

AVALIAÇÃO DE PRÁTICAS CULTURAIS EM UM SISTEMA AGRÍCOLA IRRIGADO POR ASPERSÃO¹

ALBERTO BAËTA DOS SANTOS², OSMIRA FÁTIMA DA SILVA³ e EVANE FERREIRA²

RESUMO - Em um sistema agrícola intensivo irrigado por aspersão, é fundamental a manutenção, em níveis elevados, da fertilidade do solo e da produtividade das espécies cultivadas. Em experimentos conduzidos de 1991 a 1993, sob pivô central, em Jussara, GO, foram estudados os efeitos de três sistemas de preparo de solo (Grade, Arado e Sem Preparo), de dois tipos de adubação (a usada na propriedade e a baseada na análise de solo) e das culturas de arroz (*Oryza sativa* L.) e de milho (*Zea mays* L.) sobre o rendimento de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em sucessão. Avaliaram-se também os efeitos dos sistemas de preparo sobre a produtividade do arroz e a do milho e a economicidade do sistema produtivo. O tratamento Sem Preparo teve os menores custos de produção, afetou negativamente a produtividade do arroz, não influenciou a cultura do milho e mostrou efeito positivo no feijoeiro, apenas no terceiro cultivo. O milho provou ser a melhor cultura antecessora, com efeito positivo na produtividade do feijoeiro. Esta cultura apresentou maior custo de produção, seguida de milho e de arroz. Os tipos de adubação não tiveram influência no rendimento de grãos de feijão; no entanto, a adubação baseada na análise do solo, com menor custo de produção, proporcionou a melhoria da eficiência do sistema agrícola. Semente foi o componente que mais onerou o custo de produção do feijão; no caso do milho e do arroz, foi fertilização.

Termos para indexação: preparo de solo, adubação, sucessão de cultura, análise econômica.

EVALUATION OF CULTURAL PRACTICES IN A SPRINKLER IRRIGATED AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT - Field experiments were conducted during 1991/93, under central pivot irrigation system, in order to study the effects of three soil preparation methods (harrowing, moldboard ploughing, and no-tillage), two fertilizer levels (used by farmers and based on soil analysis), and two crops, rice (*Oryza sativa* L.) and corn (*Zea mays* L.) on the grain yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) planted in succession. Additionally, the effect of soil preparation methods on rice and corn grain yields and the economic analysis of the three crop production systems were studied. No-tillage treatment presented the lowest production cost and showed an overall negative effect on rice and corn yields and a positive effect on bean yield in the third year of cultivation. Corn has proved to be the best alternative for rotation with common bean. Production cost of common bean was the highest followed by corn and rice. Both fertilization methods did not influence bean yield but when fertilization was based on soil analysis, it resulted in lower production cost, providing greater efficiency of the agricultural production system. Seed was the main component influencing common bean production cost whereas for corn and rice it was fertilization.

Index terms: soil preparation, fertilization, crop succession, economic analysis.

¹ Aceito para publicação em 11 de julho de 1996.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO. Bolsista do CNPq.

³ Economista, Embrapa-CNPAP.

INTRODUÇÃO

O aumento da produtividade das culturas alimentícias em um sistema agrícola irrigado intensivo, e conseqüentemente, da renda líquida dos produtores, é um componente decisivo de competitividade e de

oferta de alimentos. A produção com menores custos constitui um fator determinante do rendimento econômico. O desenvolvimento de sistemas irrigados vem concorrendo para o aumento da produtividade das culturas, associada à qualidade dos produtos e à sustentabilidade do agrossistema.

Na agricultura intensiva, a melhoria da eficiência resulta ou do aumento da produção por unidade de área, com maior relação benefício/custo, ou da manutenção do nível de produtividade, com redução do custo de produção.

No sistema agrícola irrigado por aspersão, pivô central, em dimensão empresarial, a cultura do feijoeiro constitui uma das principais alternativas para o cultivo de entressafra de verão. O cultivo nessa época, denominado "feijão de inverno" (maio a julho), normalmente é mais tecnificado, utiliza, além da irrigação, outros insumos, como sementes de boa qualidade, fertilizantes, corretivos e defensivos. Com isso, são obtidos rendimentos compensadores, superiores em até cinco vezes aos de épocas tradicionais de cultivo (Stone & Moreira, 1986). Ademais, apresenta como vantagens a redução de riscos e a oferta do produto em épocas não convencionais, quando alcança preços mais elevados, além de possibilitar a produção de sementes de melhor qualidade sanitária e fisiológica.

O arroz e o milho estão entre as culturas frequentemente utilizadas em sucessão ao feijoeiro, sob pivô central. O uso da irrigação nessas culturas promove o aumento da produção de grãos e da produtividade, afastando os riscos de perda das lavouras por deficiência hídrica.

O manejo do solo tem grande influência no processo erosivo. Quando se aplicam preparos e cultivos intensivos, pode-se provocar um distúrbio maior na estrutura do solo, causando desagregação das camadas superficiais e compactação subsuperficial, o que facilita a erosão. O preparo adequado do solo consiste em realizar um conjunto de operações com o objetivo de propiciar condições favoráveis à emergência das plântulas e ao crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, evitando a desagregação do solo, sem prejudicar a produção (Castro et al., 1987). É comum encontrar, em áreas sob preparo convencional, camadas subsuperficiais compactadas, o que dificulta a infil-

tração de água no solo e a penetração das raízes, reduzindo o desenvolvimento das plantas, seja por falta ou excesso de água, que ocasionem baixo arejamento, seja por deficiência nutricional.

O objetivo deste estudo foi avaliar, sob condições de irrigação por aspersão, os efeitos de sucessões de culturas, de sistemas de preparo de solo e de tipos de fertilização sobre o rendimento de grãos do feijoeiro, e analisar economicamente o sistema produtivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo iniciou-se no inverno de 1991 com a cultura do feijoeiro, sob condições de irrigação por aspersão, pivô central, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, na Fazenda Samambaia Empreendimentos Agrícolas Ltda., em Jussara, GO, e teve duração até julho de 1993. Nesse período, foram realizados cinco cultivos, sendo três de feijão, no período de entressafra de verão, nos anos 1991, 1992 e 1993, e dois, na estação chuvosa, com arroz e milho, em sucessão de culturas.

O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado, no esquema de parcelas subsubdivididas, com dez repetições. As parcelas foram constituídas pelas sucessões de culturas (feijão/arroz/feijão/arroz/feijão e feijão/milho/feijão/milho/feijão); as subparcelas, pelos sistemas de preparo de solo; e as subsubparcelas, com área de 1 ha, pelos tipos de fertilização. No cultivo de feijão, foram avaliados os efeitos dos sistemas de preparo de solo, dos tipos de adubação e das sucessões com o arroz e o milho. Nas culturas de arroz e milho, foram avaliados apenas os efeitos dos sistemas de preparo do solo, quais sejam: Grade - preparo com grade aradora de discos, por duas vezes, e posteriormente com grade tipo niveladora; Arado - preparo com arado reversível com duas aivecas, seguido de grade tipo niveladora; e Sem Preparo - semeadura direta sobre resíduos do cultivo anterior, seguida da aplicação de herbicida de ação total para controle das plantas daninhas e voluntárias. O preparo de solo com grade aradora possibilitou o revolvimento da camada superficial do solo de aproximadamente 0,15 m, enquanto, com o arado de aiveca, isto se deu até 0,3 m de profundidade, possibilitando, neste caso, ao sistema radicular das culturas explorar maior volume de solo. Os tipos de adubação empregados no feijoeiro, em 1991, constaram de: a) a comumente empregada na propriedade, que correspondeu, na base, a 14, 70 e 70 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e, em cobertura, uréia (31,5 kg ha⁻¹ de N), cloreto de potássio (36 kg ha⁻¹ de K₂O) e nitrocálcio (8,1 kg ha⁻¹

de N), parcelados em duas vezes; e b) a baseada na análise do solo e recomendada para o feijoeiro no Estado de Goiás (Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás, 1988), sendo 8, 60 e 20 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e 30 kg ha⁻¹ de FTE BR-12 (Malavolta, 1986) - este último foi aplicado apenas por ocasião da primeira semeadura do feijão -, e duas aplicações, em cobertura, de 15 kg ha⁻¹ de N e 17 kg ha⁻¹ de K₂O, nas formas de sulfato de amônio e de cloreto de potássio, respectivamente. Em 1992, utilizaram-se os seguintes tipos de adubação do feijoeiro: a) o da propriedade: 20, 70 e 70 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, por ocasião da semeadura, e 34 e 36 kg ha⁻¹ de N e K₂O, nas formas de uréia e cloreto de potássio, respectivamente, em cobertura; e b) o baseada na análise do solo: 17, 60 e 34 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, na semeadura, e 21 e 7 kg ha⁻¹ de N e K₂O, em cobertura, nas formas de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Em 1993, a adubação baseada na análise do solo foi igual à de 1991, enquanto a empregada na propriedade foi de 8, 41 e 41 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O na base e, em cobertura, uréia (45 kg ha⁻¹ de N), sulfato de amônio (16 kg ha⁻¹ de N), cloreto de potássio (30 kg ha⁻¹ de K₂O), sulfato de zinco (2 kg ha⁻¹ de Zn) e ácido bórico (0,85 kg ha⁻¹ de B).

A cultivar de feijão, o tratamento de sementes e os produtos inseticidas, fungicidas e herbicidas foram os mesmos empregados nas áreas de produção da fazenda. Foi usada a cultivar Carioca nos dois primeiros anos e, em 1993, a Aporé, com 15 sementes m⁻¹ e 0,45 m de espaçamento. A semeadura foi feita com 65 kg ha⁻¹ de sementes tratadas com thiodicarb (273 g), mancozeb (126 g), benomil (65 g) e quimol (156 g). Em pulverização, foram usados endossulfam (262 g ha⁻¹) e mancozeb (800 g ha⁻¹) em quatro aplicações. Nos sistemas de preparo com Grade e com Arado, a competição com as plantas daninhas foi prevenida com a aplicação, em pré-emergência, de 534 g ha⁻¹ de trifluralin e, a seguir, a incorporação com grade tipo niveladora; no Sem Preparo, foram usa-

dos cyanazine (1.005 g ha⁻¹), e glyphosate (960 g ha⁻¹), nos dois primeiros anos, e paraquat (600 g ha⁻¹) junto com 2 kg ha⁻¹ de uréia, em 1993. Em pós-emergência, todas as parcelas receberam 150 g ha⁻¹ de fluazifop-p-ethyl e 125 g ha⁻¹ de fomesafen juntamente com espalhante adesivo.

Nas estações chuvosas, foram cultivados o arroz, com 70 sementes m⁻¹ e 0,4 m de espaçamento, e o milho híbrido Pioneer 6875, com 7 sementes m⁻¹ e espaçamento de 0,9 m. Em 1991/92, foram avaliadas as cultivares de arroz Araguaia, Guarani e Rio Paranaíba, exceto no Sem Preparo, no qual esta última não foi usada, e, em 1992/93, apenas a Araguaia, em todos os sistemas de preparo.

Na cultura do arroz, as plantas daninhas foram controladas com a aplicação de pendimetalin (1.000 g ha⁻¹) e de cyanazine (670 g ha⁻¹), enquanto no milho foi aplicado, em pré-emergência, atrazine (1.000 g ha⁻¹) + metolachlor (1.500 g ha⁻¹). No Sem Preparo, foram usados previamente glyphosate (1.440 g ha⁻¹), cyanazine (2.010 g ha⁻¹), além da uréia (2 kg ha⁻¹). Por ocasião da semeadura das duas espécies, foram empregados 12, 90 e 48 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Em cobertura, aplicou-se uréia (67,5 kg ha⁻¹ de N), sulfato de zinco (4 kg ha⁻¹ de Zn) e cloreto de potássio (18 kg ha⁻¹ de K₂O) na cultura do milho, e uréia (36 kg ha⁻¹ de N) na do arroz, além dos outros dois fertilizantes nas mesmas quantidades.

O "feijão de inverno" foi conduzido sob irrigação, ao passo que nos cultivos de arroz e de milho a irrigação foi empregada somente para suplementar a necessidade de água nos períodos de estiagem.

Antes do cultivo de "feijão de inverno" de 1991, foram incorporadas ao solo 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com 90% de PRNT. No início do estudo, foram coletadas amostras de solo das camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade para análise química e composição granulométrica, cujos resultados constam da Tabela 1. Em todas as culturas, foram determinados os rendimentos de grãos e seus componentes, e, no final do estudo, foi realizada a análise econômica de benefício/custo.

TABELA 1. Caracterização química, composição granulométrica e classe textural de amostras do solo no início do estudo (1991).

Profundidade (m)	Característica química ¹													Comp. granul.			Classe textural	
	pH em H ₂ O (1:2,5)	P	K	Ca	Mg	CTC ₇	S	V	m	MO	Cu	Zn	Fe	Mn	Argila	Silte		Areia
		mg kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹		%			mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		%	%	%	
0,0-0,2	5,9	17,4	106	3,1	1,4	8,1	4,77	58,9	2,1	1,1	0,3	4,6	57	34	15,0	6,2	78,8	Franco arenoso
0,2-0,4	5,4	3,3	44	1,4	0,9	5,6	2,41	43,0	7,7	0,9	0,2	1,0	63	16	19,1	3,9	77,0	Franco arenoso

¹ Foi usado o Mehlich 1 na extração de P, K, Cu, Zn, Fe e Mn; foi usado o KCl 1N na extração de Ca e Mg; CTC₇ = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; S = soma de bases trocáveis; V = saturação de bases; m = saturação de alumínio; MO = matéria orgânica por oxidação com K₂Cr₂O₇.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro cultivo de feijão, os sistemas de preparo de solo influenciaram o número de vagens por planta, enquanto o número de grãos por vagem foi afetado pelos tipos de adubação (Tabela 2). O preparo de solo com Grade proporcionou números de vagens por planta significativamente superiores aos do preparo com Arado; todavia esses tratamentos não diferiram do Sem Preparo. O número de grãos por vagem foi maior quando se usou a adubação comumente empregada na propriedade. Quanto ao rendimento de grãos, observou-se maior valor no preparo com Grade; contudo, sem diferença significativa em relação aos demais. Isso mostra que os efeitos dos sistemas de preparo de solo e dos tipos de fertilização sobre os componentes da produção não foram suficientes para influenciar significativamente o rendimento do feijoeiro. Apenas a produção de grãos por planta foi significativamente maior no preparo com Grade. As produtividades de grãos foram bastante elevadas, quando comparadas às obtidas em outras épocas de semeadura e sistemas tradicionais de cultivo de feijão. Isto se deve ao uso de técnicas culturais recomendadas, aliado à ocorrência de condições climáticas favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas do feijoeiro, possibilitando-lhes expressar seu potencial produtivo. Embora não se tenha quantificado, o tratamento Arado contribuiu para um melhor controle de plan-

tas daninhas, principalmente do desmodio ou carrapicho (*Desmodium* spp.), espécie considerada bastante competitiva com o feijoeiro e de difícil controle no sistema agrícola intensivo.

Com relação ao cultivo na estação chuvosa de 1991/92, não houve interação entre os sistemas de preparo de solo e as cultivares de arroz. Entretanto, os sistemas de preparo de solo influenciaram significativamente o rendimento de grãos das cultivares de arroz de sequeiro Araguaia e Guarani (Tabela 3). No Sem Preparo, houve menor produtividade, quando comparado aos demais sistemas de preparo de solo. Isso se confirma nos menores porte das plantas, número de grãos por panícula e peso de 100 grãos das duas cultivares nesse tratamento. Possivelmente, o menor crescimento e o menor desenvolvimento das plantas na semeadura Sem Preparo se deve ao menor volume de solo explorado pelo sistema radicular, indicando uma provável compactação.

Não houve diferença significativa no rendimento de grãos das cultivares Araguaia e Guarani nos três sistemas de preparo de solo (Tabela 3), embora, na cultivar precoce, Guarani, tenham ocorrido os menores valores de altura de plantas, de perfilhamento e de grãos por panícula, e as maiores percentagens de espiguetas estéreis, de peso de 100 grãos e de índice de colheita. A cultivar Araguaia, por apresentar maior crescimento inicial, porte mais alto e maior perfilhamento, mostrou-se mais competitiva que a cultivar Guarani, expressando menor

TABELA 2. Efeitos dos sistemas de preparo de solo e dos tipos de adubação sobre o rendimento médio de grãos e seus componentes relativos à cultivar Carioca de feijão, em 1991¹.

Tratamento	Vagem por planta (n°)	Grão por vagem (n°)	Peso de 100 grãos (g)	Produção de grãos por planta (g)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
Sistema de preparo ²					
Grade	20,9 a	5,4 a	23,8 a	26,8 a	3120 a
Arado	15,4 b	5,2 a	22,2 a	18,1 b	2794 a
Sem Preparo	16,1 ab	5,0 a	22,4 a	17,7 b	2855 a
Tipo de adubação ³					
Propriedade	17,8 a	5,3 a	22,9 a	21,8 a	2896 a
Análise de solo	17,1 a	5,1 b	22,7 a	19,9 a	2949 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² Grade = preparo com grade aradora de discos; Arado = preparo com arado reversível com duas aivecas; Sem Preparo = semeadura direta sobre resíduos do cultivo anterior.

³ Propriedade = adubação empregada na propriedade para o cultivo do feijoeiro; Análise de solo = adubação baseada na análise de solo e recomendada para o feijoeiro.

índice de colheita. Plantas mais competitivas investem mais na produção de colmos e folhas, e menos em grãos; portanto, apresentam menor índice de colheita (Jennings & Jesus, 1968).

O rendimento médio de grãos das três cultivares de arroz foi significativamente maior no preparo do solo com Arado do que com Grade (Tabela 3). O preparo com Arado propiciou um aumento de 12,5% na produção, quando comparado com o preparo com Grade. Neste, houve menores porte das plantas e grãos por panícula. Efeito positivo do preparo profundo do solo em relação ao superficial na cultura do arroz foi observado por Benatti et al. (1981), em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, e por Silveira et al. (1994), em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, de textura argilosa.

Avaliando-se o comportamento das três cultivares de arroz em apenas dois sistemas de preparo, observa-se que não houve diferença significativa no rendimento de grãos entre as cultivares nos preparos de solo com Grade e Arado (Tabela 3). Entretanto, a 'Guarani' apresentou menor número de grãos por panícula e maior índice de colheita que as demais. A 'Araguaia' apresentou menor percentagem de espiguetas estéreis e peso de 100 grãos que a 'Rio Paranaíba' e a 'Guarani'.

Não se obtiveram efeitos significativos dos sistemas de preparo sobre o comportamento da cultura do milho nas sucessões de 1991/92 e 1992/93 (Tabela 4). A única diferença verificada foi o maior número de plantas por área verificado no tratamento Sem Preparo, na avaliação realizada por ocasião da colheita, em 1991/92. Isso pode ter sido acarretado pela erosão verificada nas parcelas nas quais foram efetuadas a aração e a gradagem, em virtude de altas precipitações pluviais que ocorreram após a semeadura. O sistema Sem Preparo é o que confere maior proteção ao solo contra a erosão, pois há mobilização apenas na linha de semeadura, sendo os restos da cultura anterior e de plantas daninhas mantidos sobre a superfície, protegendo o solo contra o impacto das gotas de chuva e permitindo que maior quantidade de água se infiltre no perfil do solo (Castro et al., 1987). Em virtude das características químicas, da composição granulométrica e da classe textural do solo em estudo (Tabela 1), é importante adotar sistemas de preparo que não pulverizem excessivamente o solo. Chaplin et al. (1986), Centurion & Demattê (1992) e Silveira et al. (1994) também não obtiveram efeitos de diferentes sistemas de preparo sobre o rendimento de grãos de milho.

TABELA 3. Efeitos dos sistemas de preparo de solo sobre o rendimento médio de grãos e componentes de produção das cultivares de arroz de sequeiro, em 1991/92¹.

Tratamento	Altura de plantas (cm)	Perfilho (n° m ⁻²)	Panicula (n° m ⁻²)	Perfilho fértil (%)	Grão por panícula (n°)	Esterilidade de espiguetas (%)	Peso de 100 grãos (g)	Índice de colheita	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
Sistema de preparo²									
Efeito dos sistemas de preparo de solo (média das cultivares Araguaia e Guarani)									
Grade	126 b	195 a	182 a	93 a	99 ab	15,6 a	3,42 a	0,45 a	2604 a
Arado	134 a	193 a	172 a	90 a	111 a	14,4 a	3,43 a	0,46 a	2938 a
Sem Preparo	100 c	204 a	181 a	89 a	93 a	16,8 a	3,22 b	0,43 a	1722 b
Cultivar									
Comportamento das cultivares Araguaia e Guarani (média dos três sistemas de preparo)									
Araguaia	123 a	209 a	185 a	92 a	110 a	14,0 b	3,23 b	0,41 b	2404 a
Guarani	117 b	186 b	171 a	89 a	92 b	17,2 a	3,48 a	0,49 a	2438 a
Sistema de preparo									
Efeito dos sistemas de preparo de solo Grade e Arado (média das cultivares de arroz de sequeiro)									
Grade	126 b	187 a	172 a	92 a	102 b	16,3 a	3,48 a	0,45 a	2575 b
Arado	134 a	191 a	169 a	89 a	113 a	16,0 a	3,47 a	0,43 a	2897 a
Cultivar									
Comportamento das cultivares (média dos sistemas de preparo Grade e Arado)									
Araguaia	133 a	198 a	177 a	90 a	116 a	12,5 b	3,32 b	0,41 b	2779 a
Rio Paranaíba	130 a	181 a	158 a	88 a	113 a	18,5 a	3,57 a	0,41 b	2667 a
Guarani	127 a	190 a	176 a	93 a	95 b	17,4 a	3,54 a	0,50 a	2763 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² Grade = preparo com grade aradora de discos; Arado = preparo com arado reversível com duas aivecas; Sem Preparo = semeadura direta sobre resíduos do cultivo anterior.

TABELA 4. Efeitos dos sistemas de preparo de solo sobre o número de plantas por área, o rendimento médio anual de grãos e componentes da produção do milho híbrido Pioneer 68751.

Sistema de preparo ²	Planta (n° m ⁻²)	1991/92			1992/93			Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
		Índice de espiga	Índice de colheita	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	Planta (n° m ⁻²)	Índice de espiga	Índice de colheita	
Grade	4,8 b	0,95 a	0,46 a	5028 a	5,3 a	0,94 a	0,57 a	4678 a
Arado	4,6 b	0,96 a	0,48 a	4751 a	5,3 a	0,91 a	0,54 a	4812 a
Sem Preparo	5,2 a	0,93 a	0,45 a	4957 a	5,7 a	0,93 a	0,54 a	4959 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² Grade = preparo com grade aradora de discos; Arado = preparo com arado reversível com duas aivecas; Sem Preparo = semeadura direta sobre resíduos do cultivo anterior.

No segundo cultivo de feijão, houve alta ocorrência de mancha-angular (*Isariopsis griseola* Sacc.), ainda no estágio precoce de desenvolvimento, afetando drasticamente o comportamento das plantas de feijoeiro, o que reduziu os componentes da produção e, conseqüentemente, o rendimento de grãos da cultivar Carioca, em comparação com os valores obtidos no ano anterior (Tabela 5). Em estudos desenvolvidos por Sartorato & Rava (1992), foi determinado que, no geral, para cada 10% de aumento da severidade da doença, há uma redução da ordem de 7,9% no rendimento. Com isso, o rendimento de grãos não foi influenciado pelos tipos de adubação e pelos sistemas de preparo; houve apenas efeitos destes sobre os componentes do rendimento, conforme é mostrado na comparação feita pela produção calculada.

Não houve influência das sucessões das culturas de arroz e de milho sobre a produtividade do feijoeiro. Os seus efeitos sobre os componentes do rendimento mostraram que houve uma compensação entre os mesmos, ou seja, reduzindo-se o número de vagens por planta, aumentou-se o número de grãos por vagem e do peso médio de grãos.

No segundo cultivo de arroz, os efeitos dos sistemas de preparo sobre a produtividade foram similares aos obtidos no ano anterior (Tabela 6). Houve rendimento de grãos significativamente menor no Sem Preparo, em comparação com os demais. Nesse sistema, houve redução no porte e atraso no ciclo das plantas e menor produção de matéria seca de palha e de grãos por área, que representam a produção biológica, ainda que não se tenha encontrado diferença significativa no índice de colheita. Isso indica que, embora tenha ocorrido menor crescimen-

to e desenvolvimento das plantas, os dois termos da relação - produção economicamente útil da produção biológica/produção total da matéria seca - foram afetados na mesma proporção. Ou seja, a proporção do rendimento biológico que representa o rendimento agrícola não foi afetada pelos sistemas de preparo. Menores rendimentos de grãos de arroz de sequeiro com o Sem Preparo também foram obtidos por Stone et al. (1980), em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

No tratamento Arado, ocorreu maior percentagem de colmos de arroz atacados por *Diatraea saccharalis*, a qual diferiu significativamente daquelas dos demais sistemas de preparo (Tabela 6). Conforme vários trabalhos de levantamento sobre dano de *D. saccharalis* em arroz (Ferreira, 1983, 1991; Santos et al., 1988), 5,7% de colmos atacados proporcionam redução no rendimento de grãos de 108 kg ha⁻¹. Portanto, nesse sistema agrícola irrigado, estima-se decréscimo de 308, 549 e 189 kg ha⁻¹ para os sistemas Grade, Arado e Sem Preparo, respectivamente. É possível que o uso de tecnologias que promovam maior crescimento vegetativo das plantas de arroz, como alta fertilização nitrogenada, correção e preparo de solo mais adequados, entre outras, favoreça o ataque da broca-do-colmo, contribuindo para maior redução na produtividade. Santos et al. (1988) verificaram que a aplicação de inseticidas em arroz de sequeiro sob pivô central contribuiu para aumentar o rendimento de grãos em 15%. Neste estudo, apenas 12,3% da infestação da broca-do-colmo foi controlada pelos inseticidas, sendo de 2% o aumento na produção de arroz, em razão do controle parcial da *D. saccharalis*. Caso o controle dessa praga fosse total, o acréscimo no rendimento

TABELA 5. Efeitos dos sistemas de preparo de solo, dos tipos de adubação e das sucessões de culturas sobre o rendimento médio de grãos e componentes da produção da cultivar Carioca de feijão, em 1992¹.

Tratamento	Vagem por planta (nº)	Grão por vagem (nº)	Peso de 100 grãos (g)	Produção calculada ⁴ (kg ha ⁻¹)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
Sistema de preparo²					
Grade	9,8 b	4,6 b	18,8 a	1783 b	1700 a
Arado	13,6 a	4,7 b	19,3 a	2673 a	1753 a
Sem Preparo	14,9 a	5,0 a	18,6 a	2367 a	1758 a
Tipo de adubação³					
Propriedade	12,1 b	4,7 a	18,6 b	2175 a	1742 a
Análise de solo	13,4 a	4,8 a	19,2 a	2374 a	1732 a
Sucessão de culturas					
Arroz/feijão	11,6 b	4,9 a	19,9 a	2296 a	1723 a
Milho/feijão	13,9 a	4,6 b	18,0 b	2253 a	1751 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² Grade = preparo com grade aradora de discos; Arado = preparo com arado reversível com duas aivecas; Sem Preparo = semeadura direta sobre resíduos do cultivo anterior.

³ Propriedade = adubação empregada na propriedade para o cultivo do feijoeiro; Análise de solo = adubação baseada na análise de solo e recomendada para o feijoeiro.

⁴ Produção calculada através dos componentes do rendimento e do número de plantas por área.

TABELA 6. Efeitos dos sistemas de preparo de solo sobre o rendimento médio de grãos e sobre outras características da cultivar Araguaia de arroz de sequeiro, em 1992/93¹.

Sistema de preparo ²	Altura das plantas (cm)	Colmo atacado por <i>Diatraea</i> (%)	Mat. seca (g m ⁻²)		Índice de colheita	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
			Palha	Grãos		
Grade	136 a	17,4 b	513 a	469 a	0,48 a	3726 a
Arado	131 a	29,7 a	505 a	409 a	0,45 a	3456 a
Sem Preparo	117 b	10,8 b	339 b	302 b	0,47 a	2552 b

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² Grade = preparo com grade aradora de discos; Arado = preparo com arado reversível com duas aivecas; Sem Preparo = semeadura direta sobre resíduos do cultivo anterior.

de grãos seria de 19,4%. Daí conclui-se que a broca-do-colmo pode infestar alta proporção de colmos de arroz no sistema agrícola irrigado e causar perdas econômicas no rendimento de grãos.

Em 1993, o rendimento de grãos do feijoeiro foi maior que o dos cultivos anteriores. Isso se deve ao emprego da cultivar Aporé, que mostrou alta capacidade de adaptação ao sistema agrícola irrigado e resistência à mancha-angular, em comparação à Carioca. Houve efeito significativo das sucessões de culturas sobre o rendimento de grãos do feijoeiro no terceiro cultivo (Tabela 7). Quando o feijoeiro

foi cultivado em sucessão à cultura do milho, obteve-se significativamente maior produtividade, em comparação àquela após o arroz. Tal resposta se deve ao maior número de vagens por planta verificado com aquela sucessão. Esse resultado difere do obtido por Silveira et al. (1994), no qual foi verificada maior produtividade quando o feijoeiro foi cultivado após o arroz. Os rendimentos de grãos de feijão foram significativamente maiores no Sem Preparo, em relação ao preparo com Grade. O preparo com Arado não diferiu de ambos. A maior produção de grãos por planta foi no Sem Preparo, expressando

TABELA 7. Efeitos dos sistemas de preparo de solo, dos tipos de adubação e das sucessões de culturas sobre o rendimento médio de grãos e componentes da produção da cultivar Aporé de feijão, em 1993¹.

Tratamento	Vagem por planta (n°)	Grão por vagem (n°)	Peso de 100 grãos (g)	Produção calculada ⁴ (g planta ⁻¹)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
Sistema de preparo²					
Grade	13,4 ab	5,7 a	25,4 a	19,2 b	3356 b
Arado	12,7 b	5,7 a	25,8 a	18,8 b	3462 ab
Sem Preparo	14,9 a	5,8 a	25,5 a	21,8 a	3594 a
Tipo de adubação³					
Propriedade	13,6 a	5,8 a	25,7 a	20,3 a	3488 a
Análise de solo	13,7 a	5,6 b	25,4 a	19,6 a	3453 a
Sucessão de culturas					
Arroz/feijão	12,9 b	5,7 a	25,8 a	19,1 a	3392 b
Milho/feijão	14,4 a	5,7 a	25,3 a	20,8 a	3550 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² Grade = preparo com grade aradora de discos; Arado = preparo com arado reversível com duas aivecas; Sem Preparo = semeadura direta sobre resíduos do cultivo anterior.

³ Propriedade = adubação empregada na propriedade para o cultivo do feijoeiro; Análise de solo = adubação baseada na análise de solo e recomendada para o feijoeiro.

⁴ Produção por planta, calculada através dos componentes do rendimento.

os maiores valores observados nos componentes da produção. Quanto aos tipos de adubação estudados, os resultados confirmaram os obtidos nos anos anteriores (1991 e 1992). A adubação baseada na análise do solo propiciou rendimento de grãos semelhante ao obtido com a da propriedade, que, por sua vez, apresenta maiores quantidades de nutrientes, especialmente potássio e nitrogênio, além de micronutrientes. O único componente da produção que apresentou diferença significativa em relação aos tipos de adubação foi o número de grãos por vagem. Com a adubação usual na propriedade, obtiveram-se maiores valores deste componente, o que não refletiu significativamente no rendimento de grãos, nem na produção de grãos por planta.

Das culturas estudadas, a do feijoeiro foi a que apresentou o maior custo de produção, seguida da do milho; e o arroz, o menor custo, com base nos preços vigorados em abril de 1995 (Tabelas 8 e 9). Na média dos anos e dos tratamentos, os custos de produção do feijão, do milho e do arroz foram 30, 80 e 47 sacos de 60 kg ha⁻¹, considerando-se os preços mínimos desses produtos, respectivamente.

Na cultura do feijoeiro, o componente que mais onerou o custo total foi semente, que representou

uma participação entre 21 e 24%, nos diferentes sistemas de preparo e tipos de adubação nos três cultivos. A fertilização foi o segundo componente de maior participação no custo total, seguida pelos gastos com colheita e outras operações ou insumos. Ao analisar o emprego da adubação baseada na análise de solo, verifica-se que o componente fertilização assumiu o terceiro lugar na escala de participação percentual do custo total de produção, em decorrência dos gastos superiores com a colheita, independentemente dos sistemas de preparo. Esse resultado é compatível com a adubação recomendada pela Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988), que é baseada na análise de solo, pois apresenta menor custo de produção de feijão. Nessa cultura, o retorno econômico mais expressivo foi obtido no ano de 1993, graças à maior produtividade da cultivar Aporé, em comparação à Carioca anteriormente usada. Nos três cultivos, as maiores relações benefício/custo foram obtidas no tratamento Sem Preparo. Em 1993, quando se empregou a adubação baseada na análise de solo, essa relação foi de 2,15, ou seja, a cada real investido na produção, obteve-se retorno de R\$ 2,15. Quando o solo foi preparado com Grade e com Arado, os valores médios do

TABELA 8. Balanço econômico dos três cultivos de feijão em relação aos sistemas de preparo de solo e de tipos de adubação.

Resultado operacional	Equivalência	Sistema de preparo de solo ¹					
		Grade		Arado		Sem Preparo	
		Tipo de adubação ²		Tipo de adubação		Tipo de adubação	
		Propriedade	Análise de solo	Propriedade	Análise de solo	Propriedade	Análise de solo
1991							
Custo total	R\$	714,94	672,49	671,81	634,86	638,60	600,65
	US\$ ³	794,38	747,21	746,45	705,40	709,56	667,39
	Saca ⁴	31,78	29,89	29,86	28,22	28,38	26,70
Receita bruta	R\$	1227,38	1112,63	993,83	1101,38	1037,25	1103,63
	US\$	1363,75	1236,25	1104,25	1223,75	1152,50	1226,25
	Saca	54,55	49,45	44,17	48,95	46,10	49,05
Rel. benefício/custo		1,72	1,65	1,48	1,73	1,62	1,84
1992							
Custo total	R\$	696,11	684,01	688,99	646,03	655,79	611,33
	US\$	773,45	760,01	765,54	717,81	728,65	679,26
	Saca	30,94	30,40	30,62	28,71	29,15	27,17
Receita bruta	R\$	609,08	665,55	658,58	655,88	692,55	626,18
	US\$	676,75	739,50	731,75	728,75	769,50	695,75
	Saca	27,07	29,58	29,27	29,15	30,78	27,83
Rel. benefício/custo		0,87	0,97	0,96	1,02	1,06	1,02
1993							
Custo total	R\$	747,28	708,98	748,78	708,98	674,54	637,24
	US\$	830,31	787,75	831,98	787,75	749,49	708,04
	Saca	33,21	31,51	33,28	31,51	29,98	28,32
Receita bruta	R\$	1267,88	1249,20	1331,55	1264,95	1324,58	1370,70
	US\$	1408,75	1388,00	1479,50	1405,50	1471,75	1523,00
	Saca	56,35	55,52	59,18	56,22	58,87	60,92
Rel. benefício/custo		1,70	1,76	1,78	1,78	1,96	2,15

¹ Grade = preparo com grade aradora de discos; Arado = preparo com arado reversível com duas aivecas; Sem Preparo = semeadura direta sobre resíduos do cultivo anterior.

² Propriedade = adubação empregada na propriedade para o cultivo do feijoeiro; Análise de solo = adubação baseada na análise de solo e recomendada para o feijoeiro.

³ US\$ 1,00 = R\$ 0,90 (10/4/95). Preço mínimo do feijão (sc. 60 kg) = US\$ 25,00.

⁴ Saca de 60 kg de grãos.

ganho econômico foram semelhantes em cada cultivo de feijão.

Considerando todos os cultivos, os menores custos de produção das três espécies estudadas foram obtidos no Sem Preparo.

As maiores relações benefício/custo da cultura do arroz foram verificadas no tratamento Arado, nos dois cultivos, e no solo preparado com Grade, em

1992/93; e as menores, no Sem Preparo (Tabela 9). Nessa cultura, a fertilização representou 32% do custo total no Arado e Grade, e 38% no Sem Preparo, o que equivale a 16 sacos de arroz por hectare.

Na cultura do milho, o tratamento Sem Preparo apresentou relação benefício/custo pouco superior à dos demais sistemas (Tabela 9). Tal como ocorreu com o arroz, a fertilização também teve a maior par-

TABELA 9. Balanço econômico dos cultivos de arroz e de milho em relação aos sistemas de preparo de solo.

Resultado operacional	Equivalência	Sistema de preparo de solo ¹					
		Grade		Arado		Sem preparo	
		1991/92	1992/93	1991/92	1992/93	1991/92	1992/93
Arroz							
Custo total	R\$	429,93	439,94	434,43	437,93	363,59	371,09
	US\$ ²	477,70	488,82	482,70	486,59	403,99	412,32
	Saca ³	48,60	49,73	49,10	49,50	41,10	41,95
Receita bruta	R\$	372,02	549,40	447,66	509,59	243,91	376,26
	US\$	413,35	610,44	497,40	566,21	271,01	418,07
	Saca	42,05	62,10	50,60	57,60	27,57	42,53
Rel. benefício/custo		0,87	1,25	1,03	1,16	0,67	1,01
Milho							
Custo total	R\$	515,12	512,12	512,62	513,12	484,16	484,67
	US\$	572,36	569,02	569,58	570,13	537,96	538,52
	Saca	81,53	81,06	81,14	81,22	76,63	76,71
Receita bruta	R\$	529,45	492,62	500,26	506,70	521,99	522,18
	US\$	588,28	547,35	555,84	563,00	579,99	580,20
	Saca	83,80	77,97	79,18	80,20	82,62	82,65
Rel. benefício/custo		1,03	0,96	0,98	0,99	1,08	1,08

¹ Grade = preparo com grade aradora de discos; Arado = preparo com arado reversível com duas aivecas; Sem Preparo = semeadura direta sobre resíduos do cultivo anterior.

² US\$ 1,00 = R\$ 0,90 (10/4/95). Preço mínimo do arroz (sc. 60 kg) = US\$ 9,83. Preço mínimo do milho (sc. 60 kg) = US\$ 7,02.

³ Saca de 60 kg de grãos.

ticipação no custo de produção de milho, correspondendo aproximadamente a 30% no preparo com Grade e com Arado, e a 32% com o Sem Preparo. Silveira et al. (1994) também verificaram que o fertilizante foi o insumo de maior custo em sistemas agrícolas com rotação de culturas anuais.

Em virtude de o sistema agrícola irrigado por aspersão, pivô central, requerer altos investimentos, principalmente na infra-estrutura adequada, é necessário que seja cultivado intensiva e eficientemente durante todo o ano. As culturas avaliadas em sucessão ao feijoeiro mostraram ser alternativas viáveis para o sistema.

CONCLUSÕES

1. O tratamento Sem Preparo é menos eficaz que os sistemas de preparo com Grade ou com Arado quanto ao rendimento de arroz.

2. O tratamento Sem Preparo, em relação aos demais sistemas de preparo de solo, apresenta, na cultura do arroz, as menores relações benefício/custo; na cultura do milho, apresenta valores um pouco superiores aos dos demais e, na do feijoeiro, retorno econômico mais expressivo que os demais.

3. A adubação baseada na análise do solo propicia rendimento de grãos de feijão semelhante ao obtido com a adubação comumente usada na propriedade.

4. O milho é a cultura antecessora que propicia a melhor produtividade do feijoeiro.

5. A sucessão feijão/milho é mais eficaz que a feijão/arroz.

6. Quanto ao custo de produção, o arroz é menos oneroso, seguido do milho e do feijão.

7. O tratamento Sem Preparo é o sistema com menor custo de produção.

REFERÊNCIAS

- BENATTI, R.; FRANÇA, G.V.; FREIRE, O. Influência do tipo de arado da profundidade de aração sobre a produção de culturas anuais em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. *Engenharia Agrícola*, Botucatu, v.5, n.2, p.15-20, 1981.
- CASTRO, O.M. de; VIEIRA, S.R.; MARIA, I.C. de. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. *Anais... Campinas: Fund. Cargill*, 1987. p.27-51.
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Sistemas de preparo de solos de cerrado: efeitos nas propriedades físicas e na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.2, p.315-324, 1992.
- CHAPLIN, J.; LUEDERS, M.; RUGG, D. A study of compaction and crop yields in loamy sand soil after seven years of reduced tillage. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.29, n.2, p.389-392, 1986.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOLÁS. *Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5ª Aproximação*. Goiânia: UFG/EMGOPA, 1988. 101p. (Convênio Informativo Técnico, 1).
- FERREIRA, E. Controle integrado de insetos-pragas do arroz no Brasil. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. *Anais... Goiânia: Embrapa-CNPAP*, 1991. p.164-177. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 25).
- FERREIRA, E. Controle integrado de pragas. In: FERREIRA, M.E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Eds.). *Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade*. Jaboticabal: UNESP, 1983. p.323-341.
- JENNINGS, P.R.; JESUS, J. de. Studies on competition in rice. I. Competition in mixtures of varieties. *Evolution*, New York, v.22, p.119-124, 1968.
- MALAVOLTA, E. *Micronutrientes na adubação*. São Paulo: Nagey, 1986. 70p.
- SANTOS, A.B. dos; FERREIRA, E.; AQUINO, A.R.L. de; SANT'ANA, E.P.; BALT, A.F. População de plantas e controle de pragas em arroz com complementação hídrica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.4, p.397-404, 1988.
- SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Influência da cultivar e do número de inoculações na severidade da mancha angular (*Isariopsis griseola*) e nas perdas na produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.17, p.247-251, 1992.
- SILVEIRA, P.M. da; SILVA, S.C. da; SILVA, O.F. da; DAMACENO, M.A. Estudo de sistemas agrícolas irrigados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.8, p.1243-1252, 1994.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. *Irrigação do feijoeiro*. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1986. 31p. (Embrapa-CNPAP. Circular Técnica, 20).
- STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos; STEINMETZ, S. Influência de práticas culturais na capacidade de retenção de água do solo e no rendimento de arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.15, n.1, p.63-68, 1980.