

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE DUAS CULTIVARES DE FEIJOEIRO SOB IRRIGAÇÃO, EM PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL¹

MÁRIO ARTEMIO URCHÉI², JOÃO DOMINGOS RODRIGUES³ e LUIS FERNANDO STONE⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar, através da análise de crescimento, os efeitos do plantio direto (PD) e do preparo convencional (PC) sobre o desenvolvimento de duas cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em dois espaçamentos diferentes, irrigadas via pivô central. O experimento foi conduzido no ano de 1994, em Senador Canedo, GO, a 16° 41' de latitude Sul, 49° 16' de longitude Oeste e 741 m de altitude. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas subsubdivididas, com oito tratamentos. Para avaliação da área foliar e da produção de matéria seca total (MST), foram feitas dez coletas periódicas a cada sete dias, com três plantas ao acaso e duas repetições. A análise de crescimento evidenciou que no sistema PD o feijoeiro aumentou a MST, o índice de área foliar, a taxa de crescimento da cultura, a taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e a duração da área foliar, ocorrendo diminuição da razão de área foliar. A cultivar Aporé destacou-se em relação à Safira, sem efeito para espaçamento. A análise de crescimento apresentou-se adequada para avaliar o desenvolvimento do feijoeiro.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, preparo de solo, cultivares, parâmetros fisiológicos.

GROWTH ANALYSIS OF TWO BEAN CULTIVARS UNDER IRRIGATION IN NO TILLAGE AND THE CONVENTIONAL TILLAGE

ABSTRACT - This work was carried out with the objective of evaluating, through the growth analysis, the effects of no tillage, and the conventional tillage on the development of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, sown in two different row spacings, under a center-pivot irrigation system. The experiment was carried in 1994, at Senador Canedo, Goiás State, Brazil, located at 16° 41' South, 49° 16' West, and 741 m above sea level. The experimental design was an entirely randomized with split-split-plot and eight treatments. For evaluating leaf area and dry matter production (W_t), ten samples were collected at seven days intervals, randomly taking three plants, replicated two times. The growth analysis showed that, in the no tillage system, the bean plant increased the W_t, the leaf area index, the crop growth rate, the relative growth rate, the net assimilation rate, and the leaf area duration, and decreased the leaf area ratio. The Aporé cultivar was better than Safira, without row spacing effect. The growth analysis was shown as an adequate tool for evaluating the development of the common bean plant.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, tillage systems, cultivars, physiological parameters.

INTRODUÇÃO

Na região do Cerrado, os sistemas agrícolas são pouco eficientes e com baixos índices de produtividade, caracterizados por elevadas taxas de degradação ambiental. Esse problema é decorrente, principalmente, do manejo inadequado da água e do solo, quando no preparo do solo há revolvimento excessivo, normalmente feito pelo uso intensivo de discos, em grades ou em arados, associado a outras práticas de cultivo, causando a pulverização

¹ Aceito para publicação em 31 de maio de 1999.

Extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP. Projeto financiado pelo CNPq.

² Eng. Agrôn., Dr., Embrapa-Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (CPAO), Caixa Postal 661, CEP 79804-970 Dourados, MS. E-mail: urchei@cpao.embrapa.br

³ Eng. Agrôn., Dr., Prof. Titular, Instituto de Biociências, UNESP, Caixa Postal 510, CEP 18618-000 Botucatu, SP.

⁴ Eng. Agrôn., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPaf), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO. E-mail: stone@cnpaf.embrapa.br

da camada arável e a compactação da camada subsuperficial (Freitas, 1992). Por sua vez, sistemas de manejo com menor revolvimento, como o cultivo mínimo ou o plantio direto, em virtude da maior proteção que conferem ao solo, da restrita mobilização da camada arável e da maior diversificação de espécies, têm sido mais viáveis sob as condições agroecológicas do Cerrado, conciliando produtividade satisfatória, economicidade e equilíbrio ambiental.

Para avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento. Segundo Kvet et al. (1971), a análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se como o elo de ligação entre o simples registro do rendimento das culturas e a análise destas por meio de métodos fisiológicos, podendo ser utilizada para conhecer a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, a competição interespecífica, os efeitos de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos. Pereira & Machado (1987) afirmam que a análise de crescimento representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais, requerendo informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados. Tais informações são a quantidade de material contido na planta toda e em suas partes (folhas, colmos, raízes e frutos), e o tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar), obtidas a intervalos de tempo regulares durante o desenvolvimento fenológico da planta.

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos do plantio direto (PD) e do preparo convencional (PC) no desenvolvimento das cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Safira e Aporé sob irrigação, em dois espaçamentos diferentes, através da análise de crescimento funcional.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em Senador Canedo, GO, a 16°41' de latitude Sul, 49°16' de longitude Oeste e 741 m de altitude, num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, de junho a setembro de 1994. As cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) avaliadas foram Safira e Aporé,

sob irrigação via pivô central, nos sistemas de manejo em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC), nos espaçamentos de 0,25 e 0,50 m. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, totalizando oito tratamentos (1: PD/Safira/0,25 m; 2: PD/Safira/0,50 m; 3: PD/Aporé/0,25 m; 4: PD/Aporé/0,50 m; 5: PC/Safira/0,25 m; 6: PC/Safira/0,50 m; 7: PC/Aporé/0,25 m; 8: PC/Aporé/0,50 m), com o preparo do solo ficando na parcela, a cultivar na subparcela e o espaçamento na subsubparcela, com duas repetições. Para os parâmetros fisiológicos calculados na análise de crescimento, não foram feitas as análises de variância, pois, sendo variáveis calculadas, não é possível afirmar que as mesmas obedeçam às pressuposições básicas para esse tipo de análise (Banzatto & Kronka, 1989).

O experimento foi conduzido numa área de 20.000 m², dotada de um sistema de irrigação tipo pivô central, subdividida em duas glebas de 50x200 m, cultivadas com a sucessão feijão/milho/arroz/feijão. A área com PD foi roçada previamente, recebendo posteriormente 3,0 L de glifosate + 1,5 L de 2,4-D por hectare, para dessecação do material remanescente da cultura anterior e controle das plantas daninhas. Já a área com PC recebeu uma gradagem + uma aração de discos + uma gradagem niveladora, seguida de aplicação de 2,0 L de trifluralina em pré-plantio incorporado (ppi) por hectare, mais uma gradagem superficial para incorporação do produto.

A semeadura foi feita nos dias 8 e 9 de junho de 1994, procurando-se deixar uma população final de 240 mil plantas por hectare, com uma adubação de plantio de 300 kg ha⁻¹ da formulação 4-30-16 + Zn, de acordo com a análise química do solo. A primeira adubação de cobertura foi feita aos 16 dias após a emergência (DAE), aplicando-se 15 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, enquanto aos 32 DAE procedeu-se à segunda adubação de cobertura, colocando-se 20 kg ha⁻¹ de N, também na forma de sulfato de amônio. O início da emergência das plântulas se deu em 15/6/94, e a emergência plena ocorreu no dia 19/6/94.

Para avaliação da área foliar (AF) e da matéria seca total (MST) foram feitas dez coletas periódicas a cada sete dias, a partir dos 16 DAE, utilizando-se de três plantas ao acaso, com duas repetições, em 6,0 metros lineares da cultura, em linhas distintas e afastadas umas das outras, sempre em locais diferentes em cada coleta. A AF foi determinada através de um integrador de área foliar portátil, fabricado pela LI-COR, modelo LI-3000, enquanto a MST foi definida como sendo a fitomassa de toda a planta, em gramas, exceto raízes, depois de seca em estufa a 75°C, e ajustada, em função do tempo, por uma equação exponencial quadrática (Portes & Castro Junior, 1991). A partir da

AF e MST foram calculados os seguintes parâmetros fisiológicos: a) índice de área foliar (IAF), determinado pela relação entre a AF média de uma planta, em m^2 , e a superfície correspondente de terreno, sendo as curvas ajustadas, em função do tempo, por uma equação exponencial quadrática (Portes & Castro Junior, 1991); b) taxa de crescimento da cultura (TCC), determinada por meio da derivada da equação ajustada da matéria seca total em relação ao tempo, em $g\ m^{-2}\ dia^{-1}$; c) taxa de crescimento relativo (TCR), expressa em $g\ g^{-1}\ dia^{-1}$ e calculada pelo quociente entre a TCC e a MST; d) taxa assimilatória líquida (TAL), determinada pela razão entre a TCC e o IAF, em $g\ m^{-2}\ dia^{-1}$; e) razão de área foliar (RAF), definida como sendo o quociente entre a AF e a MST; e f) duração da área foliar (DAF), determinada em dias, integrando-se o IAF em relação ao tempo.

O manejo da irrigação foi realizado por meio de 32 tensiômetros de mercúrio, instalados na linha de plantas, nas profundidades de 15 e 30 cm, com duas baterias por tratamento, juntamente com 16 pluviômetros para medição da água de irrigação e da chuva. As leituras dos tensiômetros foram feitas diariamente, às 9h, e as irrigações realizadas quando a média das leituras dos tensiômetros, instalados a 15 cm de profundidade, encontram-se na faixa de 0,03-0,04 MPa (Embrapa, 1993), tendo como referência os tratamentos no sistema PD. A partir daí, a estimativa da lâmina de água a ser aplicada em cada irrigação era baseada na curva de retenção de água, através da diferença entre o conteúdo de água indicado no tensiômetro e a umidade a 0,01 MPa. Posteriormente, a média das diferenças entre os tensiômetros de 15 e 30 cm, multiplicada por 30 cm (camada representativa do sistema radicular), fornecia a lâmina líquida de irrigação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matéria seca total (MST) apresentou diferença significativa entre sistemas de preparo do solo aos 37, 51, 58, 65, 72 e 79 dias após a emergência (DAE). Entre cultivares essa diferença se manifestou aos 51, 58, 72 e 79 DAE, ocorrendo ainda efeito da interação preparo x cultivar aos 58 DAE (Tabela 1). Como não houve efeito significativo para espaçamento, a Fig. 1 explicita as curvas ajustadas da MST em função do tempo ($R = 0,99$) apenas para os tratamentos 2, 4, 6 e 8, verificando-se que o acúmulo de matéria seca do feijoeiro foi claramente influenciado pelo sistema de preparo do solo, com o plantio direto (PD) propiciando os maiores valores, destacando-se a cultivar

Aporé. Até os 23 DAE as diferenças na produção de matéria seca foram praticamente inexistentes, evidenciando ausência de efeito dos sistemas de preparo nessa fase. A partir dos 37 DAE, as diferenças passaram a ser maiores, intensificando-se do início do florescimento, quando as necessidades hídricas e nutricionais da cultura aumentam, até o início da maturação das vagens (79 DAE), com o PD se destacando em relação ao preparo convencional (PC), ficando a cultivar Aporé com os maiores valores.

As curvas de produção de matéria seca do feijoeiro sugerem que o PD possibilitou melhor desenvolvimento da cultura, o que pode ter sido decorrente do aumento da disponibilidade de água, pois embora os dois sistemas fossem irrigados, o início das irrigações baseava-se nos tensiômetros instalados no sistema PD, o qual apresentou durante todo o ciclo da cultura menores taxas de evaporação, ficando sempre com maiores potenciais de água no solo (Fig. 2). Além disso, a maior incidência de plantas daninhas observadas no PC, embora não quantificadas, pode ter contribuído para diminuição da produção de matéria seca do feijoeiro nesse sistema, o que não ocorreu no PD, em que a combinação cobertura morta mais herbicida foi bastante eficiente. Resultados semelhantes foram encontrados por Derpsch et al. (1991).

Obteve-se correlação significativa e positiva entre produção de grãos e acúmulo de MST dos diferentes tratamentos (Fig. 3), o que também foi observado por Kueneman et al. (1979). No entanto, Stone & Pereira (1994) afirmam existir inconsistência, em leguminosas, entre produção de grãos e produção total de matéria seca, preconizando que a partição dos fotossintatos, entre as diferentes partes da planta, parece ser mais importante que a quantidade produzida na definição da produção de grãos.

O índice de área foliar (IAF) apresentou diferença significativa entre sistemas de preparo aos 23, 37, 44, 51, 58, 65, 72 e 79 DAE, entre cultivares, aos 30, 37, 44, 51, 58, 72 e 79 DAE, e efeito significativo da interação preparo x cultivar aos 72 e 79 DAE, sem ocorrer diferença estatística entre espaçamentos (Tabela 2). Analogamente à MST, a Fig. 4 evidencia as curvas ajustadas do IAF em função do tempo ($R = 0,99$), apenas para os tratamentos 2, 4, 6 e 8,

TABELA 1. Resumo da análise de variância da matéria seca total (g m^{-2}), em cada uma das coletas, para os diferentes fatores e suas interações, na cultura do feijoeiro sob irrigação.

Causa de variação	G.L.	Dias após a emergência (DAE)									
		16	23	30	37	44	51	58	65	72	79
Preparo (A)	1	11,21 ^{ns}	17,16 ^{ns}	10,71 ^{ns}	42,13*	15,68 ^{ns}	70,48*	213,79**	271,00**	169,04**	473,24**
Resíduo (a)	2										
Parcelas	3										
Cultivar (B)	1	0,04 ^{ns}	1,46 ^{ns}	2,43 ^{ns}	12,91 ^{ns}	14,50 ^{ns}	17,79*	84,46**	8,26 ^{ns}	77,88**	134,40**
Interação A x B	1	0,36 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,53 ^{ns}	7,26 ^{ns}	7,78 ^{ns}	20,83*	1,41 ^{ns}	13,05 ^{ns}	11,48 ^{ns}
Resíduo (b)	2										
Subparcelas	7										
Espaçamento (C)	1	0,02 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Interação A x C	1	0,78 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,81 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,58 ^{ns}
Interação B x C	1	0,80 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,40 ^{ns}	2,03 ^{ns}
Interação A x B x C	1	0,25 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,50 ^{ns}	1,85 ^{ns}	2,20 ^{ns}
Resíduo (c)	4										
Subsubparcelas	15										
B d. A ₂	1							94,58**			
A d. B ₁	1							215,76**			
A d. B ₂	1							92,35**			
C.V. (%) (a)		19,85	22,25	30,70	18,09	30,75	15,06	8,97	8,86	11,33	6,52
C.V. (%) (b)		17,74	16,36	19,45	6,26	10,33	11,09	6,00	16,63	5,97	4,64
C.V. (%) (c)		13,70	17,11	9,96	13,40	3,57	10,40	16,22	12,32	8,36	6,62

* e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

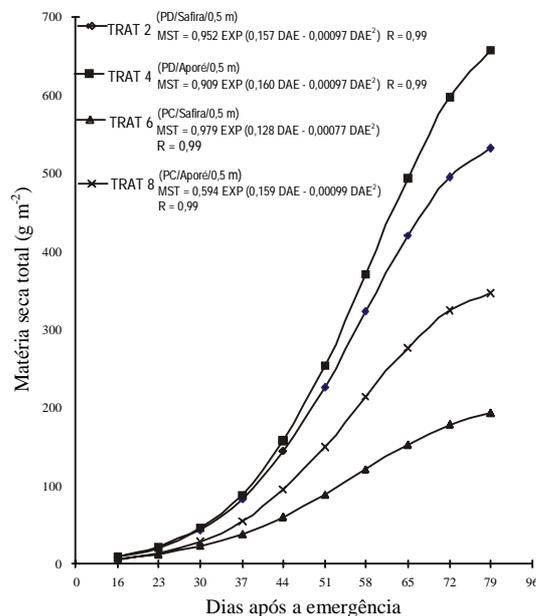


FIG. 1. Produção de matéria seca total (MST) de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

cujos valores mais altos desse parâmetro de crescimento ocorreram novamente no PD, sobressaindo-se mais uma vez a cultivar Aporé em relação à Safira. As diferenças entre sistemas de preparo aumentaram a partir dos 37 DAE, intensificando-se ainda mais durante o período reprodutivo da cultura.

O IAF máximo obtido pelas curvas ajustadas, em todos os tratamentos, ocorreu em torno dos 58 DAE, no estágio de florescimento, sendo de 5,13, 4,19, 3,26 e 1,96, respectivamente, nos tratamentos 4 (PD/Aporé/0,5 m), 2 (PD/Safira/0,5 m), 8 (PC/Aporé/0,5 m) e 6 (PC/Safira/0,5 m), evidenciando decréscimo do IAF máximo do PD ao PC, ficando a cultivar Aporé com os maiores valores.

As curvas ajustadas do IAF e seus respectivos valores máximos confirmam que o feijoeiro teve melhor desenvolvimento no sistema PD, o qual possibilitou maior expansão e menor abscisão das folhas, implicando elevação do IAF. Stone et al. (1988) verificaram que os valores máximos do IAF do feijoeiro foram de 2,48, 1,91 e 1,60, nas tensões de 0,0125, 0,025 e 0,075 MPa, respectivamente, encontrados durante a fase de florescimento, em que,

no tratamento irrigado à tensão de 0,0125 MPa, o IAF máximo ocorreu cerca de cinco dias após o dos outros dois tratamentos, pois, com a maior disponibilidade de água, as folhas permaneceram verdes por mais tempo e a abscisão foliar foi retardada. Resultado diferente foi obtido por Moreira (1993) em feijão-vagem, com o valor máximo do IAF do tratamento mais irrigado ocorrendo, aproximadamente, sete dias antes que nos menos irrigados, sugerindo antecipação da senescência ou abscisão foliar, o que

foi atribuído ao auto-sombreamento, decorrente do excessivo desenvolvimento vegetativo das plantas sob o tratamento mais irrigado. Oliveira & Silva (1990) constataram que o IAF do feijoeiro cresceu com o desenvolvimento da cultura, tendo atingido o valor máximo de 3,73, cerca de 55 dias do ciclo, época em que as plantas encontravam-se no estágio final de florescimento e início da formação das vagens. O maior IAF ocorreu simultaneamente com a máxima evapotranspiração da cultura, evidenciando o efeito da área foliar fotossinteticamente ativa na demanda de água pelas plantas.

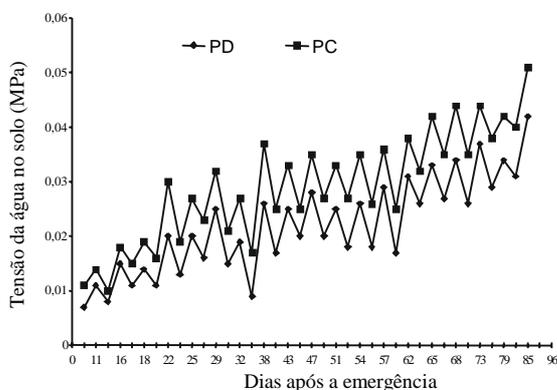


FIG. 2. Tensão média da água de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, na camada 0-30 cm, durante o desenvolvimento da cultura do feijoeiro sob irrigação, em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

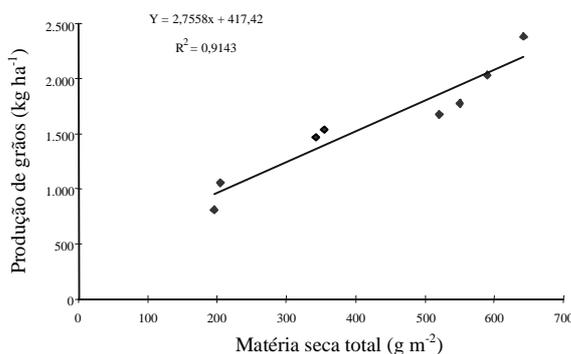


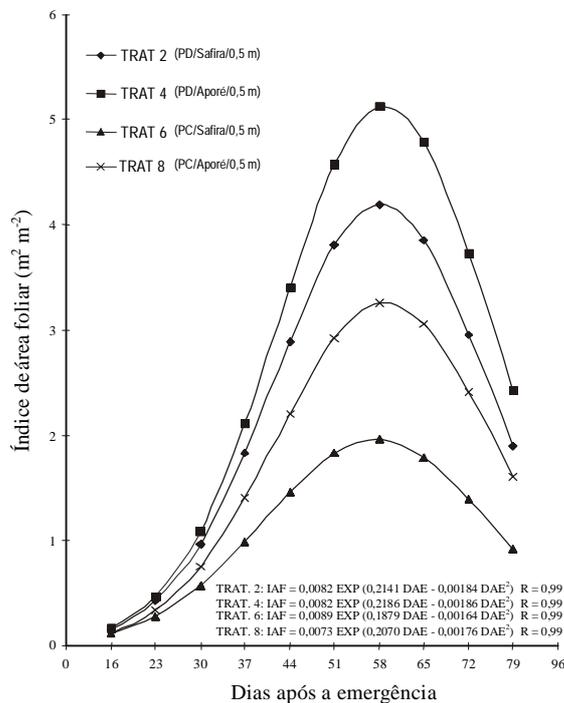
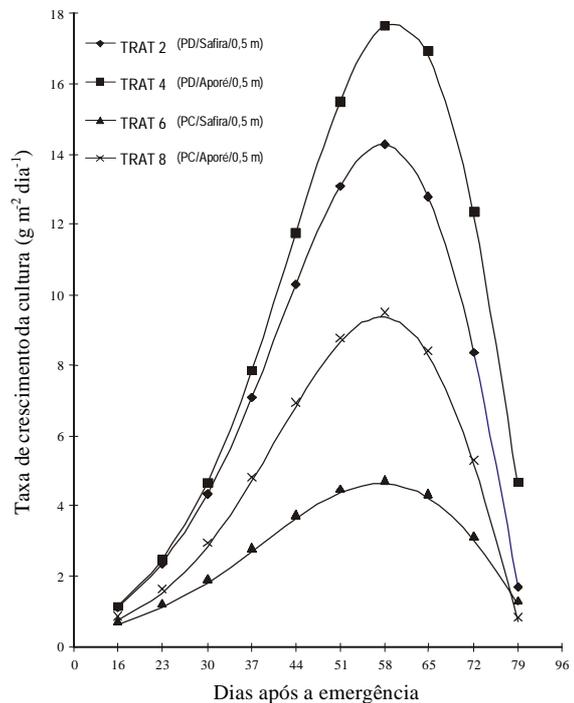
FIG. 3. Produção de grãos de feijoeiro em função da matéria seca total, em plantio direto e preparo convencional.

As curvas da taxa de crescimento da cultura (TCC) em função do tempo, para os diferentes tratamentos, evidenciam maior acúmulo e produção de matéria seca de feijoeiros no PD (tratamentos 4 e 2), ficando o PC com valores consideravelmente mais baixos (tratamentos 8 e 6) (Fig. 5). Nos dois sistemas de preparo, a cultivar Aporé apresentou sempre maior TCC que a Safira. Durante o desenvolvimento fenológico da cultura, verificou-se que as curvas da TCC dos diferentes tratamentos apresentaram comportamento bastante semelhante àquele observado para o IAF, além de guardarem correspondência com as curvas de MST. Assim, tal como ocorreu com o IAF, a maior taxa de produção de matéria seca se manifestou aos 58 DAE, durante o período reprodutivo, decrescendo sistematicamente a partir dessa coleta. Esses resultados sugerem que o PD pode ter apresentado maior disponibilidade de água por períodos mais prolongados, favorecendo sua absorção pelas plantas e aumentando a síntese de fotoassimilados, o que provavelmente levou às maiores taxas de produção de matéria seca. Em feijoeiro, reduções na TCC podem ser atribuídas a diversos mecanismos de respostas diretas e indiretas, como menor disponibilidade de água e diminuição na interceptação e fixação da energia luminosa por unidade de superfície do terreno, além da menor absorção de nutrientes e alterações no mecanismo hormonal (Bergamaschi et al., 1988). Isso porque, sendo a TCC o somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes da planta, ou seja, da variação da matéria seca com o tempo, representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, isto é, sua produtividade primária (Pereira & Machado, 1987).

TABELA 2. Resumo da análise de variância do índice de área foliar ($m^2 m^{-2}$), em cada uma das coletas, para os diferentes fatores e suas interações, na cultura do feijoeiro sob irrigação.

Causa de variação	G.L.	Dias após a emergência (DAE)									
		16	23	30	37	44	51	58	65	72	79
Preparo (A)	1	8,67 ^{ns}	36,12 [*]	8,62 ^{ns}	2889,97 ^{**}	50,59 [*]	94,05 ^{**}	103,75 ^{**}	30,32 [*]	754,55 ^{**}	76,27 ^{**}
Resíduo (a)	2										
Parcelas	3										
Cultivar (B)	1	0,03 ^{ns}	0,18 ^{ns}	54,74 [*]	317,52 ^{**}	64,74 [*]	92,26 ^{**}	54,97 [*]	10,57 ^{ns}	289,99 ^{**}	2865,31 ^{**}
Interação A x B	1	0,86 ^{ns}	0,18 ^{ns}	3,52 ^{ns}	15,68 ^{ns}	2,50 ^{ns}	3,38 ^{ns}	1,74 ^{ns}	1,85 ^{ns}	25,99 [*]	117,00 ^{**}
Resíduo (b)	2										
Subparcelas	7										
Espaçamento (C)	1	0,06 ^{ns}	0,81 ^{ns}	4,81 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,22 ^{ns}	4,75 ^{ns}
Interação A x C	1	2,88 ^{ns}	0,09 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,53 ^{ns}
Interação B x C	1	2,88 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,88 ^{ns}	0,10 ^{ns}	11,44 [*]
Interação A x B x C	1	1,47 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}	3,53 ^{ns}
Resíduo (c)	4										
Subsubparcelas	15										
B d. A ₁	1									71,18 [*]	912,15 ^{**}
B d. A ₂	1									244,80 ^{**}	2070,15 ^{**}
A d. B ₁	1									580,41 ^{**}	93,50 ^{**}
A d. B ₂	1									303,16 ^{**}	59,69 [*]
C d. B ₂	1										15,47 [*]
B d. C ₁	1										115,28 ^{**}
B d. C ₂	1										298,13 ^{**}
C.V. (%) (a)		25,82	13,21	23,30	1,87	15,75	11,81	10,56	15,81	4,01	11,99
C.V. (%) (b)		17,80	18,15	5,04	2,17	5,83	5,90	9,43	16,11	3,48	1,08
C.V. (%) (c)		13,63	15,56	5,83	19,93	6,11	12,17	10,20	7,53	13,01	3,99

* e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

**FIG. 4. Índice de área foliar (IAF) de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).****FIG. 5. Taxa de crescimento da cultura (TCC) de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).**

Apesar de os tratamentos 2, 4 e 8 apresentarem curvas de taxa de crescimento relativo (TCR) bastante próximas, o tratamento 4 (PD/Aporé/0,5 m) teve maior eficiência de conversão de matéria seca que os demais, confirmando a melhor resposta dessa cultivar em PD (Fig. 6). Os tratamentos 2 (PD/Safira/0,5 m) e 8 (PC/Aporé/0,5 m) tiveram praticamente a mesma TCR, apresentando curvas muito semelhantes. Já o tratamento 6 (PC/Safira/0,5 m) apresentou menores valores de conversão de matéria seca que os demais, até os 65 DAE, com elevações sistemáticas em relação aos outros tratamentos, chegando a ultrapassar os tratamentos 2 e 8 na última observação.

Com relação ao comportamento da TCR durante o desenvolvimento fenológico da cultura, verifica-se, em todos os tratamentos, um declínio sistemático no acúmulo de matéria seca. Os maiores valores observados ocorreram aos 16 DAE, chegando próximo de zero aos 79 DAE. Essa diminuição contínua da

TCR pode ser explicada pela elevação da atividade respiratória e pelo auto-sombreamento, cuja importância aumenta com a idade da planta. Além disso, na fase final da cultura, o crescimento se torna negativo em função da morte de folhas e gemas (Milthorpe & Moorby, 1974).

As maiores taxas de assimilação líquida (TAL) durante o ciclo da cultura ocorreram nos tratamentos 2 e 4, em PD, exceção feita na última observação, em que o tratamento 6, sob PC, superou o tratamento 2. Até os 58 DAE, o tratamento 2 (PD/Safira/0,5 m) teve valores um pouco maiores que o tratamento 4 (PD/Aporé/0,5 m), ocorrendo inversão a partir dessa data, quando este último apresentou as maiores taxas de assimilação líquida. Os menores valores da TAL, de modo geral, ocorreram nos tratamentos 6 e 8, mantidos em PC. Esses resultados representam o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e o perdido através da respiração (Briggs et al., 1920), expressando a eficiência das folhas na

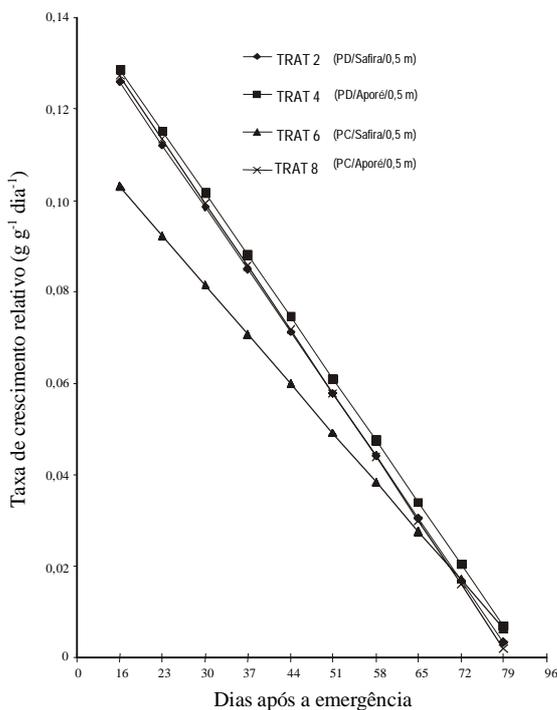


FIG. 6. Taxa de crescimento relativo (TCR) de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

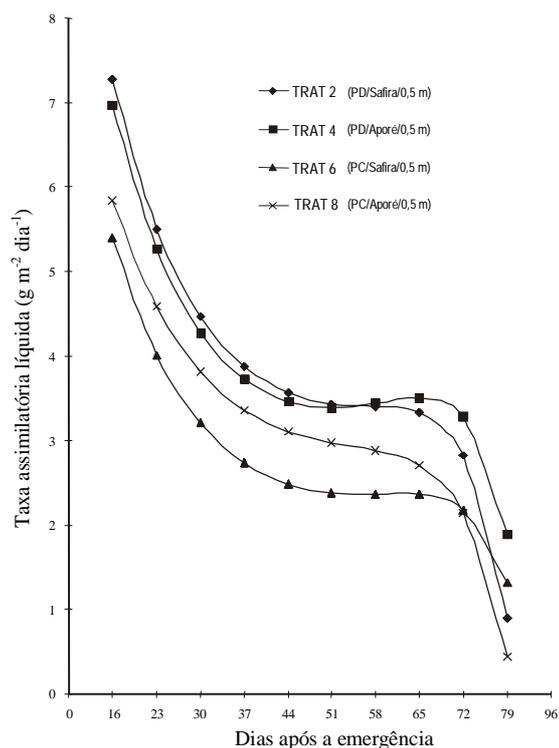


FIG. 7. Taxa assimilatória líquida (TAL) de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

produção de matéria seca e possibilitando estimar a fotossíntese líquida (Pereira & Machado, 1987). Assim, as diferenças na TAL entre tratamentos (Fig. 7) sugerem que o sistema PD proporcionou elevação da fotossíntese líquida, em função, principalmente, do aumento do índice de área foliar, implicando maior interceptação e fixação de energia luminosa por unidade de área foliar (Bergamaschi et al., 1988), com maior assimilação de C, aliado, provavelmente, à maior absorção de nutrientes (Millar & Gardner, 1972).

A evolução da TAL com a idade da planta sugere diminuição progressiva desse parâmetro fisiológico ao longo dos diferentes estádios, evidenciando maiores valores durante o período vegetativo da cultura, com declínio mais acentuado, seguido de uma relativa constância da assimilação líquida na fase reprodutiva, com retomada de decréscimos sucessivos do final do estágio reprodutivo ao término do ciclo da cultura. Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes et al. (1982) e Moreira (1993).

As curvas da razão de área foliar (RAF) em função do tempo evidenciam aumento acelerado durante o período vegetativo, ou seja, até 30-37 DAE, indicando que nessa fase a maior parte do material fotossintetizado é convertido em folhas, para maior captação da radiação solar disponível. A partir desse período ocorreram decréscimos subsequentes com o desenvolvimento fenológico da cultura, decorrentes do surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias, como flores, vagens e sementes, além do auto-sombreamento, secamento e queda de folhas com a idade da planta (Fig. 8). Observa-se que os tratamentos 6 e 8, em PC, apresentaram os maiores valores de RAF, vindo a seguir o tratamento 4 (PD/Aporé/0,5 m), ficando o tratamento 2 (PD/Safira/0,5 m) com valores mais baixos. Esses resultados são, aparentemente, contraditórios aos obtidos para AF e MST, pois verificou-se uma inversão, ou seja, os tratamentos 2 e 4 em PD, que tiveram valores mais elevados para esses parâmetros, apresentaram decréscimos na RAF, ocorrendo o contrário com os tratamentos 6 e 8. Essa diminuição da RAF nos tratamentos em PD pode ter sido decorrente da maior eficiência das folhas em converter energia luminosa e CO₂ em matéria seca, já que a RAF é a área foliar útil para fotossíntese, sendo o quociente entre a AF e a MST, ou seja, a AF utilizada pela

planta para produzir um grama de matéria seca. Benincasa (1988) verificou que apesar de o sorgo granífero, sob alta intensidade de radiação, aumentar a TAL, apresentou menor RAF, o que contribuiu para diminuir a diferença da TCR entre esse tratamento e o de menor intensidade de radiação. Segundo o autor, quanto maior a luminosidade, menor área foliar é necessária para produzir um grama de matéria seca, sendo essa plasticidade na RAF, ou seja, área foliar útil, muitas vezes confundida com área foliar real, a qual só em determinadas situações se comporta dessa maneira. Contrariamente, Moreira (1993) constatou decréscimo da RAF do feijão-vagem, com o aumento da tensão da água do solo, atribuindo esse fato à redução da AF e da MST, uma vez que a razão de peso foliar, um dos componentes da RAF, não foi afetada pela disponibilidade de água no solo.

O sistema PD evidenciou aumento da duração da área foliar (DAF) em relação ao PC (Tabela 3). Nos

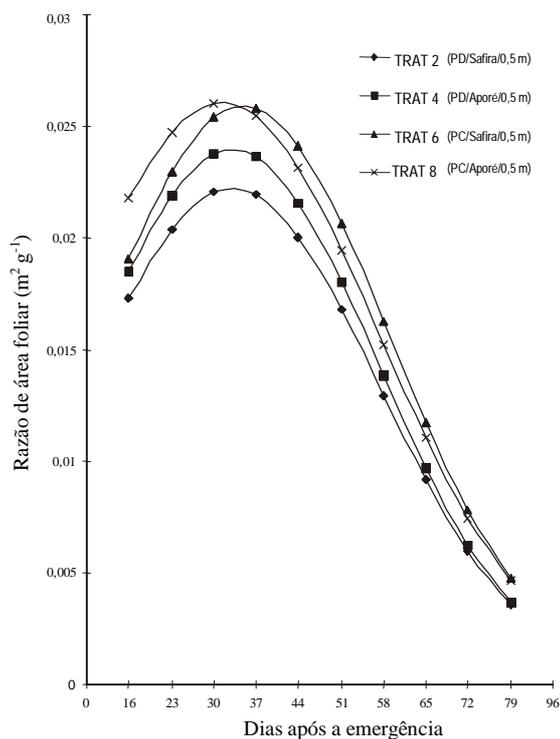


FIG. 8. Razão de área foliar (RAF) de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

dois sistemas de preparo, de acordo com os resultados obtidos para o IAF, a cultivar Aporé teve maior DAF que a Safira.

Verificou-se alta correlação linear positiva entre produção de grãos e DAF ($R^2 = 0,948$) (Fig. 9), porque os maiores valores de AF verificados no sistema PD fizeram com que as folhas perdurassem por mais tempo, aumentando a DAF, a qual representa o tempo em que a planta mantém ativa sua superfície foliar (Kvet et al., 1971), o que, provavelmente, levou à maior produção de grãos. Stone et al. (1988) também encontraram forte correlação linear ($R = 0,92$) entre produção de grãos e DAF de feijoeiros sob diferentes tensões da água do solo, verificando que os tratamentos irrigados com tensões mais

baixas aumentaram a DAF, apresentando, conseqüentemente, maior produção de grãos. Essa relação entre produção de grãos e DAF pode ser decorrente da maior interceptação de radiação pelas folhas maiores, e de duração mais prolongada, pois a quantidade de radiação interceptada, freqüentemente, apresenta correlação linear com a taxa de produção de matéria seca (Farah, 1981).

CONCLUSÕES

1. No sistema plantio direto a cultura do feijoeiro aumenta a produção de matéria seca total, o índice de área foliar, a taxa de crescimento da cultura, a taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e a duração da área foliar, apresentando menor razão de área foliar.

2. A cultivar Aporé se destaca em relação à Safira, quanto aos parâmetros avaliados.

3. Não existe diferença entre as cultivares com referência ao fator espaçamento.

4. A análise de crescimento é um instrumento adequado para avaliar o desenvolvimento do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal : UNESP-Campus de Jaboticabal, 1989. 247p.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal : UNESP-Campus de Jaboticabal. 1988. 41p.

BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; OMETTO, J.C.; ANGELOCCI, L.R.; LIBARDI, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro. I. Análise de crescimento e fenologia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.7, p.733-743, jul. 1988.

BRIGGS, G.E.; KIDD, M.A.; WEST, A.R.C.S. A quantitative analysis of plant growth. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v.7, p.202-223, 1920.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U.; KRAUSE, R.; BLANKEN, J. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo**,

TABELA 3. Duração da área foliar (DAF) de feijoeiros sob irrigação, nos diferentes tratamentos.

Tratamento	DAF (dia)
1 (PD/Safira/0,25 m)	155,08
2 (PD/Safira/0,50 m)	154,40
3 (PD/Aporé/0,25 m)	177,77
4 (PD/Aporé/0,50 m)	186,99
5 (PC/Safira/0,25 m)	78,24
6 (PC/Safira/0,50 m)	75,92
7 (PC/Aporé/0,25 m)	122,77
8 (PC/Aporé/0,50 m)	121,10

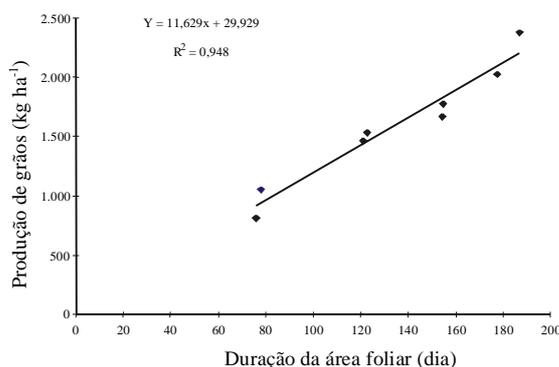


FIG. 9. Produção de grãos de feijoeiro em função da duração da área foliar (DAF), em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

- plântio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn : GTZ/IAPAR, 1991. 272p.
- EMBRAPA. Serviço de Produção de Informação (Brasília, DF). **Recomendações técnicas para o cultivo do feijão**: zonas 61 e 83. Brasília, 1993. 93p.
- FARAH, S.M. An examination of the effects of water stress on leaf growth of crops of field beans (*Vicia faba* L.). 1. Crop growth and yield. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Grã-Bretanha, v.96, n.2, p.327-336, Apr. 1981.
- FREITAS, P.L. Manejo físico do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1., 1990, Goiânia. **Anais**. Campinas : Fundação Cargill, 1992. p.117-139.
- KUENEMAN, E.A.; WALLACE, D.H.; LUDFORD, P.M. Photosynthetic measurements of field-grown dry beans and their relation to selection for field. **American Society for Horticultural Science Journal**, Alexandria, v.104, p.480-482, 1979.
- KVET, J.; ONDOK, J.P.; NECAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: SESTÁK, Z.; CATSKÝ, J.; JARVIS, P.G. (Eds.). **Plant photosynthetic production**: manual of methods. The Hague : W. Junk, 1971. p.343-391.
- LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; FREITAS, J.G. de; MELGES, E.; BELTRÃO, N.E. de M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade de fluxo radiante. **Revista Ceres**, Viçosa, v.29, n.166, p.586-606, nov./dez. 1982.
- MILLAR, A.A.; GARDNER, W.R. Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans. **Agronomy Journal**, Madison, v.64, n.5, p.559-562, Sept./Oct. 1972.
- MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. **An introduction to crop physiology**. Cambridge, Grã-Bretanha : Cambridge University, 1974. 201p.
- MOREIRA, J.A.A. **Efeitos da tensão água do solo e do parcelamento da adubação nitrogenada, sobre o crescimento e produtividade do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu : UNESP-Campus de Botucatu, 1993. 100p. Tese de Doutorado.
- OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, J.J.S. e. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.317-322, mar. 1990.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas : IAC, 1987. 33p. (IAC. Boletim Técnico, 114).
- PORTES, T. de A.; CASTRO JUNIOR, L.G. de. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3, n.1, p.53-56, 1991.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.6, p.939-954, jun. 1994.
- STONE, L.F.; PORTES, T. de A.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. II. Crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.5, p.503-510, maio 1988.