

# CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO FEIJOEIRO EM VÁRZEAS TROPICAIS AFETADAS POR DOSES E MANEJO DE NITROGÊNIO

## Physiological characteristics of common bean in tropical varzea soils as affected by rate and nitrogen management

Alberto Baêta dos Santos<sup>1</sup>, Nand Kumar Fageria<sup>2</sup>

### RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência de doses, métodos e épocas de aplicação de N sobre as características fisiológicas do feijoeiro foi conduzido um estudo em várzeas no Tocantins. Nos dois primeiros anos, foram avaliados as doses de 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N e os métodos e épocas de aplicação: M<sub>1</sub> - todo N na semeadura; M<sub>2</sub> - ½ na semeadura + ½ incorporado ao solo aos 20 dias após a emergência (DAE) e M<sub>3</sub> - ½ na semeadura + ½ a lanço aos 20 DAE, com a cultivar Rudá. No terceiro ano, avaliaram-se apenas as doses de N incorporadas ao solo aos 20 DAE, com a cultivar Pérola. A adubação nitrogenada foi feita na forma de sulfato de amônio, no primeiro ano, e de uréia, nos dois últimos. Em várzeas tropicais, a eficiência de utilização da adubação nitrogenada pelo feijoeiro é baixa, o que reforça em parte a razão da resposta da cultura a altas doses desse nutriente. A incorporação de todo N na semeadura e a aplicação de parte do N por ocasião dessa e parte incorporada aos 20 DAE demandam menores doses do fertilizante para obtenção dos maiores índices fisiológicos do feijoeiro que a aplicação de parte do N a lanço na superfície do solo. Essas doses diferem da que proporciona maior produtividade de grãos. Com 140 kg ha<sup>-1</sup> de N, o feijoeiro produz mais grãos por unidade de área foliar. Maiores doses de N propiciam maiores produção biológica e índices fisiológicos.

**Termos para indexação:** *Phaseolus vulgaris* L, área foliar, matéria seca, crescimento, adubação nitrogenada de cobertura.

### ABSTRACT

An experiment was carried out on varzea (lowland) soil of the State of Tocantins, Brazil, to determine the effects of rate, method and timing of N application on physiological characteristics of common bean. In the first two years, N rates evaluated were 0, 40, 80, 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup> and application timing were: M<sub>1</sub>, all N applied at sowing; M<sub>2</sub>, ½ at sowing + ½ incorporated in the soil at 20 days after plant emergence and M<sub>3</sub>, ½ at sowing and ½ applied as topdressing 20 days after plant emergence. In the third year, nitrogen rates tested were applied only at 20 days after plant emergence and incorporated into the soil. The bean cultivars used were Rudá in the first two years and Pérola in the last one. In tropical varzeas, common bean crop shows low nitrogen use efficiency. That's why that crop shows response to high rates of nitrogen. Total N applied and incorporated at sowing and the application of a part at sowing and a part 20 days after emergence require lower N rate to obtain higher physiological indices compared to fertilizer applied as broadcast at the soil surface. This rate differ with N rate that produced higher grain yield. The N rate of 140 kg ha<sup>-1</sup> was more efficient to common bean crop, producing more grains per unit leaf area. Higher nitrogen rate promotes higher biological yield and physiological indexes.

**Index terms:** *Phaseolus vulgaris* L, leaf area, dry matter, growth, nitrogen topdressing.

(Recebido em 27 de junho de 2006 e aprovado em 13 de setembro de 2007)

### INTRODUÇÃO

As estratégias para a obtenção de maiores produtividades das culturas envolvem a otimização da interceptação da luz pela cobertura do solo, mediante o uso de técnicas que promovam a rápida expansão da folha. Dentre essas, está a fertilização nitrogenada, pois o N favorece o crescimento das plantas e aumenta os componentes da produtividade.

Em estudos de nutrição, competição e relações solo-água-planta, vários índices fisiológicos são utilizados para

explicar as diferenças de comportamento das comunidades vegetais. Entre os mais utilizados, encontram-se o índice de área foliar (IAF) e a duração da área foliar (DAF) (Pereira & Machado, 1987). O IAF é considerado como indicador da intensidade de competição por luz entre plantas individuais dentro de uma população. O IAF e a DAF são considerados os principais responsáveis pelas diferenças na produção biológica das culturas. O potencial produtivo de uma cultivar pode estar relacionado com a DAF.

Quando se estuda comunidades vegetais, agrícolas ou não, a área foliar útil é expressa por meio do IAF. À medida

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor – Embrapa Arroz e Feijão – Rodovia GO 462, Km 12 – Cx. P. 179 – 75375-000 – Santo Antônio de Goiás, GO – baeta@cnpaf.embrapa.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Ph. D. – Embrapa Arroz e Feijão – Rodovia GO 462, Km 12 – Cx. P. 179 – 75375-000 – Santo Antônio de Goiás, GO – fageria@cnpaf.embrapa.br

que a área foliar cresce, o IAF também cresce, até atingir um valor a partir do qual o auto-sombreamento passa a ser prejudicial, aumentando a superfície foliar, que é mantida sob iluminação precária, o que diminui a sua eficiência fotossintética. Vários autores (Yoshida, 1972; Portes & Carvalho, 1983; Pereira & Machado, 1987) afirmam que o IAF reflete a capacidade produtiva de uma comunidade vegetal, sendo esse um índice que influencia na capacidade de competição por luz. O IAF ótimo é aquele que permite o máximo de fotossíntese e, conseqüentemente, a taxa de crescimento relativo (TCR) elevada. A área foliar útil para a fotossíntese é expressa como razão de área foliar (RAF) e é um componente morfo-fisiológico, pois é a razão entre a área foliar e a matéria seca total. A taxa de fotossíntese líquida é expressa como taxa de assimilação líquida (TAL) (Benincasa, 1988).

A produção de matéria seca aumenta proporcionalmente com o aumento do IAF até atingir determinado valor, resultando em aumento da produtividade de grãos, e acima do qual não há mais proporcionalidade, pois o auto-sombreamento provoca diminuição da taxa de fotossíntese média por unidade de área foliar (Yoshida, 1972). O N é responsável pelo incremento da área foliar da planta, aumentando a eficiência de interceptação da radiação solar, taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos e seus componentes. Sua eficiência de uso pelas culturas, como o feijoeiro, é sempre menor que 50%, e uma das causas está relacionada com a dose e a época de aplicação. Com isso, a estratégia de aplicação de N deve ter como objetivo melhorar a sincronia entre a época de aplicação e a época de maior demanda pela planta, de forma a maximizar a absorção do nutriente e a produtividade de grãos.

Objetivou-se com este estudo determinar a influência de doses, métodos e épocas de aplicação de N sobre as características fisiológicas do feijoeiro em várzeas tropicais.

### MATERIALE MÉTODOS

Efetou-se análise de crescimento de plantas de feijão em um experimento conduzido de junho a setembro por três anos consecutivos, no sistema de subirrigação, em solo classificado como Gleissolo Háplico Ta distrófico, textura franco argilo arenosa, em várzeas no município do Formoso do Araguaia, TO, na entressafra do arroz irrigado. A subirrigação consiste na aplicação da água diretamente sob a superfície do solo, geralmente por meio da criação, manutenção e controle do lençol freático a uma profundidade preestabelecida (Bernardo, 2005).

Nos dois primeiros anos, o estudo foi feito na COPERJAVA (11° 49' S e 49° 43' W, a 130 m ao nível do mar),

com a cultivar Rudá. O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial (5 x 3), avaliando-se as doses de 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio, no primeiro ano, e de uréia, no segundo, e os métodos e épocas de aplicação: M<sub>1</sub> - todo N na semeadura; M<sub>2</sub> - ½ na semeadura + ½ incorporado ao solo aos 20 dias após a emergência (DAE) e M<sub>3</sub> - ½ na semeadura + ½ a lanço aos 20 DAE. Por ocasião das semeaduras, aplicaram-se no sulco de semeadura 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato triplo, e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio. No tratamento M<sub>2</sub>, o fertilizante foi aplicado manualmente no sulco de 10 cm de profundidade, nas entre linhas de semeadura e, posteriormente, coberto com solo.

No terceiro ano, o estudo foi realizado com a cultivar Pérola no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, avaliando-se apenas as doses de N incorporadas ao solo aos 20 DAE, na forma de uréia, na Fazenda da COBRAPE (11° 45' S e 49° 15' W, a 115 m ao nível do mar).

As parcelas foram constituídas por seis linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,40 m, tendo, portanto, áreas totais e úteis de 12 m<sup>2</sup> e 3,2 m<sup>2</sup>, respectivamente. A semeadura foi efetuada manualmente com 16 sementes por metro e, logo a seguir, passou-se rolo compactador em toda área para favorecer a redistribuição da água até a superfície do solo (Aidar et al., 2002), durante a subirrigação e, com isso, obter melhor estande de plântulas.

Para as análises de crescimento, realizaram-se amostragens de três plantas, iniciando-se aos 21 DAE e, as subseqüentes, em intervalos que variaram de sete a 14 dias até a colheita. Ao mesmo tempo, contou-se o número de plantas em dois metros da linha de cultivo. A área foliar foi determinada com medidor automático. As plantas foram separadas em folhas e caules e, após secagem, foram determinadas as massas da matéria seca total da parte aérea (MSTotal), de folha (MSFolha) e de caule (MSCaule).

O IAF e a MSTotal foram obtidos mediante a multiplicação dos valores médios da área foliar ou da massa da matéria seca de uma planta pelo número de plantas por m<sup>2</sup>. As curvas de crescimento do IAF e da MSTotal foram ajustadas por equações de regressão, testando-se modelos lineares e quadráticos.

A RAF foi obtida pela relação entre o IAF e a MSTotal; a DAF pela integração da curva do IAF em função do tempo; a área foliar específica (AFE) pela relação entre a IAF e a MSFolha; a razão de massa de folha (RMF) pela relação entre a MSFolha e a MSTotal; e a eficiência de área foliar (EAF) pela relação entre a produtividade de grãos e a DAF.

Os dados dos índices fisiológicos obtidos no florescimento foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, à análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por causa do comportamento diferenciado do feijoeiro de ano para ano, os efeitos do manejo de nitrogênio sobre o crescimento das plantas são discutidos em cada cultivo.

No primeiro ano, a RAF na floração foi influenciada apenas pelas doses de N, as quais tiveram efeitos quadráticos (Figura 1a), sendo o valor máximo de  $2,47 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$  estimado com  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, ou seja, a área foliar que está sendo usada pela planta para produzir um grama de matéria seca. Houve interação entre os métodos e épocas de aplicação e as doses de N sobre a massa da matéria seca e o IAF no florescimento. Nos três métodos e épocas de aplicação, os efeitos das doses de N sobre a MSFolha foram lineares, a MSCaula quadráticos e a MSTotal e o IAF, nos métodos  $M_1$  e  $M_2$ , foram quadráticos e, no  $M_3$ , lineares (Tabela 1).

As massas máximas de  $3,81$ ,  $3,28$  e  $3,16 \text{ g planta}^{-1}$  de MSCaula foram estimadas com  $98$ ,  $126$  e  $143 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, nos métodos  $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ ; as de  $7,48$  e  $6,87 \text{ g planta}^{-1}$  de MSTotal com de  $84$  e  $119 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, e os IAF máximos de  $3,03$  e  $2,81 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  com  $98$  e  $119 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, no  $M_1$  e  $M_2$ , respectivamente. Almeida et al. (1988) verificaram que a variação das doses de  $0$ ,  $30$  e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N induziu o feijoeiro a modificar a

distribuição de seus fotoassimilados, alterando, conseqüentemente, seu crescimento e morfologia. Verificaram também que a diminuição das doses de N reduziu as taxas de acúmulo de matéria seca na planta e em suas partes.

A RAF e a AFE tiveram comportamento quadrático ao longo do ciclo da cultura, apresentando valores máximos ao redor de  $15$  e  $30 \text{ DAE}$ , respectivamente. Durante quase todo o ciclo, o tratamento sem N propiciou maiores valores desses índices fisiológicos (Figura 1c e 1d). O efeito de menor RAF à medida que aumenta a dose de N é resultante da capacidade da planta em se adaptar a diferentes condições de fertilização nitrogenada, dentro de certos limites. Assim, quanto maior a dose de N, menor área foliar é necessária para produzir um grama de matéria seca. Verifica-se também que a RAF declina à medida que a planta cresce, o que é perfeitamente compreensível, pois com o crescimento aumenta a interferência de folhas superiores sobre as inferiores e a tendência é a área foliar útil diminuir a partir de certa fase, o que ocorreu aos  $15 \text{ DAE}$ . Muitas vezes, as condições de auto-sombreamento que diminuem a eficiência fotossintética da cultura diminuem também a transpiração, que, na maioria das vezes, é mais limitante para a produtividade.

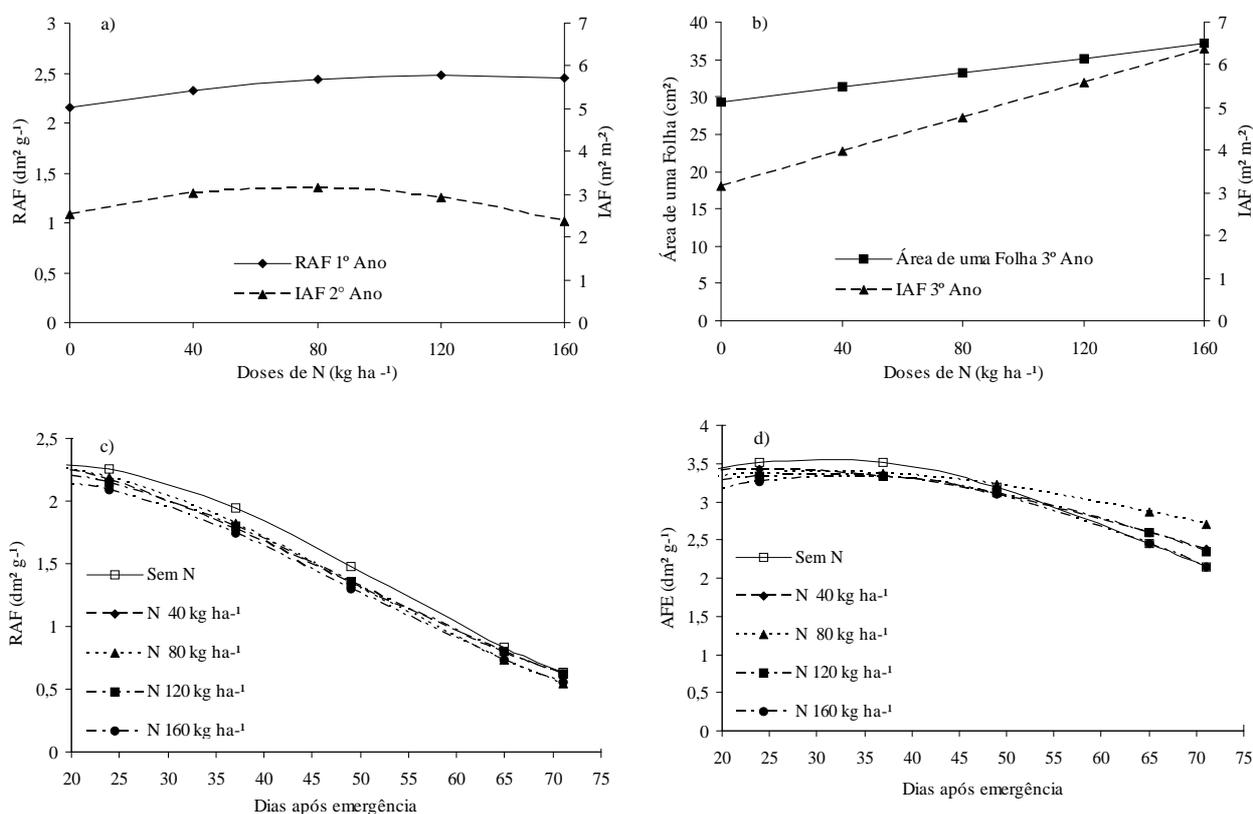


Figura 1 – Efeitos de doses de N sobre a razão de área foliar (RAF), no 1º ano (a), o índice de área foliar (IAF), no 2º e 3º anos (a e b), e a área de uma folha do feijoeiro na floração, no 3º ano (b), e evolução da RAF (c) e da área foliar específica (AFE) (d) da cultivar Rudá de feijoeiro, em relação às doses de nitrogênio (1º ano) (Nos dois primeiros anos, os efeitos de doses são médias de métodos e de épocas de aplicação).

Tabela 1 – Equações de regressão de algumas características fisiológicas (y) da cultivar Rudá de feijoeiro na floração obtidas em razão da interação entre doses (x) e métodos e épocas de aplicação de N e coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), nos dois primeiros anos.

Índice fisiológico	Método e época <sup>(1)</sup>	Equação da regressão	R <sup>2</sup>
1º Ano			
MSFolha (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>1</sub>	y = 2,71 + 0,0145 x	0,747**
MSFolha (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>2</sub>	y = 1,92 + 0,0139 x	0,766**
MSFolha (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>3</sub>	y = 2,05 + 0,0100 x	0,421*
MSCaule (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>1</sub>	y = 1,68 + 0,0433 x - 0,00022 x <sup>2</sup>	0,874**
MSCaule (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>2</sub>	y = 1,21 + 0,0328 x - 0,00013 x <sup>2</sup>	0,972**
MSCaule (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>3</sub>	y = 1,32 + 0,0257 x - 0,00009 x <sup>2</sup>	0,892*
MSTotal (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>1</sub>	y = 3,99 + 0,0835 x - 0,0005 x <sup>2</sup>	0,684**
MSTotal (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>2</sub>	y = 2,63 + 0,0713 x - 0,0003 x <sup>2</sup>	0,976*
MSTotal (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>3</sub>	y = 3,67 + 0,0145 x	0,774*
IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	M <sub>1</sub>	y = 1,49 + 0,0351 x - 0,0002 x <sup>2</sup>	0,895**
IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	M <sub>2</sub>	y = 1,11 + 0,0261 x - 0,0001 x <sup>2</sup>	0,991**
IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	M <sub>3</sub>	y = 1,57 + 0,0056 x	0,625**
2º Ano			
RAF (dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	M <sub>1</sub>	y = 0,8345 + 0,0013 x	0,585*
RAF (dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	M <sub>2</sub>	y = 0,7505 + 0,0016 x	0,616**
AFE (dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	M <sub>1</sub>	y = 1,8100 + 0,0028 x	0,515*
AFE (dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	M <sub>2</sub>	y = 1,5880 + 0,0032 x	0,558**
MSFolha (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>1</sub>	y = 4,4966 + 0,0281 x - 0,0001 x <sup>2</sup>	0,792*
MSCaule (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>1</sub>	y = 4,9911 + 0,0484 x - 0,0002 x <sup>2</sup>	0,761*
MSTotal (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>1</sub>	y = 9,4900 + 0,0765 x - 0,0004 x <sup>2</sup>	0,772*
MSTotal (g planta <sup>-1</sup> )	M <sub>2</sub>	y = 9,6720 + 0,0152 x	0,396*

<sup>1</sup>M<sub>1</sub>: todo N na semeadura; M<sub>2</sub>: ½ na semeadura + ½ incorporado ao solo aos 20 DAE; M<sub>3</sub>: ½ na semeadura + ½ a lanço aos 20 DAE.  
\* e \*\*Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Na aplicação a lanço em cobertura, M<sub>3</sub>, os índices fisiológicos máximos foram obtidos com maiores doses de N, indicando provavelmente a ocorrência de maiores perdas de N por volatilização, pois no cultivo de espécies de sequeiro em várzeas o fornecimento de água às plantas se dá por subirrigação, a qual favorece a formação de uma fina camada seca na superfície do solo, o que pode impossibilitar ou retardar a absorção do nutriente pelas plantas.

Os melhores ajustes do IAF em função do tempo foram obtidos pelas equações exponenciais. A evolução do IAF em relação às mudanças ontogenéticas mostrou que as diferenças entre os métodos de aplicação de N, em cada dose de N, aumentaram com o desenvolvimento das plantas de feijoeiro até 50 DAE (Figura 2). Após, houve decréscimo do IAF, o que era esperado, pois a área foliar

verde vai se reduzindo, sobretudo por causa da senescência das folhas mais velhas.

No segundo ano, o IAF no florescimento foi influenciado apenas pelas doses de N, as quais tiveram efeitos quadráticos (Figura 1a), sendo o maior valor máximo de 3,19 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> estimado com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Houve interação entre doses de N e métodos e épocas de aplicação sobre a RAF, a AFE e a MSTotal da parte aérea, no florescimento (Tabela 1). Houve efeito linear de doses de N sobre a RAF e a AFE, nos métodos M1 e M2, e a MSTotal, no método M2. No método M1, o nitrogênio teve efeito quadrático sobre a MSFolha, MSCaule e MSTotal, sendo as máximas massas estimadas de 6,12 g planta<sup>-1</sup>, 7,39 g planta<sup>-1</sup> e 13,49 g planta<sup>-1</sup> com 116, 100 e 105 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

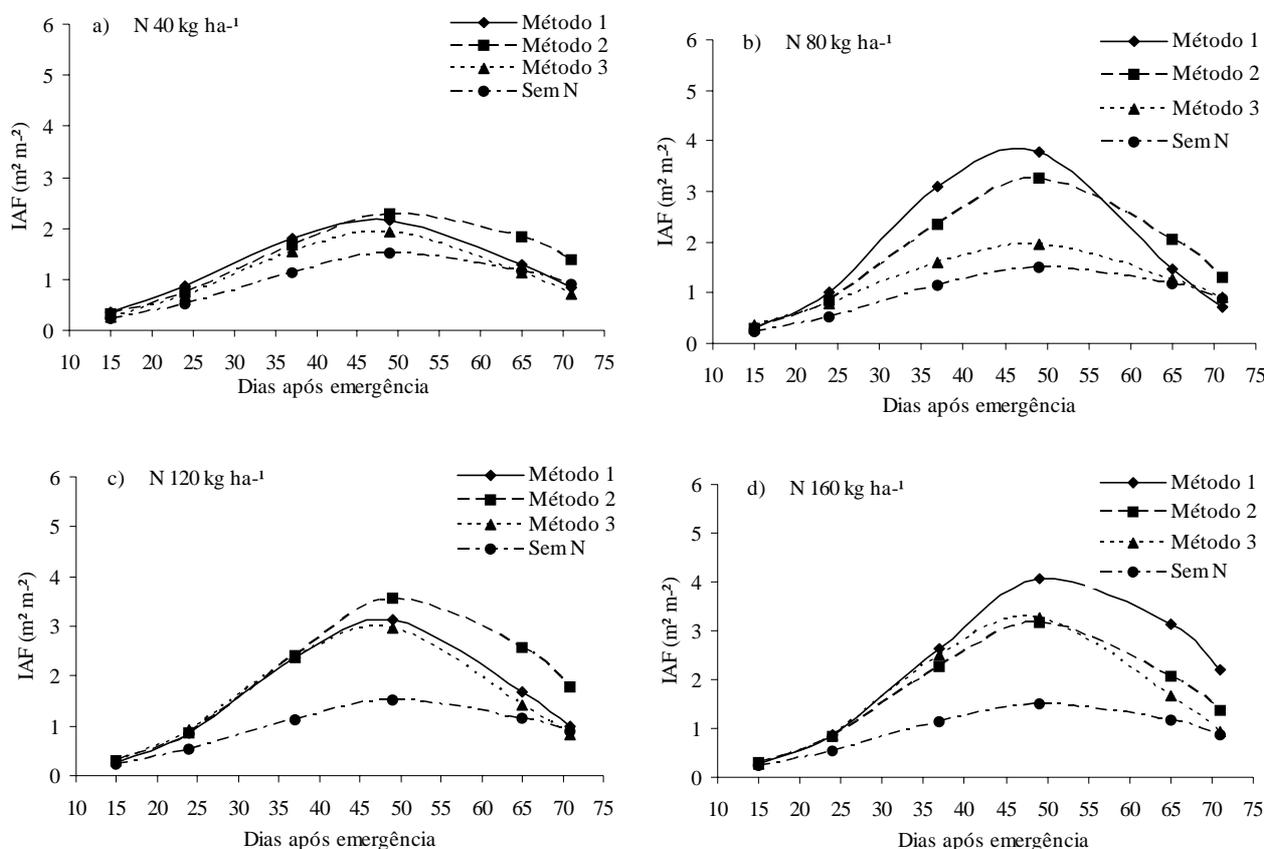


Figura 2 – Evolução do índice de área foliar (IAF) da cultivar Rudá de feijoeiro, em relação às doses e métodos de aplicação de nitrogênio (1º ano).

No terceiro ano, a área de uma folha e o IAF no florescimento aumentaram linearmente com as doses de N (Figura 1b). Almeida et al. (1988) também verificaram que o incremento na dose de N até  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  promoveu aumento na área foliar, na matéria seca da planta e de seus órgãos e alongamento do caule do feijoeiro. A influência sobre essa última característica mostra-se interessante, pois pode favorecer a colheita mecanizada do feijoeiro. A evolução do IAF da cultivar Pérola em relação às mudanças ontogenéticas mostrou que as diferenças entre as doses de N aumentaram com o desenvolvimento das plantas de feijoeiro até, aproximadamente, 45 DAE (Figura 3a). Após essa data, houve decréscimo do IAF de modo similar ao da cultivar Rudá, no primeiro ano. O valor máximo do IAF do tratamento sem N foi de  $3,21 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  aos 39 DAE, enquanto o obtido com a maior dose de N foi de  $5,32 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  e ocorreu seis dias mais tarde. Isso mostra que as plantas que receberam maiores quantidades de N cobriram o espaço a elas disponível mais rapidamente do que as sem N. Em

casa-de-vegetação, os valores máximos de área foliar foram obtidos por Lopes et al. (1982) aos 60 DAE. Os valores de IAF obtidos com as maiores doses de N se devem aos maiores valores de MSFolha, MSCaule e MSTotal (Figura 3b, c e d), determinados aos 46, 70 e 65 DAE, respectivamente, ocorrendo cerca de seis dias após aos sem N. Lopes et al. (1982) registraram as taxas máximas de matéria seca total aos 50 DAE.

A RAF da cultivar Pérola foi em média 25% menor que a da Rudá, apresentando os maiores valores cerca de 30 DAE (Figura 4a); a partir daí declinou à medida que as plantas envelheciam, provavelmente em consequência do crescimento da planta ter aumentado a interferência das folhas superiores sobre as inferiores e, assim, a tendência da área foliar útil diminuir a partir dessa fase. A RAF máxima no início do ciclo das plantas indica que no início a maior parte do material fotossintetizado foi convertido em folhas, visando a maior captação da radiação solar disponível. Posteriormente, houve aumento da fitomassa não fotossintetizante, ocasionando decréscimo da RAF.

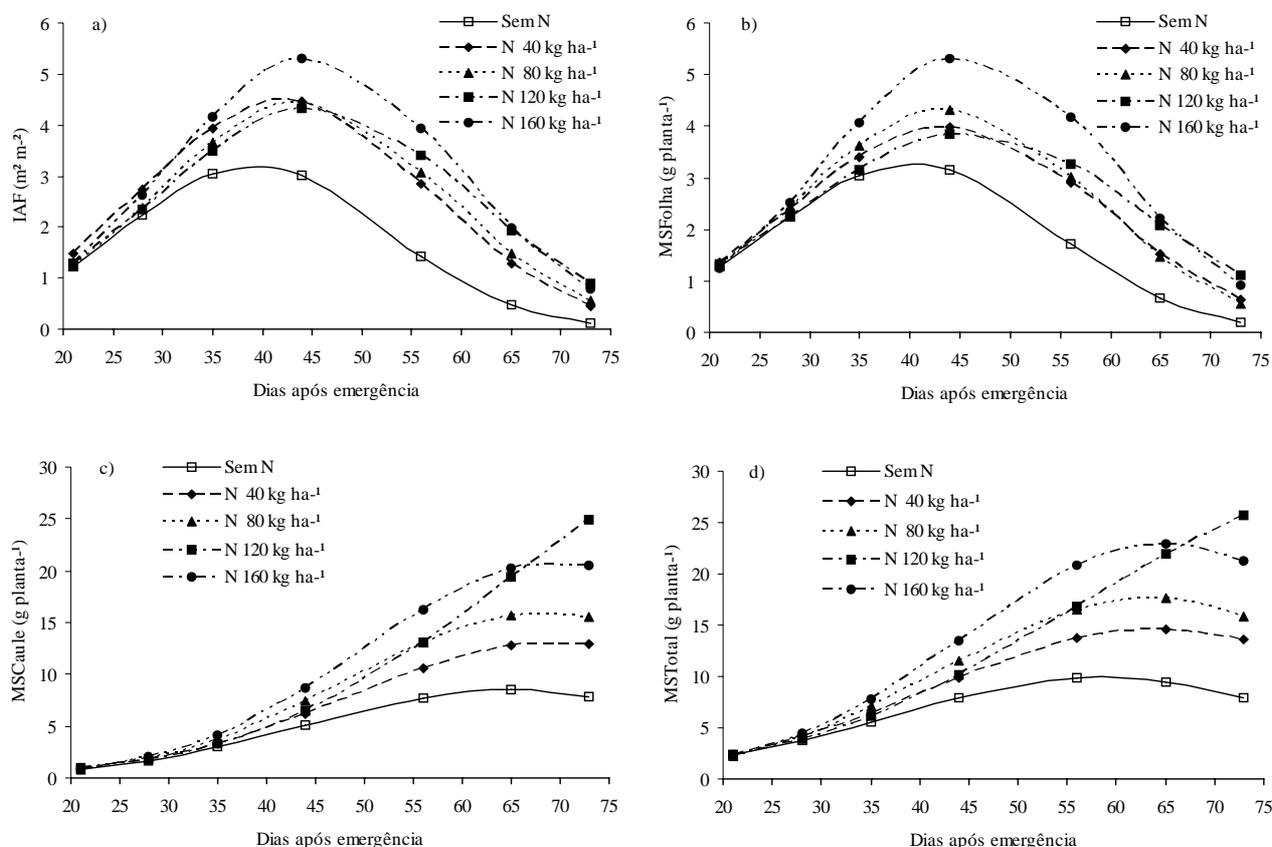


Figura 3 – Evolução do índice de área foliar (IAF) (a) e da massa da matéria seca de folha (MSFolha) (b), caule (MSCaule) (c) e total (MSTotal) (d) da cultivar Pérola de feijoeiro, em relação às doses de nitrogênio (3º ano).

A RAF, por sua vez, pode ser desmembrada em dois componentes: AFE (Figura 4b) e RMF (Figura 4c). Ao contrário da cultivar Rudá, os maiores valores de AFE da cultivar Pérola foram determinados com as maiores doses de N, próximo de 50 DAE, ou seja, cerca de 20 dias após. Esse componente foi o que mais influenciou a RAF, pois as RMF com todas as doses de N tiveram comportamento similar, apresentando maiores valores aos 25 DAE (Figura 4c). O decréscimo nos valores de RMF é devido, provavelmente, à menor fração de material retido na folha, ou seja, à maior exportação para as demais partes da planta à medida que ela cresce. AAFE é o componente morfológico e anatômico da RAF, porque relaciona a superfície com a massa da matéria seca da própria folha. A superfície é o componente morfológico e a massa é o componente anatômico, pois está relacionada à composição interna, como número ou tamanho das células do mesófilo foliar. Se for considerada a massa como a expressão do volume

foliar, o inverso da AFE indica a espessura da folha, ou seja, a relação MSFolha/Área Foliar, que é chamada massa específica da folha (MEF). O outro componente da RAF, a RMF, é basicamente fisiológico, já que é a razão entre a massa da matéria seca retida nas folhas e a acumulada na planta toda. Considerando-se que as folhas são os centros de produção de massa da matéria seca, mediante a fotossíntese, e que o resto da planta depende da exportação de material da folha, a RMF expressa a fração de massa da matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta. A maior ou menor exportação de material da folha pode ser uma característica genética a qual está sob influência do ambiente. A contribuição da RMF na expressão da RAF é quantitativamente inferior à contribuição da AFE. A variação de RMF mostra que, como ocorreu com a RAF e AFE, há um decréscimo ao longo do ciclo. Isto significa que, à medida que a planta cresce, menor é a fração do material retido na folha, ou seja, a exportação é maior.

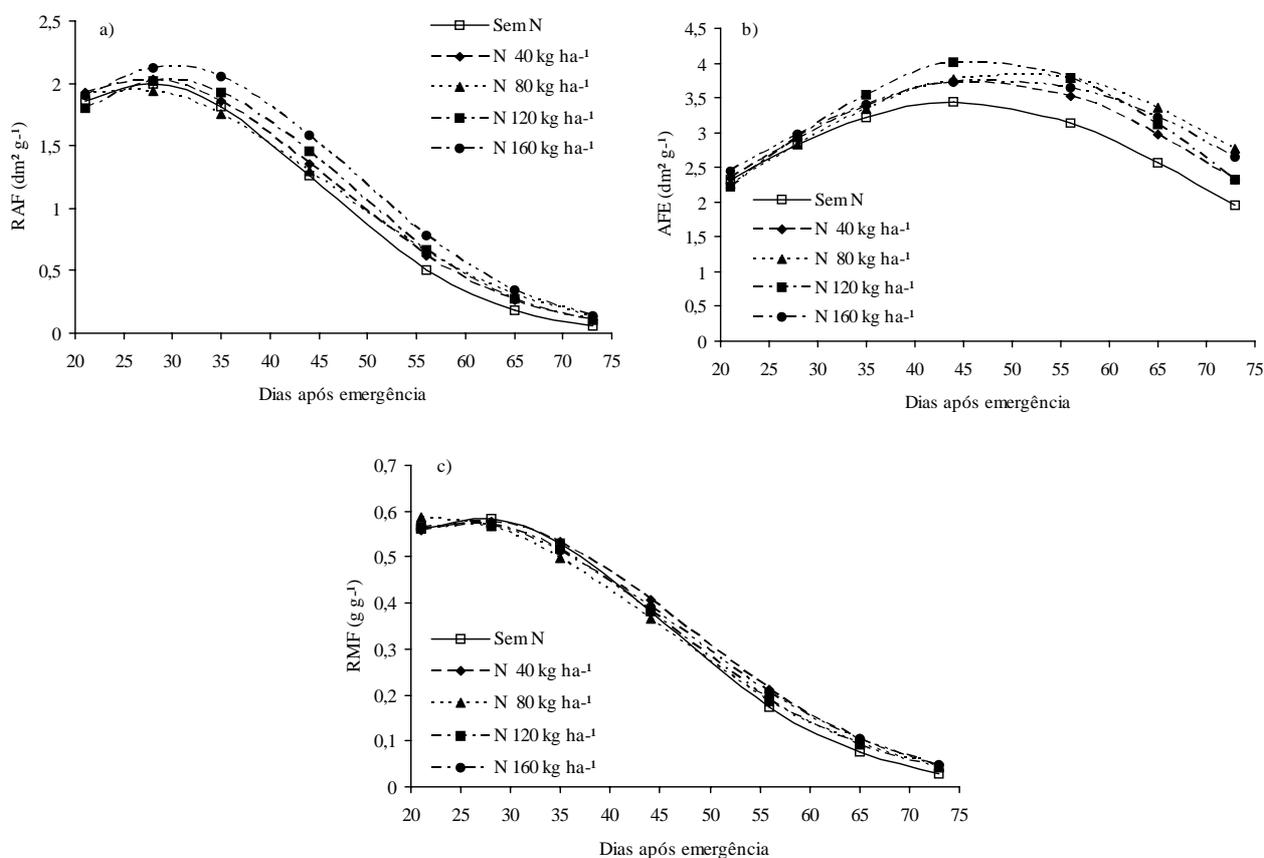


Figura 4 – Evolução da razão de área foliar (RAF) (a), da área foliar específica (AFE) (b) e da razão de massa de folha (RMF) (c) da cultivar Pérola de feijoeiro, em relação às doses de N (3º ano).

A relação entre a DAF e a produtividade de grãos foi linear e positiva (Figura 5a), indicando que cada unidade de aumento da DAF corresponde a um aumento de 24 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de feijão. Esta relação pode ser explicada em função da proporção de radiação interceptada, isto é, folhas maiores e que permanecem verdes por mais tempo interceptam mais radiação e, freqüentemente, a quantidade de radiação interceptada apresenta uma relação linear com a taxa de matéria seca (Stone et al., 1988). A DAF expressa a magnitude e persistência da área foliar durante o período de crescimento da cultura.

Em relação às doses de N, a resposta da EAF da cultivar Pérola teve comportamento quadrático, estimando-se o valor máximo de 1,51 g dia de grãos de feijão por m<sup>2</sup> de folha com 140 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 5b). Nessa dose, o feijoeiro produziu mais grãos por unidade de área foliar. A EAF passou de 0,77 no tratamento sem N para 1,51 g dia m<sup>-2</sup> de folha, indicando não haver resposta da cultivar Pérola a maiores

doses do fertilizante, provavelmente pelo excesso de folhas produzidas, acarretando um auto-sombreamento excessivo, reduzindo a fotossíntese líquida das plantas. Nem sempre maior produção de folhas resulta, proporcionalmente, em mais grãos e as EAFs das cultivares de feijoeiro diferem com o hábito de crescimento e são afetadas pelos sistemas de cultivo (Portes & Carvalho, 1983).

O efeito das doses de N sobre a produtividade de grãos ajustou-se ao modelo quadrático, sendo de 175 kg ha<sup>-1</sup> de N a dose estimada pela equação de regressão para a obtenção de 2.753 kg ha<sup>-1</sup> de grãos da cultivar Pérola. A EAF máxima, 1,51 g dia de grãos de feijão por m<sup>2</sup> de folha, foi estimada com a dose de 140 kg ha<sup>-1</sup> de N, que corresponde à produtividade de 2.678 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (Figura 5b). Essa produtividade foi determinada com DAF de 184 m<sup>2</sup> dia m<sup>-2</sup> (Figura 5a). Almeida et al. (1988) mencionam que um adequado suprimento de N estimula uma tendência a maximizar o tamanho potencial das vagens e das sementes.

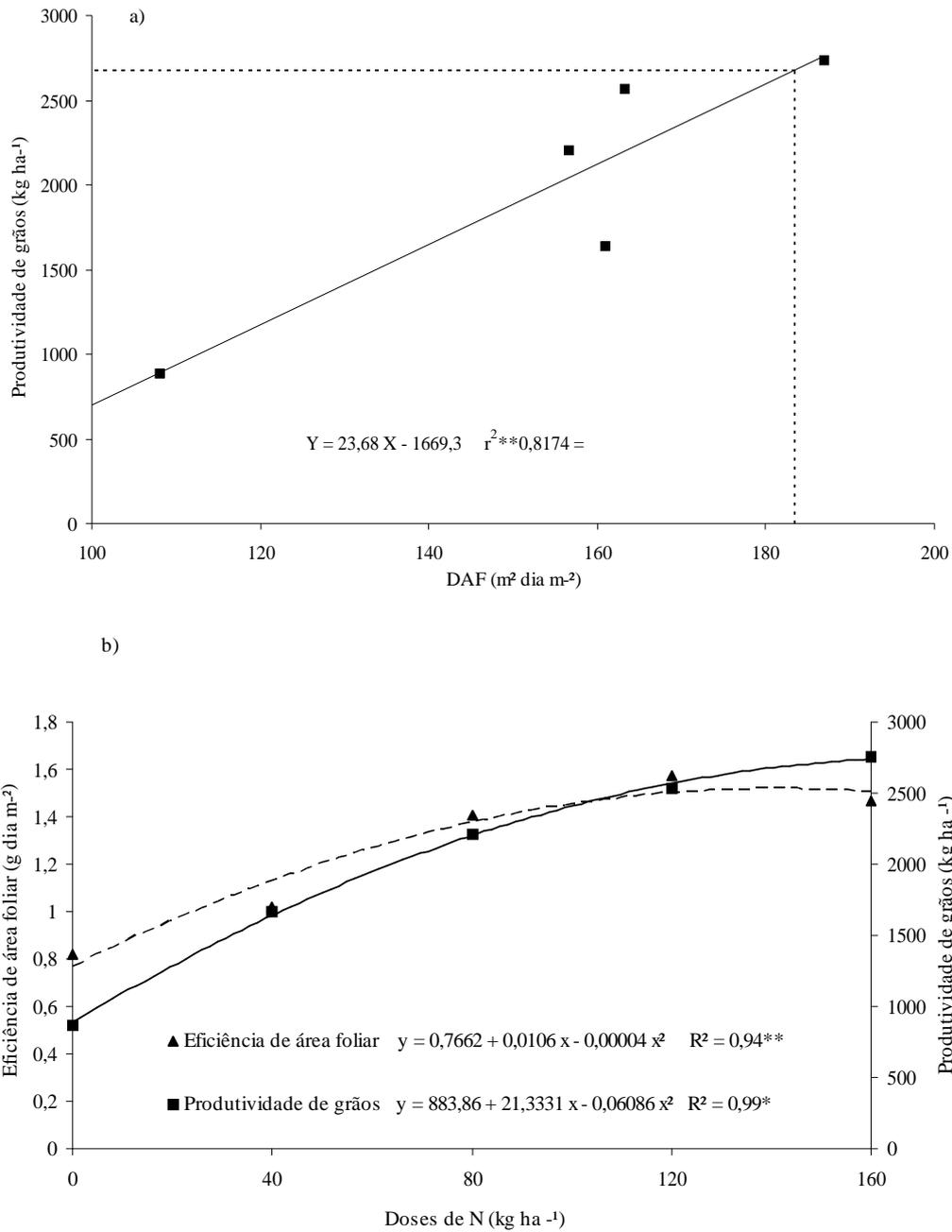


Figura 5 – Relações entre a duração da área foliar (DAF) e a produtividade de grãos (a) e entre doses de N e a eficiência de área foliar (EAF) e doses de N e a produtividade de grãos (b) da cultivar Pérola de feijoeiro (3º ano). As linhas pontilhadas indicam a DAF de 184 m<sup>2</sup> dia m<sup>-2</sup> obtida com a produtividade de grãos de 2.678 kg ha<sup>-1</sup> estimada com a dose de 140 kg ha<sup>-1</sup> de N que propiciou a EAF máxima de 1,51 g dia m<sup>-2</sup> de folha.

### CONCLUSÕES

A incorporação de todo N na semeadura e a aplicação de parte do N por ocasião dessa e parte incorporada aos 20 DAE demandam menores doses do fertilizante para obtenção dos maiores índices fisiológicos do feijoeiro que a aplicação de parte do N a lanco na superfície do solo. Os valores máximos dos índices fisiológicos são obtidos com dose de N cerca de 20 a 30% menor que a determinada para a produtividade máxima de grãos. A maior eficiência de área foliar é obtida com 184 m<sup>2</sup> dia m<sup>-2</sup> de duração de área foliar, que é determinada com 140 kg ha<sup>-1</sup> de N. Maiores doses de N propiciam maiores produção biológica e índices fisiológicos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; THUNG, M. Estabelecimento da cultura. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.105-119.
- ALMEIDA, A. A. F. de et al. Desenvolvimento e partição de assimilados em *Phaseolus vulgaris* submetido a três doses de nitrogênio e três níveis de luz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.8, p.837-847, 1988.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 41p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 7.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2005. 611p.
- LOPES, N. F. et al. Análise de crescimento e conversão da energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **Revista Ceres**, Viçosa, v.29, n.166, p.586-606, 1982.
- 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.; CARVALHO, J.R. de. Área foliar, radiação solar, temperatura do ar e rendimentos em consorciação e em monocultivo de diferentes cultivares de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.7, p.755-762, 1983.
- STONE, L.F. et al. 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, 1988.
- YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 23, p. 437-464, 1972.