm<sup>-3</sup>), 8,1; Fe (mg dm<sup>-3</sup>), 62; Mn (mg dm<sup>-3</sup>), 14; matéria orgânica (g dm<sup>-3</sup>), 19; areia (g kg<sup>-1</sup>), 240; silte (g kg<sup>-1</sup>), 270 e argila (g kg<sup>-1</sup>), 490; textura argilosa.

Foram avaliados quatro tratamentos: T1, pastagem contínua; T2, sucessão anual pastagem/feijão irrigado no inverno; T3, sucessão anual milho/pastagem/feijão irrigado no inverno e T4, sucessão anual milho/feijão irrigado no inverno. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada parcela, correspondente a um tratamento, apresentava área de seis hectares, e foi cercada com arame liso que somente permitia a passagem das rodas do pivô central, quando em operação. Foram feitas seis amostragens em cada parcela para determinação da produtividade das culturas de grãos envolvidas nos tratamentos (Chacín Lugo, 1997). A área útil de cada amostragem foi de 10 m<sup>2</sup>.

As coletas de solo para as análises físicas e químicas, realizadas segundo métodos preconizados por Claessen (1997), foram feitas sempre antes do início do plantio da cultura de milho, na primavera – verão de cada ano. As coletas para a análise física foram realizadas nas profundidades de 0–10 e 10–20 cm para porosidade e densidade do solo e na de 0–20 cm para estabilidade de agregados em água. A coleta para análise química foi feita na profundidade de 0–20 cm. A análise química considerou pH (H<sub>2</sub>O), Ca, Mg, Al, P (Melich 1), K, Cu, Zn, Fe, Mn e matéria orgânica (MO).

A espécie forrageira utilizada na pastagem, *Urochloa ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Crins (Syn. *Brachiaria ruziziensis*), foi selecionada por causa de seu crescimento vigoroso, da alta palatabilidade e produtividade de matéria seca, da facilidade de sua formação e da alta susceptibilidade aos herbicidas usados na dessecação, necessários no sistema plantio direto, o que facilita a implantação das culturas de grãos na integração lavoura-pecuária.

No inverno de 2005, antes da implantação do experimento, toda a área experimental estava coberta com braquiária sem pastejo, plantada no verão de 2005. Assim, os tratamentos 1 e 2, no início do trabalho, já

contavam com a pastagem implantada. No tratamento 2 não foi necessário o replantio em 2006 e 2007, pois se usou a estratégia de diferimento da pastagem. Essa estratégia permite que a planta produza sementes e, ao mesmo tempo, tenha alta capacidade de rebrote da forrageira.

Na complementação de instalação do sistema, foram utilizadas fêmeas bovinas mestiças das raças Gir e Holandesa, adultas, com massa aproximada de 450 kg. Os animais foram distribuídos nos tratamentos 1, 2 e 3, quando havia boa disponibilidade de forragem. O número de animais variou em cada ciclo de pastejo; entretanto, o número de dias em que os animais permaneciam nos tratamentos em cada período do ano, foi fixado de acordo com a altura da braquiária. Para determinar esse período, ficou estabelecido que a altura média da braquiária, após o pastejo, não fosse menor do que 20 a 25 cm. Foi colocado no centro do pivô central um tanque com capacidade de 1.300 L de água para dessedentação dos animais.

O milho, nos tratamentos 3 e 4, foi semeado sob sistema plantio direto nos meses de novembro de 2005, 2006 e 2007, utilizando-se o híbrido AG 7000. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,90 m e média de 5,5 sementes por metro. Nesses tratamentos, as áreas foram previamente dessecadas com glifosato na dosagem de 2,4 kg ha<sup>-1</sup> i.a. A adubação de base foi de 20, 120 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, e de cobertura 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, aplicados 30 dias após a emergência da planta, em todos os anos de plantio. No tratamento 4, que não incluía a integração lavoura-pecuária, foi aplicado, em pós-emergência, o herbicida atrazine na dose de 1,5 kg ha<sup>-1</sup> i.a.

Nos tratamentos 2, 3 e 4, o feijoeiro também foi semeado sob sistema plantio direto nos meses de junho de 2006, 2007 e 2008, utilizando-se a cultivar BRS Supremo (grupo preto), no espaçamento entre linhas de 0,45 m e 10 a 12 sementes por metro. As áreas foram previamente dessecadas com glifosato na dosagem de 2,4 kg ha<sup>-1</sup> i.a. A adubação de base foi de 20, 120 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. Os tratamentos 3 e 4 receberam pulverização dos herbicidas fomesafen (0,2 kg ha<sup>-1</sup> do i.a.) e fluazifop-butil (0,3 kg ha<sup>-1</sup> do i.a.). A adubação em cobertura foi feita aplicando-se 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, no início da floração, em todos os plantios.

Somente a cultura do feijoeiro foi irrigada e no controle das irrigações foram usadas três baterias de tensiômetros de decisão instalados nas profundidades

de 15 e 30 cm, entre as fileiras do feijoeiro. As irrigações foram feitas quando a média das leituras dos tensiômetros, instalados a 15 cm, acusavam entre 30 a 40 kPa. As lâminas de irrigação foram calculadas baseando-se nas leituras dos tensiômetros e na curva de retenção de água do solo.

Os dados de produtividade do milho e do feijoeiro foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

A análise de variância não mostrou diferença significativa entre os tratamentos para a densidade e porosidade do solo nas camadas 0–10 e 10–20 cm (Tabela 1), o que significa que o pisoteio animal nos tratamentos com pastagem, não afetou significativamente a densidade do solo no decorrer dos três anos do estudo. Esse resultado está coerente com Santos et al. (2003), que também não encontraram diferenças na densidade do solo entre sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno.

Os valores observados para densidade do solo, com variação de 1,35 a 1,43 Mg m<sup>-3</sup>, são ligeiramente superiores ao valor de 1,34 Mg m<sup>-3</sup> relatado por Spera et al. (2006) como limite superior para solos argilosos,

**Tabela 1.** Valores de densidade e porosidade total do solo em razão dos tratamentos: pastagem contínua; sucessão anual pastagem/feijão no inverno; sucessão anual milho/pastagem/feijão no inverno e sucessão anual milho/feijão no inverno, nas profundidades de 0–10 e 10–20 cm. Média dos anos de 2005, 2006 e 2007<sup>(1)</sup>.

Tratamento	Profundidade (cm)		Média
	0–10	10–20	
	Densidade do solo (Mg m <sup>-3</sup> )		
Pastagem contínua	1,38	1,39	1,39A
Sucessão anual pastagem/feijão no inverno <sup>(2)</sup>	1,37	1,43	1,40A
Sucessão anual milho/pastagem/feijão no inverno	1,37	1,43	1,40A
Sucessão anual milho/feijão no inverno	1,35	1,41	1,38A
Média	1,37a	1,42a	
	Porosidade total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		
Pastagem contínua	0,4647	0,4479	0,4561A
Sucessão anual pastagem/feijão no inverno	0,4611	0,4312	0,4461A
Sucessão anual milho/pastagem/feijão no inverno	0,4653	0,4459	0,4556A
Sucessão anual milho/feijão no inverno	0,4700	0,4441	0,4570A
Média	0,4652a	0,4422a	

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>(2)</sup>Feijão irrigado em plantio direto.

o que denota uma pequena compactação do solo. De acordo com esses autores, solos sob diferentes sistemas de produção, que fazem parte de um sistema de integração lavoura e pecuária, apesar de apresentarem indícios de desestruturação, não atingiram níveis considerados críticos. O valor de  $1,38 \text{ Mg m}^{-3}$ , observado no tratamento pastagem contínua, foi o maior entre os tratamentos na profundidade de 0–10 cm. Marchão et al. (2007) concluíram que sistemas de integração lavoura-pecuária provocam impacto na qualidade físico-hídrica do solo apenas na profundidade de 0–5 cm, em relação à condição original observada no ambiente sob Cerrado preservado. No entanto, esse impacto pode ser de maior ou menor intensidade, dependendo da textura, das condições de umidade do solo e do tipo de manejo adotado na área.

Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a porosidade total do solo (Tabela 1), o que confirma as observações de Spera et al. (2006). Esses autores não encontraram diferença significativa na porosidade total entre sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão. O maior valor observado de  $0,47 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  no tratamento sucessão anual milho/feijão irrigado é inferior ao limite mínimo de  $0,49 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para solos argilosos postulado por Secco et al. (2005). Deve ser ressaltado que solos cultivados com culturas de grãos também sofrem compactação em decorrência do trânsito de máquinas na semeadura, tratos fitossanitários e colheita (Spera et al., 2006).

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre todas as classes de agregados do solo e sobre seu diâmetro médio ponderado (DMP), na camada 0-20 cm do solo (Tabela 2). A pastagem contínua diferiu significativamente da sucessão anual milho/pastagem/feijão irrigado que, por sua vez, diferiu da sucessão

anual milho/feijão em relação aos agregados maiores que 2 mm. Isso significa que todos os tratamentos que continham braquiária apresentaram maiores percentagens de agregados dessa classe que o tratamento sem braquiária. Igualmente, quanto maior o tempo da ocupação do solo com pastagem, maior a percentagem de agregados maiores que 2 mm. Esse efeito agregador no solo pelo cultivo de *Urochloa ruziziensis* em Latossolo Vermelho-Escuro em Goiás, tem sido relatado em outros estudos (Silva et al., 1998). O DMP do solo teve relação direta com os agregados maiores que 2 mm. Quanto maior essa classe de agregados, maior o DMP do solo.

A braquiária apresenta um efeito positivo sobre a agregação do solo (Stone et al., 2003). Os resíduos de gramíneas promovem a melhoria do solo por conter maior quantidade de lignina, substância que possibilita o aumento de ácidos carboxílicos e ácidos húmicos nos substratos, e favorece a estruturação e a estabilidade dos agregados (Fassbender & Bornemisza, 1994). Os efeitos benéficos das gramíneas perenes na formação e estabilização dos agregados do solo são decorrentes da alta densidade de raízes, que favorece a aproximação das partículas pela constante absorção de água do perfil e de periódicas renovações do sistema radicular (Silva & Mielniczuk, 1997).

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre o pH, macronutrientes e micronutrientes do solo, exceto para P, Zn e MO (Tabela 3). O pH foi maior nos tratamentos com pastagem. Os valores de P e Zn, no tratamento pastagem contínua sem adubação não diferiram dos outros tratamentos com culturas de grãos. Os valores de K, Ca, Mg e Mn também se mantiveram altos nesse tratamento, e refletem a alta capacidade de reciclagem de nutrientes pela braquiária. A não significância dos tratamentos sobre o conteúdo de matéria orgânica do solo provavelmente é devida ao curto período de desenvolvimento do estudo, com duração de três anos. Santos et al. (2003) observaram efeito positivo de pastagem de inverno e de verão nos valores de pH, Ca+Mg trocáveis, P extraível e conteúdo de matéria orgânica do solo, em um estudo de sete anos de duração.

Conforme esperado, a capacidade de suporte de pastagem foi maior no tratamento de pastagem contínua, de 551 dias animal por ha por ano (Tabela 4). A capacidade de suporte foi diminuindo com o aumento do número de culturas de grãos implantadas na sucessão anual, alcançando 160 dias animal por hectare por ano

**Tabela 2.** Proporção (%) de agregados estáveis em água retidos nas peneiras de 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125 e <0,125 mm, e diâmetro médio ponderado (DMP) do solo, na camada 0–20 cm, em razão dos tratamentos<sup>(1)</sup>.

Tratamento	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	0,125 mm	<0,125mm	DMP
T1	54,77a	10,13b	12,58c	9,62b	5,97b	6,92ab	3,03a
T2	50,36ab	10,75b	14,94bc	11,32b	7,19ab	5,38b	2,84ab
T3	44,94b	12,15b	16,77b	12,02ab	8,21a	5,91b	2,56b
T4	34,83c	14,71a	20,06a	13,88a	8,93a	7,58a	2,17c

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. T1: pastagem contínua; T2: sucessão anual pastagem/feijão no inverno; T3: sucessão anual milho/pastagem/feijão no inverno; T4: sucessão anual milho/feijão no inverno. Média dos anos de 2005, 2006 e 2007

**Tabela 3.** Atributos químicos do solo, na camada de 0–20 cm do solo, em razão dos tratamentos. Média dos anos de 2005, 2006 e 2007<sup>(1)</sup>.

Tratamento	pH	Ca <sup>(3)</sup>	Mg <sup>(3)</sup>	Al <sup>(3)</sup>	K <sup>(4)</sup>	P <sup>(4)</sup>	Cu <sup>(4)</sup>	Zn <sup>(4)</sup>	Fe <sup>(4)</sup>	Mn <sup>(4)</sup>	MO <sup>(5)</sup>
	em água <sup>(2)</sup>	(mmol dm <sup>-3</sup> )			(mg dm <sup>-3</sup> )						
T1	5,81a	15,6a	6,1a	1,2b	158a	23,3a	1,77b	5,7a	61b	12,2ab	19,6a
T2	5,68a	14,6ab	5,7ab	1,5ab	184a	25,7a	1,78b	4,6a	90a	13,7a	19,5a
T3	5,69a	13,7ab	6,1a	1,6ab	115b	24,5a	1,96a	5,8a	56b	10,7bc	19,5a
T4	5,49b	12,9b	4,9b	2,2a	129b	24,9a	1,82ab	5,2a	54b	9,8c	19,7a

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>(2)</sup>Relação solo:água 1:2,5. <sup>(3)</sup>Trocável, extrator KCL 1 mol L<sup>-1</sup>. <sup>(4)</sup>Disponível, extrator Mehlich 1. <sup>(5)</sup>Walkley-Black. T1: pastagem contínua; T2: sucessão anual pastagem/feijão no inverno; T3: sucessão anual milho/pastagem/feijão no inverno; T4: sucessão anual milho/feijão no inverno.

**Tabela 4.** Médias da capacidade de suporte da pastagem e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado em razão dos tratamentos no período de 2005 a 2007<sup>(1)</sup>.

Tratamento	Capacidade de suporte da pastagem	Milho	Feijão
	(Dia animal ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	
Pastagem contínua	551	-	-
Sucessão anual pastagem/feijão no inverno	343	-	2.310b
Sucessão anual milho/pastagem/feijão no inverno	160	6.248a	2.281b
Sucessão anual milho/feijão no inverno	-	6.565a	2.605a

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

na sucessão anual milho/pastagem/feijão no inverno. O valor de 551 dias animal corresponde à média anual de lotação de 1,51 unidade animal (UA) por hectare. Franco (2000) relatou 0,5 UA ha<sup>-1</sup> como o índice de produtividade da pecuária na região do Cerrado; logo, o valor obtido nesse tratamento é bem superior ao relatado por esse autor. Esse maior valor é devido à boa fertilidade do solo da área experimental, como mostrado anteriormente, mas que poderia aumentar se a pastagem fosse adubada regularmente e irrigada.

Não houve diferença significativa entre as produtividades do milho nas sucessões anuais milho/pastagem/feijão irrigado e milho/feijão irrigado, indicando que a inclusão da pastagem na sucessão não interferiu significativamente na produtividade do milho. A produtividade ultrapassou 6.000 kg ha<sup>-1</sup>, superior à média nacional de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010), mas inferior, por exemplo, da obtida por Ferreira et al. (2009), com o genótipo AG 9020, de 10.457 kg ha<sup>-1</sup> com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes para a obtenção de altas produtividades de milho (Hurtado et al., 2009) e, no caso deste trabalho a dose aplicada foi de somente 80 kg ha<sup>-1</sup>.

Quanto ao feijoeiro, a pastagem produziu efeito negativo na produtividade da cultura, pois na sucessão milho/feijão irrigado foi obtido o maior rendimento, comparativamente aos obtidos nas sucessões pastagem/

feijão irrigado e milho/pastagem/feijão irrigado. Nessas duas sucessões houve um acúmulo de palhada da braquiária na superfície do solo, que foi dessecada por ocasião do plantio do feijoeiro. Essa palhada pode ter competido com o feijoeiro por nitrogênio no seu processo de decomposição por microrganismos do solo. A produtividade do feijoeiro é dependente da dose de nitrogênio aplicada e do sistema agrícola empregado (Silva & Silveira, 2000; Silveira et al., 2005).

## Conclusões

1. A integração lavoura-pecuária não causa alteração na densidade e porosidade do solo nas camadas 0–10 e 10–20 cm, durante período de três anos, mas há alteração no pH e nutrientes na camada de 0–20 cm quando o solo é utilizado com pastagem contínua e todas as sucessões pastagem/cultura.

2. A pastagem contínua e as sucessões anuais que incluem braquiária – pastagem/ feijão irrigado e milho/pastagem/ feijão irrigado – aumentam os agregados do solo da classe maior que 2 mm, na camada 0–20 cm do solo.

3. A capacidade de suporte de pastagem diminui à medida que se aumenta o número de culturas de grãos implantadas na sucessão anual.

4. A produtividade do feijão é influenciada pela sucessão anual envolvendo pastagem, diferentemente do observado na produtividade de milho.

## Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pelo financiamento da pesquisa, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa.

## Referências

- CHACÍN LUGO, F.B. **Cursos de avances recientes en el diseño y análisis de experimentos**. Maracay: Universidad Central da Venezuela, 1997. 145p.
- CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Item**, n.54, p.46-55, 2002.
- CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos: con énfasis en suelos de América Latina**. 2.ed. San José: IICA, 1994. 420p.
- FERREIRA, A. de O.; SÁ, J.C. de M.; BRIEDIS, C.; FIGUEIREDO, A.G. de. Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.173-179, 2009.
- FRANCO, M. Adubação. **DBO Rural**, v.19, p.76-84, 2000.
- GIAROLA, N.F.B.; TORMENA, C.A.; DUTRA, A.C. Degradação física de um Latossolo Vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.863-873, 2007.
- HURTADO, S.M.C.; RESENDE, A.V. de, SILVA, C.A.; CORAZZA, E.J.; SHIRATSUCHI, L.S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada em lavoura no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.300-309, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: abril/2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 30 abr. 2010.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.499-522.
- MACEDO, M.C.M. Integração lavoura-pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.257-283.
- MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M. da; SANTOS JUNIOR, J. de D.G.; SÁ, M.A.C. de; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.873-882, 2007.
- REICHERT, J.M.; KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; RIQUELME, U.F.B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.310-319, 2009.
- SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; TOMM, G.O. Efeito de pastagens de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e no nível de matéria orgânica do solo sob plantio direto. In: **SOJA: resultados de pesquisa 2001/2002 e 2002/2003**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. p.214-234. (Embrapa Trigo. Documentos, 39).
- SECCO, D.; DA ROS, C.O.; SECCO, J.K.; FIORIN, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.407-414, 2005.
- SILVA, C.C. da; SILVEIRA, P.M. da. Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.30, p.86-96, 2000.
- SILVA, I. de F. da; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.113-117, 1997.
- SILVA, M.L.N.; BLANCANEAU, P.; CURI, N.; LIMA, J.M. de; MARQUES, J.J.G. de S. e M.; CARVALHO, A.M. de. Estabilidade e resistência de agregados de Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.97-103, 1998.
- SILVEIRA, P.M. da; BRAZ, A.J.B.P.; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.377-381, 2005.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeito de pastagens de inverno e de verão em características físicas de solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.36, p.1193-1200, 2006.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; KLUTHCOUSKI, J. Influência das pastagens na melhoria dos atributos físico-hídricos do solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.171-178.
- ZIMMER, A.H.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais**. Viçosa: UFV, 1997. p.349-379.

Recebido em 11 de maio de 2010 e aprovado em 20 de agosto de 2011