

EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DA TERRA E RENDIMENTOS DAS CULTURAS EM CONSÓRCIO¹

CARLOS MARCÍRIO NAUMANN MACHADO², NILSON GILBERTO FLECK³
e RODRIGO SALDANHA DE SOUZA⁴

RESUMO - Um experimento de campo envolvendo os monocultivos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e milho (*Zea mays* L.) e o consórcio destas espécies, duas a duas, foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRS), em Guaíba, RS, durante o ano agrícola de 1981/82. Os principais objetivos da pesquisa foram os de comparar consórcios e monocultivos quanto à eficiência na utilização da terra, e verificar o comportamento individual das culturas em consórcio. Todos os sistemas de cultivo, semeados na mesma época, foram submetidos a dois níveis de adubação nitrogenada (0 e 80 kg/ha) e dois níveis de controle de plantas daninhas (com e sem capina). As três consorciações proporcionaram índices de uso eficiente da terra (UETs) superiores aos dos monocultivos correspondentes. O girassol demonstrou elevada habilidade competitiva quando associado ao feijão ou ao milho. O feijão proporcionou maiores respostas à presença simultânea de nitrogênio e controle de ervas quando consorciado ao milho, em relação à sua associação com girassol.

Termos para indexação: feijão, girassol, milho, competição.

EFFICIENCY IN LAND UTILIZATION AND YIELD OF CROPS IN ASSOCIATION

ABSTRACT - A field experiment evaluating dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.), corn (*Zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) as sole crops as well as the intercropping of these species two by two was conducted during the 1981/82 growing season at the Agronomic Experimental Station of the Federal University of Rio Grande do Sul in Guaíba, RS, Brazil. The main objectives of this research were to compare the efficiency of monocultures and intercrops in land utilization and evaluate the individual behavior of crop species when submitted to interplant competition. All the crop systems, seeded at the same date, were submitted to two nitrogen fertilization levels (0 and 80 kg/ha) and to two weed control practices (with and without hoeing). The Land Equivalent Ratios (LER), a measure of land use efficiency, showed greater indices for the intercropping systems as to the correspondent sole crops. Sunflower demonstrated high competition ability when associated with beans or corn. The response of dry beans to nitrogen fertilizer and to weed control was higher when intercropped with corn than when associated with sunflower.

Index terms: beans, sunflower, corn, competition.

INTRODUÇÃO

A produção agrícola está baseada, em grande parte, nas produções obtidas em pequenas propriedades. Nestas, tradicionalmente, desenvolveu-se uma agricultura de subsistência, caracterizada pelo

emprego da prática de associar diferentes culturas na mesma área e na mesma estação de crescimento.

No Brasil, cerca de 67% dos produtores de feijão, perfazendo 64% da produção desta cultura, adotam o cultivo consorciado, notadamente com a cultura do milho. Com relação ao milho, 68% dos produtores, envolvendo 46% da produção deste cereal, utilizam o consórcio em suas propriedades (Fundação IBGE 1975).

No entanto, paradoxalmente, há poucos estudos sobre a prática de associar culturas, em particular no Estado do Rio Grande do Sul. Nos últimos anos, tem-se verificado crescente interesse, por parte dos órgãos de pesquisa, em estudos de métodos e práticas que maximizem a rentabilidade por unidade de área cultivada. Tais estudos visam, entre outros objetivos, comparar monoculturas e consorciações quanto à eficiência global na utilização de uma determinada área da terra.

¹ Aceito para publicação em 23 de janeiro de 1984.

Parte da Dissertação apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre em Agronomia (Fitotecnia), pela Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre, RS. Trabalho financiado pelo CNPq, PME/SEPLAN e PROPESP/UFRS.

² Eng^o - Agr^o, Estudante do Curso de Pós-Graduação, UFRS/Faculdade de Agronomia, Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 776, CEP 90000 Porto Alegre, RS.

³ Prof.-Adjunto, Ph.D., Bolsista do CNPq, UFRS/Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS.

⁴ Acadêmico do Curso de Graduação, UFRS/Faculdade de Agronomia, Bolsista da PROPESP/UFRS, Porto Alegre, RS.

O parâmetro mais utilizado pelos pesquisadores nestas comparações tem sido o índice de uso eficiente da terra (UET). Este índice pode ser definido como "a área de terra necessária com as culturas em monocultivo para proporcionar um rendimento equivalente ao obtido com as culturas associadas, considerando igual área de terra cultivada" (Andrews & Kassam 1976, Francis et al. 1978, Crookston & Hill 1979, Willey 1979a, Mead & Willey 1980).

Trabalhos experimentais, com base no UET, têm evidenciado maior eficiência produtiva em sistemas consorciados, em relação aos respectivos monocultivos (Willey & Osiru 1972, Osiru & Willey 1972, Garcia & Pinchinat 1976, Rao & Willey 1980). Estas vantagens têm sido atribuídas principalmente à melhor utilização dos recursos disponíveis, como água, luz e nutrientes (Willey & Osiru 1972, Trenbath 1974, Crookston 1976).

Para a realização deste trabalho foram selecionadas as culturas de feijão, girassol e milho. O consórcio de milho e feijão, especialmente em função da importância destas culturas, é uma prática tradicional no meio rural. O girassol, considerado possível alternativa para a agricultura brasileira, devido ao elevado teor e qualidade do óleo, também foi selecionado a fim de verificar seu comportamento em sistemas consorciados.

O objetivo proposto para esta pesquisa foi o de comparar consórcios e monocultivos quanto à eficiência na utilização da terra, sob diferentes condições de manejo, além de verificar o comportamento dos rendimentos individuais das culturas nos diferentes sistemas de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos experimentais foram conduzidos a campo, durante a estação de crescimento de 1981/82, no município de Guaíba, RS, na região fisiográfica da Depressão Central.

Segundo dados da Estação Agrometeorológica da EEA/URFS, durante o período de observação de 1968-1977, a temperatura média anual foi de 19,6°C e a precipitação pluviométrica, média anual, de 1.398 mm. Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentam, freqüentemente, períodos de deficiências hídricas (Beltrame et al. 1979). Os dados referentes à precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial por decênios do local, no período de julho de 1981 a fevereiro

de 1982, assim como os períodos de permanência das culturas no campo, independentemente do sistema de cultivo utilizado, estão ilustrados na Fig. 1.

O solo onde foi instalado o experimento pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Laterítico Bruno-Avermelhado Distrófico (Brasil 1973). A análise prévia do solo mostrou as seguintes características: textura franca, pH (SMP) de 6,5; 12,5 ppm de P_2O_5 ; 80 ppm de K_2O ; e 1,7% de matéria orgânica.

A adubação de manutenção foi realizada de modo uniforme sobre a área experimental um dia antes da semeadura das culturas. Esta adubação foi constituída por 20 kg/ha de N, 60 kg/ha de P_2O_5 e 50 kg/ha de K_2O .

O preparo do solo constou de uma aração e uma gradeação, realizadas um mês antes da semeadura, e de mais uma gradeação após a distribuição do adubo sobre o terreno.

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas sub-subdivididas, dispostas em blocos ao acaso, com quatro repetições.

Nas parcelas principais foi localizado o fator adubação nitrogenada em cobertura, com adição de 80 kg/ha de N e sem adição de N em cobertura. Nas subparcelas foi localizado o fator controle de plantas daninhas, com controle através de capinas e sem controle. Os diferentes sistemas de cultivo foram dispostos nas sub-subparcelas, e constituíram-se dos monocultivos de feijão, girassol e milho e das consorciações destas espécies, duas a duas.

As escalas dos estádios de crescimento das culturas utilizadas para referência épocas de aplicação dos tratamentos foram as sugeridas por Azael (1976) para o feijão, Siddiqui et al. (1975) para o girassol, e Hanway (1963) para o milho.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada usando-se como fonte o sulfato de amônio (21% de nitrogênio). Esta adubação foi parcelada em duas etapas. Na primeira, foram adicionados 60 kg/ha de N, quando as culturas apresentavam plantas nos estádios de crescimento IV-2 (feijão), 1.3 (girassol) e 1 (milho), o que correspondeu a 25 dias após a emergência. A parcela complementar do tratamento com adição de nitrogênio (20 kg/ha de N) foi adicionada quando as culturas se encontravam nos estádios VI (feijão), 3.2 (girassol) e 2 (milho), ou seja, 45 dias após a emergência.

O controle de plantas daninhas foi realizado através de duas capinas manuais, realizadas aos 36 e 65 dias após a emergência das culturas, respectivamente. A avaliação dos estádios de crescimento mostrou que, por ocasião da primeira capina, as culturas se encontravam nos estádios IV-6 (feijão), 2.1 (girassol) e 1 (milho). Por ocasião da segunda capina, o feijão se encontrava no estádio VI, o girassol no 3.4 e o milho no estádio 3.

As sub-subparcelas dos diferentes sistemas de cultivo que foram avaliados no experimento apresentaram as seguintes características:

a. Feijão em monocultivo: oito fileiras de 6 m de comprimento, distanciadas entre si por 0,5 m, contendo onze

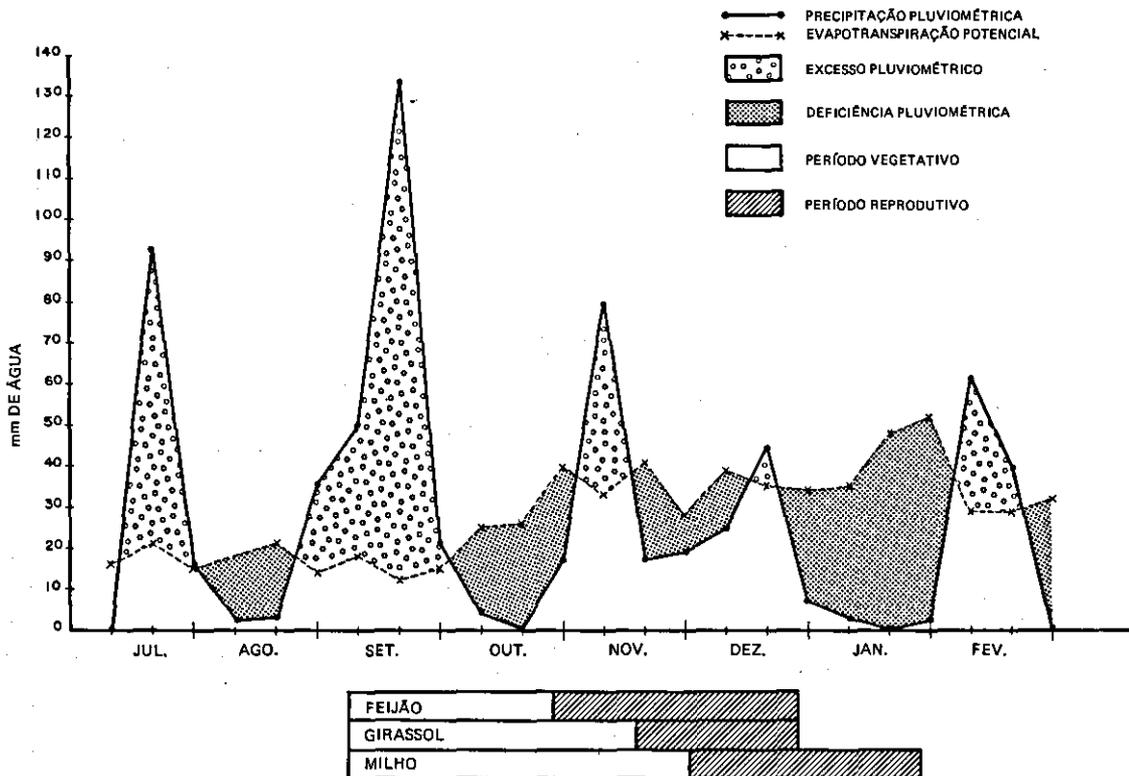


FIG. 1. Período de permanência das culturas no campo e deficiências e excessos pluviométricos ocorridos de julho/1981 a fevereiro/1982, na EEA/UFERS, Guaíba, RS. Evapotranspiração calculada pelo método de Penman & Bavel.

plantas por metro. A área útil colhida para avaliar o rendimento de grãos foi de 8 m² (quatro fileiras centrais com bordadura de 1 m em cada uma das extremidades da sub-subparcela).

b. Girassol em monocultivo: quatro fileiras de 6 m de comprimento, distanciadas entre si por 1 m. O espaçamento entre plantas, dentro da fila, foi de 0,20 m (cinco plantas por metro). A área útil colhida foi de 8 m² (duas filais centrais).

c. Milho em monocultivo: do mesmo modo que o monocultivo de girassol.

d. Consórcio feijão + girassol: quatro fileiras de feijão, distanciadas entre si por 1 m, com onze plantas por metro de fila. A área útil foi de 9 m² (três filais centrais). O girassol participou com quatro fileiras, distanciadas entre si por 1 m, com espaçamento de 0,4 m entre plantas dentro da fila (2,5 plantas por metro). A área útil considerada para o girassol foi de 8 m² (duas filais centrais).

e. Consórcio feijão + milho: do mesmo modo que o consórcio feijão + girassol.

f. Consórcio girassol + milho: quatro fileiras de girassol e quatro fileiras de milho, com 1 m de distância entre filais

de uma mesma cultura. O espaçamento entre plantas dentro da fila foi de 0,4 m. A área útil considerada para cada cultura foi de 8 m² (duas filais centrais).

As densidades populacionais estabelecidas para as monoculturas foram de 220 mil plantas/ha para o feijão e 50 mil plantas/ha para girassol e milho. Nas consorciações, em todos os casos, cada cultura participou com a metade da população do respectivo monocultivo.

A cultivar de feijão utilizada foi 'Guateian 6662', de hábito arbustivo e indeterminado. Os híbridos utilizados para girassol e milho foram, respectivamente, 'Conti GH 8121', de ciclo médio e porte baixo, e 'Pioneer 6872', de ciclo precoce e grãos semidentados.

O feijão foi semeado no dia 8 de setembro de 1981; o girassol e o milho, um dia depois. O feijão foi inoculado em todos os casos. Todas as culturas foram semeadas com implementos manuais. Quando o feijão se encontrava com a segunda folha trifoliolada expandida (estádio IV-2), foi realizado um desbaste para onze plantas/m. Nas culturas de girassol e milho foram colocadas três sementes por cova. Quando o girassol apresentava o segundo par de folhas

opostas formadas (estádio 1.3) e o milho apresentava a região ligular da quinta folha visível (estádio 1), foi realizado um desbaste, tendo sido mantida uma planta de cada cultura por cova.

A emergência das plantas de feijão e girassol ocorreu onze dias após a semeadura. O milho emergiu doze dias após a data da semeadura.

O feijão e o girassol foram colhidos 98 dias após a emergência, quando o feijão se encontrava no estágio VIII e o girassol no estágio 5.3. O milho foi colhido 130 dias após a emergência, ocasião em que se encontrava no estágio 10.

Índice de uso eficiente da terra (UET) - O conceito de UET foi assumido tal como descrito por Mead & Willey (1980). Como o experimento foi realizado com três associações distintas, foram realizadas três análises de variância para o UET. Cada uma destas análises envolveu o UET obtido para uma determinada associação e o UET dos monocultivos correspondentes. O cálculo do UET foi realizado de acordo com Willey (1979a), Mead & Willey (1980) e Oyejola & Mead (1982).

Em todos os cálculos foi considerada sempre a mesma tecnologia para todos os sistemas de cultivo comparados. Desta maneira, para cada sub-subparcela, foi obtido um valor de UET. Outro aspecto considerado, de acordo com Willey (1979a) e Mead & Willey (1980), foi o relacionado com os UETs parciais de cada cultura. Estes valores foram utilizados para evidenciar efeitos competitivos de uma cultura sobre outra, em uma determinada associação, além de possibilitar a determinação das áreas de terra necessárias para cada cultura em monocultivo, de modo a haver similaridade com os rendimentos obtidos no consórcio. A contribuição relativa de uma cultura para o UET total, obtido em uma associação, derivou da razão entre o seu UET parcial e o UET total do sistema.

Rendimento de grãos das culturas - O rendimento de grãos das culturas foi avaliado para quantificar o comportamento desta variável nas diferentes tecnologias e sistemas de cultivo empregados. Este valor foi utilizado, também, no cálculo do índice de uso eficiente da terra. Para todas as culturas o rendimento de grãos foi calculado e expresso em kg/ha, a 13% de umidade.

RESULTADOS

Eficiência na utilização da terra

De acordo com a análise de variância, o UET não se modificou em função das diferentes tecnologias utilizadas ou devido à interação entre os fatores adubação nitrogenada e controle de ervas nas comparações que envolveram os sistemas de cultivo feijão + milho e girassol + milho com seus monocultivos correspondentes. Ou seja, o UET variou

somente em função do sistema de cultivo utilizado. Por outro lado, o UET na associação feijão + girassol foi influenciado estatisticamente pela tríplice interação, adubação nitrogenada x controle de plantas daninhas x sistemas de cultivo.

Sistema de cultivo feijão + girassol - O índice de uso eficiente da terra obtido na associação feijão + girassol variou conforme a tecnologia adotada (Tabela 1). Em todas as situações, o UET originado na associação superou estatisticamente o valor atribuído ao monocultivo. As percentagens de incremento na utilização da terra, em relação aos monocultivos de feijão e girassol nas mesmas condições, variaram de 25,4 a 59,4%. Os maiores valores obtidos para o UET (1,594 e 1,486) foram constituídos por participações diferenciadas de cada cultura. Dessa maneira, na ausência da adubação nitrogenada e do controle de ervas, o feijão contribuiu com 38% para o UET total do sistema. O girassol, nesta situação, apresentou uma contribuição relativa de 62%. Por outro lado, na presença do adubo nitrogenado e do controle de ervas, a contribuição do feijão para o UET do sistema foi de 22%, enquanto a participação do girassol alcançou 78%.

Sistema de cultivo feijão + milho - O sistema de cultivo feijão + milho proporcionou um UET de 1,181, evidenciando uma eficiência na utilização da terra em torno de 18% superior em relação aos monocultivos de feijão e milho (Tabela 2). As contribuições relativas de cada cultura para o UET do sistema (Tabela 2) mostraram uma participação de 45% para o feijão e de 55% para o milho.

Sistema de cultivo girassol + milho - Foi obtido o valor de 1,299 para o UET da associação girassol + milho, indicando que este sistema de cultivo aumentou a eficiência de uso da terra aproximadamente 30% em relação aos monocultivos de girassol e de milho (Tabela 3). Quanto às participações de cada cultura no UET total do sistema, o girassol participou com 66%, enquanto o milho contribuiu com 34% (Tabela 3).

Rendimento de grãos das culturas

Feijão - A análise da variância para o rendimento de grãos do feijão mostrou significância estatística para a interação tríplice, adubação nitrogenada

TABELA 1. Índices de uso eficiente da terra (UET) global e parciais e contribuições relativas das culturas para o UET da associação feijão + girassol, de acordo com a tecnologia utilizada, EEA/UFRS, Guaíba, RS, 1981/82.

Tecnologias utilizadas	Feijão		Girassol		UET da associação
	UETs parciais	Contribuições relativas	UETs parciais	Contribuições relativas	
Com adubação nitrogenada, com controle de ervas	0,330	22%	1,156	78%	1,486*
Sem adubação nitrogenada, sem controle de ervas	0,600	38%	0,994	62%	1,594*
Sem adubação nitrogenada, com controle de ervas	0,439	32%	0,934	68%	1,373*
Com adubação nitrogenada, sem controle de ervas	0,415	33%	0,838	67%	1,254*

* Valores estatisticamente superiores ao UET do monocultivo de feijão e girassol pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV (%): erro (A) = 13,3; erro (B) = 6,7; erro (C) = 11,7.

TABELA 2. Índices de uso eficiente da terra (UET) global e parciais e contribuições relativas das culturas para o UET da associação feijão + milho, EEA/UFRS, Guaíba, RS, 1981/82.

UET da associação	Culturas	UETs parciais	Contribuições relativas
1,181*	Feijão	0,531	45%
	Milho	0,650	55%

* Estatisticamente superior ao UET do monocultivo de feijão e milho pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV (%): erro (A) = 14,9; erro (B) = 17,6; erro (C) = 15,8.

da x controle de plantas daninhas x sistemas de cultivo (Tabela 4). A comparação do efeito do adubo nitrogenado sobre o rendimento de grãos de feijão, nos três sistemas de cultivo, evidenciou que ausência de nitrogênio determinou rendimentos estatisticamente inferiores no monocultivo de feijão e no feijão associado ao milho. As reduções no rendimento de grãos do monocultivo, ocasionadas pela falta de adubo nitrogenado, foram de 46 e 36%, respectivamente com e sem controle de plantas daninhas. Associado ao milho, a falta de ni-

TABELA 3. Índices de uso eficiente da terra (UET) global e parciais e contribuições relativas das culturas para o UET da associação girassol + milho, EEA/UFRS, Guaíba, RS, 1981/82.

UET da associação	Culturas	UETs parciais	Contribuições relativas
1,299*	Girassol	0,858	66%
	Milho	0,441	34%

* Estatisticamente superior ao UET do monocultivo de girassol e milho pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV (%): erro (A) = 10,9; erro (B) = 10,6; erro (C) = 10,7.

trogênio ocasionou decréscimos de 45 e 53% no rendimento do feijão, respectivamente com e sem controle de ervas. O rendimento de grãos do feijão associado ao girassol, sob os dois níveis do fator controle de plantas daninhas, não manifestou respostas significativas ao efeito da adubação nitrogenada.

De um modo geral, quando não foi utilizado o controle de plantas daninhas, o rendimento do feijão foi inferior aos registrados onde ocorreu o controle de ervas. Exceção ocorreu no sistema de cul-

TABELA 4. Rendimento de grãos de feijão obtidos em monocultivo e em associações, conforme a tecnologia utilizada, EEA/UFRS, Guaíba, RS, 1981/82.

Sistemas de cultivo	Rendimento de grãos (kg/ha) *			
	Adubação nitrogenada			
	Com nitrogênio		Sem nitrogênio	
	Controle de plantas daninhas		Controle de plantas daninhas	
	Com controle	Sem controle	Com controle	Sem controle
Monocultivo	A A 1.873 a	B 862 a A	B A 1.013 a	B 551 a B
Feijão + girassol	A A 619 c	B 343 b A	A A 443 b	A 327 b A
Feijão + milho	A A 910 b	B 520 b A	B A 498 b	B 245 b B

* Grãos com 13% de umidade.

Médias seguidas por letras minúsculas idênticas, numa coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Médias antecedidas por letras maiúsculas idênticas, na horizontal e dentro do mesmo nível do fator adubação nitrogenada, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Médias abaixo ou acima de letras maiúsculas idênticas, na horizontal e dentro do mesmo nível do fator controle de plantas daninhas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV (%): erro (A) = 14,1; erro (B) = 21,8; erro (C) = 17,9.

tivo feijão + girassol sem adição de adubo nitrogenado. Neste sistema não foi constatada diferença significativa no rendimento do feijão, entre os dois níveis do fator controle de plantas daninhas. Relativamente ao monocultivo do feijão, na presença de nitrogênio, a não-utilização do controle de ervas propiciou um decréscimo no rendimento de, aproximadamente, 54%. Na mesma situação, os decréscimos nos rendimentos de feijão, ocasionados pela inexistência de controle de ervas, foram de 45 e 43%, respectivamente para os sistemas feijão + girassol e feijão + milho. Por outro lado, sem a adição do adubo nitrogenado, o rendimento do feijão em monocultivo experimentou um decréscimo em torno de 46%, ocasionado pela ausência do controle de plantas daninhas. As reduções nos rendimentos do feijão consorciado ao milho e ao girassol, causadas pela falta do controle

de ervas daninhas, foram de 51 e 26%, respectivamente, sendo que esta última já foi referida como estatisticamente não-significativa.

Quanto aos sistemas de cultivo, em todos os casos, os rendimentos obtidos nos monocultivos superaram os obtidos nas associações. Comparações entre os rendimentos do feijão, obtidos nas associações com girassol ou milho (Tabela 4), demonstraram equivalência estatística em todos os casos, exceto onde ocorreu, simultaneamente, adição de adubo nitrogenado e utilização de controle de ervas. Nesta situação, o rendimento do feijão associado ao milho foi superior 47% em relação ao rendimento do feijão obtido na consorciação com o girassol.

Girassol - A análise da variância para o rendimento de grãos do girassol evidenciou significância para os efeitos dos fatores controle de plantas da-

ninhas e sistemas de cultivo. Quando não foi utilizado controle de plantas daninhas, o rendimento do girassol decresceu aproximadamente 29% (Tabela 5). Na Tabela 6, estão colocados os rendimentos obtidos nos diferentes sistemas de cultivo. O monocultivo de girassol proporcionou um rendimento de grãos estatisticamente equivalente ao obtido na associação feijão + girassol. Foi registrado decréscimo em torno de 16% no rendimento do girassol quando de sua associação com o milho, em relação ao rendimento obtido no monocultivo de girassol. Embora a diferença entre os rendimentos do girassol obtidos nas associações tenha sido em torno de 12%, favorecendo a associação feijão + girassol, não foi detectada diferença estatística nesta comparação.

Milho - A análise da variância para o rendimento de grãos de milho indicou significância tanto

TABELA 5. Influência do controle de plantas daninhas sobre o rendimento de grãos do girassol, EEA/UFRS, Guaíba, RS, 1981/82.

Controle de plantas daninhas	Rendimento de grãos (kg/ha)*
Com controle	1.432 a
Sem controle	1.021 b

* Grãos com 13% de umidade.

Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6. Influência dos sistemas de cultivo sobre o rendimento de grãos de girassol, EEA/UFRS, Guaíba, RS, 1981/82.

Sistemas de cultivo	Rendimento de grãos (kg/ha)*
Monocultivo	1.318 a
Girassol + feijão	1.249 ab
Girassol + milho	1.113 b

* Grãos com 13% de umidade.

Médias seguidas por letras idênticas não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV (%): erro (A) = 41,8; erro (B) = 22,3; (C) = 16,7.

para o efeito adubação nitrogenada quanto para a interação controle de plantas daninhas x sistemas de cultivo. Quanto ao primeiro efeito (Tabela 7), a ausência de nitrogênio reduziu 45% o rendimento de grãos de milho. Os dados relativos à interação controle de plantas daninhas x sistemas de cultivo (Tabela 8) evidenciaram rendimentos estatisticamente superiores nos monocultivos. Nos dois sistemas associados, quando não ocorreu controle de plantas daninhas, os rendimentos de grãos de milho mostraram-se equivalentes. No entanto, com a utilização do controle de plantas daninhas,

TABELA 7. Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento de grãos do milho, EEA/UFRS, Guaíba, RS, 1981/82.

Adubação nitrogenada	Rendimento de grãos (kg/ha)*
Com nitrogênio	2.495 a
Sem nitrogênio	1.369 b

* Grãos com 13% de umidade.

Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 8. Influência do controle de plantas daninhas e dos sistemas de cultivo sobre o rendimento de grãos de milho, EEA/UFRS, Guaíba, RS, 1981/82.

Sistemas de cultivo	Rendimento de grãos (kg/ha)*	
	Controle de plantas daninhas	
	Com controle	Sem controle
Monocultivo	A 3.778 a	B 1.738 a
Milho + feijão	A 2.576 b	B 1.096 b
Milho + girassol	A 1.559 c	B 845 b

* Grãos com 13% de umidade.

Médias seguidas por letras minúsculas idênticas, numa coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Médias antecedidas por letras maiúsculas idênticas, na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV (%): erro (A) = 17,9; erro (B) = 15,3; erro (C) = 16,9.

foi verificado um incremento mais elevado no rendimento do milho consorciado com o feijão, significativamente superior ao rendimento do milho obtido na associação girassol + milho. Nos três sistemas de cultivo, a não-utilização do controle de ervas ocasionou decréscimos significativos no rendimento do milho. Estes decréscimos foram, respectivamente, de 45, 57 e 46%, para o monocultivo e para as associações com o feijão e o girassol.

DISCUSSÃO

O enfoque da discussão será no sentido de comparar as associações com seus respectivos monocultivos. Juntamente com esta abordagem, será analisado o comportamento individual das culturas nos diferentes sistemas de cultivo, em relação aos efeitos dos fatores adubação nitrogenada e controle de plantas daninhas. Para colocar em bases comparáveis os rendimentos das culturas em consórcio, em relação aos monocultivos correspondentes, foi considerado que os três monocultivos possuíam pressões de população comparáveis (Willey 1979b). Deste modo, embora as culturas participassem com a metade da densidade populacional nos consórcios, a pressão total de população foi mantida teoricamente semelhante à registrada em cada monocultivo. Para tanto, foi assumida uma relação de equivalência entre plantas de diferentes espécies, de modo que uma planta de girassol ou de milho equivalesse a quatro plantas de feijão. Conseqüentemente, assumindo como válida esta relação de equivalência, se as competições intra e interespecíficas atuassem em graus semelhantes, os rendimentos esperados para cada cultura em consórcio equivaleriam à metade daqueles obtidos nos respectivos monocultivos. Ou seja, os UETs obtidos nas associações não seriam diferentes da unidade, já que os UETs parciais de cada cultura seriam iguais a 0,5.

Um aspecto que variou conforme o sistema de cultivo utilizado, foi o arranjo das culturas. Assim, por exemplo, as plantas de girassol ou de milho, em consórcio, receberam o dobro do espaçamento dentro da fileira, em relação aos monocultivos. Para o feijão, por outro lado, variou o espaçamento entre fileiras, mas foi mantido inalterado dentro

da fileira. De qualquer modo, o arranjo diferencial das culturas pode ser interpretado como uma característica inerente a cada sistema de cultivo.

As três consorciações avaliadas no experimento tornaram mais eficiente a utilização da terra, em relação aos monocultivos, em igual nível de tecnologia. No entanto, o UET do consórcio feijão + girassol foi variável de acordo com a tecnologia adotada (Tabela 1), embora tenha superado, em todas as situações, os índices dos monocultivos correspondentes. Esta variação nos valores do UET do consórcio, conforme o manejo adotado, não está a indicar superioridade de um valor sobre outro. Deve-se considerar que os denominadores utilizados para os cálculos dos UETs (rendimentos das culturas em monocultivo) foram variáveis em função do manejo utilizado. Deste modo, por exemplo, o maior valor obtido, 1,594, sem nitrogênio e sem controle de ervas, mostra somente que, nesta situação, o consórcio superou 59% o rendimento combinado dos monocultivos.

Estes resultados indicam que, mesmo tendo havido coincidência nos períodos de maiores exigências para o feijão e girassol (Fig. 1), ocorreu melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Esta melhor utilização dos recursos provavelmente está relacionada com a elevada cobertura do solo, proporcionada por este sistema (Machado 1983). Tal aspecto, associado às diferenças morfológicas entre as duas espécies, certamente proporcionou maior aproveitamento da radiação solar.

Em uma determinada associação, mesmo havendo UET superior à unidade, devem sempre ser observadas as necessidades do produtor rural. Desta maneira, o consórcio feijão + girassol só poderia ser recomendado como realmente vantajoso, se o girassol fosse utilizado como cultura principal, devido à sua ampla dominação do ambiente em relação ao feijão (Tabela 1). O rápido crescimento inicial, juntamente com a disposição horizontal das folhas, devem ter levado o girassol a predominar na recepção da radiação fotossinteticamente ativa. Os rendimentos obtidos para o girassol no consórcio foram bastante superiores aos rendimentos esperados. Provavelmente, para o girassol, a competição interespecífica foi bem menor do que a competição intra-específica. Praticamen-

te, o girassol não foi afetado pela competição exercida pelo feijão (Tabelas 1 e 6), sofrendo um decréscimo de apenas 5% no rendimento de grãos, em relação ao seu monocultivo (Tabela 6). A utilização da metade da densidade populacional nos sistemas consorciados proporcionou alta capacidade de compensação nos componentes do rendimento do girassol, em relação ao seu monocultivo. Os resultados obtidos por Machado (1983) mostraram que o número de grãos por capítulo e o peso de grãos do girassol no consórcio foram superiores, explicando o elevado rendimento do girassol consorciado.

Aspecto relevante nas respostas proporcionadas pelo girassol foi a falta de efeito da adubação nitrogenada sobre o rendimento de grãos. O elevado coeficiente de variação obtido na parcela principal (Tabela 6) pode ter dificultado a obtenção de resposta significativa para o efeito da adubação nitrogenada sobre o rendimento do girassol.

De outro modo, embora tenha sido referida como espécie competitiva, o girassol respondeu significativamente à utilização do controle de ervas (Tabela 5). Deve ser salientado que o decréscimo no rendimento ocasionado pela falta de controle de ervas no girassol (29%), foi menor do que aquele ocasionado no feijão ou no milho (Tabelas 4 e 8)

As diferenças registradas para os valores de UET, conforme a combinação dos fatores adubação nitrogenada e controle de ervas (Tabela 1), parecem estar relacionadas ao comportamento diferencial do feijão, em função do sistema de cultivo utilizado. Associado ao girassol, o rendimento do feijão aumentou quando ocorreram, simultaneamente, a presença de nitrogênio e o controle de ervas (Tabela 4). Porém, relativamente ao monocultivo do feijão, ou ao rendimento do feijão associado ao milho, nas mesmas condições, o incremento proporcionado pelo adubo nitrogenado e pelo controle de ervas foi percentualmente reduzido. O UET parcial para o feijão, obtido com a presença simultânea de nitrogênio e controle foi, comparado aos demais, o menor (Tabela 1), fato que pode ser atribuído ao elevado rendimento do feijão em monocultivo. Isto significa que o monocultivo do

feijão, assim como o feijão associado ao milho, demonstraram maior habilidade em responder à adição de nitrogênio e controle de ervas, enquanto que, consorciado ao girassol, a mesma resposta não foi verificada. O feijão consorciado ao girassol não respondeu significativamente à adição de nitrogênio, nos dois níveis do fator controle de ervas (Tabela 4).

Assim, embora o girassol também não manifestasse resposta à adição de nitrogênio, não teria permitido que o feijão o fizesse, levando à idéia da canalização deste recurso para o seu desenvolvimento. De certa forma, o maior desenvolvimento do feijão associado ao milho, em relação ao feijão associado ao girassol, pode estar relacionado com o lento desenvolvimento do milho, comparado ao girassol. Além deste aspecto, deve ser considerado que as folhas do milho permitiram maior passagem da radiação solar para o estrato aéreo inferior, comparadas às folhas do girassol. Estas observações, aliadas à coincidência temporal do período de alta demanda para o feijão e girassol, explicam o maior aproveitamento do nitrogênio e do controle de plantas daninhas pelo feijão associado ao milho (Tabela 4).

Quanto aos consórcios feijão + milho e girassol + milho, a eficiência na utilização da terra não variou em função das combinações dos fatores adubação nitrogenada e controle de plantas daninhas (Tabelas 2 e 3). Ou seja, ocorreram proporcionalidades nas variações dos rendimentos das culturas, tanto em monocultivo quanto em consórcio, em função da combinação de nitrogênio e controle de ervas. Deve ficar claro, no entanto, que, embora os UETs não tenham variado, os rendimentos absolutos foram maiores com emprego de nível tecnológico mais elevado. Então, do mesmo modo que para o consórcio feijão + girassol, as consorciações feijão + milho e girassol + milho foram superiores aos monocultivos em todas as combinações possíveis dos fatores nitrogênio e controle de ervas. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Willey & Osiru (1972), que encontraram vantagens no consórcio feijão + milho, mesmo com elevadas condições de tecnologia. Os UETs parciais para feijão, milho e girassol (Tabelas 2 e 3) mostraram que, para os monocultivos de feijão e milho se equipararem ao consórcio feijão + milho,

seriam necessários 0,531 ha de feijão e 0,650 ha de milho. Para o consórcio girassol + milho, a área necessária com as culturas em monocultivo para proporcionar rendimento equivalente ao do consórcio, seria de 0,858 ha de girassol e 0,441 ha de milho. Estes dados permitem diferenciar o comportamento do milho conforme a cultura que o acompanhou no consórcio. Na consorciação feijão + milho, ambas as culturas renderam mais que o esperado, visto que o UET parcial de cada cultura foi superior a 0,5. Mesmo assim, pode ser constatado que o milho apresentou dominância sobre o feijão, uma vez que contribuiu com 55% para o UET da associação (Tabela 2). Desta leve dominância sobre o feijão, o milho passou a ser grandemente sobrepujado pelo girassol, quando em associação a esta espécie (Tabela 3).

Deve ser salientado que os rendimentos do milho, em todos os sistemas de cultivo, foram baixos (Tabelas 7 e 8). Este fato, provavelmente, esteve associado ao período de deficiência hídrica ocorrido durante a sua fase reprodutiva e até mesmo durante o período vegetativo (Fig. 1).

O efeito da adubação nitrogenada sobre o rendimento do milho foi similar em todos os sistemas de cultivo (Tabela 7). Segundo os resultados encontrados por Machado (1983), este efeito, de aumentos no rendimento, pode ser atribuído ao maior número de grãos por espiga obtido com adição de N.

Analisando o rendimento de grãos do milho, pode ser verificada uma resposta desuniforme e dependente do sistema de cultivo, em relação à alteração das condições ambientais (Tabela 8). Quando não ocorreu o controle de ervas, não foram registradas diferenças nos rendimentos do milho associado ao feijão ou girassol. Quando foi utilizado o controle de ervas, o rendimento do milho associado ao feijão superou o rendimento teórico esperado, enquanto que, associado ao girassol, esteve aquém do rendimento esperado (Tabela 8). Portanto, o controle de ervas daninhas incrementou o rendimento do milho em monocultivo e do milho associado ao feijão em uma proporção mais elevada, comparada ao aumento no rendimento do milho associado ao girassol.

No consórcio girassol + milho, quando ocorreu o controle, certamente houve redução na competi-

ção causada pelas ervas para as duas culturas. No entanto, considerando a alta taxa de crescimento do girassol, provavelmente ainda mais elevada com a eliminação das ervas, esta espécie pode ter exercido maior competição para o milho, já que o desenvolvimento inicial desta cultura foi menor.

Sem dúvida a vantagem do rendimento do milho associado com o feijão, em relação ao rendimento esperado, deveu-se à condição de maior vigor com que o milho alcançou o estágio reprodutivo, comparada com a condição do milho associado ao girassol.

Referindo de outra forma, na associação milho + feijão, a competição interespecífica foi menor do que a ocorrida no monocultivo de milho, enquanto que, na associação milho + girassol, ocorreu o oposto.

CONCLUSÕES

1. Em todos os níveis de manejo utilizados, as consorciações de culturas demonstraram eficiência superior na utilização da terra, em comparação com culturas exclusivas.
2. A prática do controle de plantas daninhas proporcionou aumentos nos rendimentos de todos os sistemas de cultivo avaliados.
3. O girassol evidenciou possibilidades de participar como cultura principal em sistemas consorciados, principalmente em consórcio com o feijão.
4. O feijão associado ao milho mostrou maior habilidade em responder aos recursos disponíveis, quando comparado ao feijão associado ao girassol.

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, D.J. & KASSAM, A.H. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In: MULTIPLE cropping. Madison, ASA, 1976. p.1-9.
- AZAEL, A. Numerical characterization of the development of the bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.). Turrialba, San José, 26(2):209-10, 1976.
- BELTRAME, J.F. de S.; TAYLOR, J.C. & CAUDURO, F. A. Probabilidade de ocorrência de déficits e excessos hídricos em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRS, 1979. 79p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. p.165. (Boletim Técnico, 30).

- CROOKSTON, R.K. Intercropping - a new version of an old idea. *Crops Soils Mag.*, Madison, 28(9):7-9, 1976.
- CROOKSTON, R.K. & HILL, D.S. Grain yields and Land Equivalent Ratios from intercropping corn and soybeans in Minnesota. *Agron. J.*, Madison, 71(1): 41-4, 1979.
- FRANCIS, C.A.; FLOR, C.A. & PRAGER, M. Effects of beans association on yields and yield components of maize. *Crop Sci.*, Madison, 18(5):760-4, 1978.
- FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. Colheita, tipo de cultivo e valor da produção dos principais produtos das lavouras temporárias, no ano de 1975, segundo a condição do produtor, a classe da atividade econômica e grupos de área total. In: _____ Censo Agropecuário, Brasil. Rio de Janeiro, 1975. p.124-5; 130-1. (Censos Econômicos).
- GARCIA, M.J. & PINCHINAT, A.M. Producción asociada de maíz y soya a diferentes densidades de siembra. *Turrialba*, San José, 26(4):409-11, 1976.
- HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.*, Madison, 55(5):487-92, 1963.
- MACHADO, C.M.N. Eficiência da consorciação de culturas na utilização da terra e no controle de plantas daninhas. Porto Alegre, UFRS, 1983. 120p. Tese Mestrado.
- MEAD, R. & WILLEY, R.W. The concept of a "Land Equivalent Ratio" and advantages in yields from intercropping. *Exp. Agric.*, Cambridge, 16:217-28, 1980.
- OSIRU, D.S.O. & WILLEY, R.W. Studies on mixtures of dwarf sorghum and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, 79:531-40, 1972.
- OYEJOLA, B.A. & MEAD, R. Statistical assessment of different ways of calculating Land Equivalent Ratios (LER). *Exp. Agric.*, Cambridge, 18:125-38, 1982.
- RAO, M.R. & WILLEY, R.W. Preliminary studies of intercropping combinations based on pigeonpea or sorghum. *Exp. Agric.*, Cambridge, 16:29-39, 1980.
- SIDDIQUI, M.Q.; BROWN, J.F. & ALLEN, S.J. Growth stages of sunflower and intensity indices for white blester and rust. *Plant Dis. Rep.*, St. Paul, 59(1): 7-11, 1975.
- TRENBATH, B.R. Biomass productivity of mixtures. *Adv. Agron.*, New York, 26:177-210, 1974.
- WILLEY, R.W. Intercropping - its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstr.*, Hurley, 32(1):1-10, 1979a.
- WILLEY, R.W. Intercropping - its importance and research needs. Part 2. Agronomy and research approaches. *Field Crop Abstr.*, Hurley, 32(2):73-84, 1979b.
- WILLEY, R.W. & OSIRU, D.S.O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, 79:517-29, 1972.