

Desempenho fisiológico da mamoneira EBDA MPB01, sob a ação de dois herbicidas, em dois períodos de cultivo no recôncavo sul baiano

José Carlos de Cerqueira Moraes¹; Clovis Pereira Peixoto²; Maria de Fátima S. P. Peixoto²; Viviane Guzzo de Carli Poelking², Elves de Almeida Souza²; Viviane Peixoto Borges²

¹Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Humanas – Campus – IX, Rodovia BR 242, s/n Loteamento Flamengo, CEP 47802-470, Barreiras, BA, Brasil. E-mail: zemoraes42@gmail.com

²Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil. E-mails: cppeixot@ufrb.edu.br; fatima@ufrb.edu.br, vivianedecarli@gmail.com, elves@ufrb.edu.br

Resumo: A disponibilização de novos cultivares de mamoneira tem aumentado a expansão da cultura, principalmente na região Nordeste do Brasil e em locais de baixa altitude. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da cultivar de mamoneira anã EBDA MPB01, após aplicação dos herbicidas alachlor e diuron em pré-emergência, em dois períodos de cultivo, nas condições do Recôncavo Sul Baiano. O trabalho foi realizado em área experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: controle manual, duas doses do herbicida diuron (2,4 L há⁻¹ e 4,0 L há⁻¹) e duas doses do herbicida alachlor (5 e 7 L há⁻¹). As avaliações foram feitas em intervalos quinzenais a partir dos 21 dias após emergência das plântulas à colheita. Foi computada a massa da matéria seca e a área foliar como base para a determinação dos índices fisiológicos: taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar, taxa assimilatória líquida, índice de área foliar e taxa de crescimento da cultura. Nenhum dos herbicidas nas doses avaliadas prejudicou o crescimento da mamoneira.

Palavras chave: *Ricinus communis* L., Área foliar, Análise crescimento.

Physiological indices of castor bean cv. EBDA MPB01 under the action of two herbicides in two growing seasons in the south reconcavo of Bahia

Abstract: The development of new varieties of castor bean has promoted the expansion of this crop, especially in the Northeast of Brazil. This study aimed to evaluate the performance of castor bean EBDA MPB01 dwarf cultivar, after application of the herbicides alachlor and diuron in pre-emergence, in two growing seasons under conditions of south recôncavo of Bahia. This study was conducted at the experimental station of the Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) of Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. The experimental design was a randomized block with five treatments and four replications. The treatments were: control (weeding with hoe); diuron 2.4 L ha⁻¹; diuron 4.0 L ha⁻¹; alachlor 5 L ha⁻¹, and alachlor 7 L ha⁻¹. Evaluations began at 21 days after seedling emergence, at biweekly intervals until harvest. Dry matter (g plant⁻¹) and leaf area (dm²) were measured and used to calculate absolute growth rate, relative growth rate, leaf area ratio, net assimilation rate, leaf area index, and crop growth rate. All the physiological indices of castor bean cultivar EBDA MPB01 showed growth typical of this crop, and it was not affected by the herbicides alachlor and diuron.

Key words: *Ricinus communis* L., Leaf area, Growth analysis.

Introdução

A mamoneira é apontada como importante alternativa para a produção de óleo, em atendimento ao Programa Federal de Biodiesel, além disso, seu óleo singular pode ser eventual substituto do petróleo em suas aplicações na fabricação de couro sintético, fios para confecção de tecidos, vidros à prova de bala e inúmeros produtos (BELTRÃO e AZEVEDO, 2007). A espécie produz diversas substâncias nocivas como a proteína ricina (presente no endosperma das sementes), alérgenos (complexo CB-1A) e o alcalóide ricinina, que é encontrado em toda a planta (FREIRE et al., 2001).

Em que pese todo o potencial para a produção de óleo, a planta apresenta a rota fotossintética do tipo C_3 , de crescimento mais lento, sendo, por isso, pouco competitiva em relação às plantas daninhas, principalmente no período inicial de crescimento. A seletividade de herbicidas, como base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, pode ser uma alternativa indicada para um determinado cultivo, pois cada espécie responde de forma diferente a um mesmo herbicida (FACCHIN, 2009).

A cultivar anã EBDA MPB01, apresenta um diferencial por ser apropriada à colheita mecanizada, uma vez que tal colheita se adequa a grandes áreas, já que a mão de obra nesta fase encarece sobremaneira o processo de produção da cultura. Dessa forma, aliado ao estudo adaptativo da cultivar anã EBDA MPB01 a novos ambientes, bem como o uso de tecnologias que permitam seu cultivo em áreas extensas, que lhe é apropriado, torna-se necessário o estudo de alguns insumos, tais como os herbicidas, produtos altamente poluentes, cujas consequências podem influenciar o crescimento da planta, e que poderá manifestar-se por meio dos índices fisiológicos.

Os índices fisiológicos envolvidos e determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório (fonte) das plantas em sintetizar e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos) que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação aos locais de utilização ou de armazenamento (FONTES et al., 2005). Portanto, estes índices expressam as condições fisiológicas da planta e quantifica a

produção líquida derivada do processo fotossintético. Esse desempenho é influenciado pelos fatores bióticos e abióticos (LARCHER, 1995).

A análise desses índices, própria da análise de crescimento das plantas, segundo Peixoto e Peixoto (2009), se fundamenta no fato de que praticamente toda a matéria orgânica acumulada ao longo do seu crescimento advém da atividade fotossintética. Assim, o acúmulo de matéria seca e o incremento da área foliar, quantificados em função do tempo, são utilizados na estimativa de vários índices fisiológicos relacionados às diferenças de desempenho de uma mesma cultivar em diferentes sistemas agroecológicos ou entre cultivares, quando for o caso.

Os índices fisiológicos tais como a taxa de crescimento absoluto, a taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida, a razão de área foliar, o índice de área foliar e a taxa de crescimento da cultura (TCC), expressam as condições fisiológicas da planta e quantifica a produção líquida derivada do processo fotossintético (BRANDELERO, 2002; PEIXOTO e PEIXOTO, 2009).

Assim, nos diversos estudos ecofisiológicos, a partir dos dados de crescimento, pode-se estimar as causas de variação entre plantas, submetidas aos diversos manejos de cultivo e crescendo em ambientes diferentes (BENINCASA, 2003; PEIXOTO e PEIXOTO, 2009). Nesta perspectiva, objetivou-se avaliar por meio de índices fisiológicos, o desempenho da cultivar mamoneira EBDA MPB01, após aplicação dos herbicidas alachlor e diuron em pré-plantio, em dois anos agrícolas, nas condições do Recôncavo Sul Baiano.

Material e métodos

O experimento foi executado na área experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e repetido por dois anos (2007 e 2008). Em ambos os anos o plantio foi realizado no mês de novembro. De acordo com Ribeiro et al. (1995), o solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso, de textura média, localizado em relevo plano e pertencente à zona dos

Tabuleiros Costeiros. A área de estudo está situada no Recôncavo Sul Baiano, município de Cruz das Almas, a 220 m de altitude, 12°40'19" latitude sul e 39°06'22" longitude Oeste Greenwich. O clima de acordo com a classificação de Thornthwaite é do tipo C1 (seco e sub-úmido). A precipitação pluviométrica média anual é de 1026 mm, sendo distribuídas

diferentemente em dois períodos distintos: úmido (março a agosto) com 63% da pluviosidade anual, e estio (setembro a fevereiro), com temperatura média anual de 24,2 °C (ALMEIDA, 1999). As condições climáticas em que se desenvolveram os experimentos nos dois anos de cultivo se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 - Médias mensais de temperatura do ar (°C), total mensal de precipitações pluviométricas (mm), valores acumulados mensais de radiação solar (KJm⁻²) e altitude (m) do município de Cruz das Almas - BA, nos anos de 2007/2008 e 2008/2009.

Ano 1	2007		2008		
	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
Meses					
Temp. (°C)	25,4	25,8	26,1	25,5	25,5
Pluvi. (mm)	17,00	8,4	174,3	127,0	117
Insol. (hs)	180,8	226,8	231,2	200	184,6
Ano 2	2008		2009		
Meses	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
Temp. (°C)	25,4	25,1	26,2	25,05	26,8
Pluvi. (mm)	50,1	86,4	29,4	44,51	5,5
Insol. (hs)	195	146,9	211,3	146,1	210,9

O solo foi preparado convencionalmente, por meio de aração e duas gradagens. A adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, bem como a necessidade de calagem ou não, foi feita com base no resultado das análises químicas do solo e seguindo a recomendação de Carvalho (2005), para a cultura da mamoneira no estado da Bahia. No primeiro ano foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de N, sendo 10 kg ha⁻¹ no plantio e 40 kg ha⁻¹ em cobertura na época da floração; 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O. No segundo ano, a adubação constou de 50 kg ha⁻¹ de N, sendo 10 kg ha⁻¹ no plantio e 40 kg ha⁻¹ em cobertura na época da floração; 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O.

A variedade utilizada foi a EBDA MPB01, de porte anão, precoce (primeiro ciclo de aproximadamente 120 dias), cujas sementes foram fornecidas pela Estação Experimental de Itaberaba-BA, da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: controle manual (capina), duas doses do herbicida diuron (2,4 L ha⁻¹ e 4,0 L ha⁻¹) e duas doses do herbicida alachlor (5 e 7 L

ha⁻¹). As doses utilizadas dos dois herbicidas foram de acordo com a recomendação de Rodrigues e Almeida (1998), para culturas oleaginosas. A aplicação dos herbicidas foi feita em pré-emergência das ervas daninhas, antes do plantio e na área total da parcela, utilizando-se um pulverizador costal de 20 litros, com vazão constante.

Cada parcela foi composta de 12 linhas de plantas, espaçadas em 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, perfazendo um total de 120 plantas/parcela. Das doze linhas, três foram utilizadas como bordadura, sendo duas laterais e uma central, separando as plantas utilizadas para os dados de rendimento no final do ciclo (cinco fileiras) daquelas utilizadas para a análise de crescimento (quatro fileiras), para as amostragens destrutivas. Foram utilizadas três sementes por cova, em cada uma das 12 linhas, com posterior desbaste, deixando-se uma planta por cova, com seleção visual daquela mais promissora. Quando necessário, as plantas foram irrigadas por microaspersão.

Para a análise de crescimento, as coletas de dados foram quinzenais a partir dos 21 dias após a emergência (DAE). Foram coletadas cinco

plantas aleatórias por parcela, até a maturação plena, para a determinação da massa seca (g planta⁻¹) e da área foliar (dm²), finalizando na sexta coleta no ano um e na sétima coleta no ano dois. A massa da matéria seca total resultou da soma da massa seca nas diversas frações (raízes, folhas, caule e cachos), após secagem em estufa de ventilação forçada (65 °C ± 5 °C), até atingirem massa constante. A área foliar foi determinada mediante a relação da massa seca das folhas e a massa seca de dez discos foliares obtidos com o auxílio de um perfurador de área conhecida (PEIXOTO et al., 2011).

Com a obtenção da AF e da MS, em intervalos regulares de tempo (T), foi possível determinar os índices fisiológicos descritos a seguir, com suas respectivas fórmulas matemáticas, de acordo com a recomendação (BENINCASA, 2003): Taxa de crescimento absoluto (TCA), que expressa a velocidade de crescimento entre duas amostragens consecutivas (g dia⁻¹), a partir da expressão $TCA = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}$, onde W em que a variação da matéria seca (W) no tempo (T), índice de área foliar (IAF) relação entre a área foliar (AF) e a área do solo disponível (S), $IAF = \frac{AF}{S}$ (dm² dm⁻²), taxa de crescimento da cultura: $TCC = \frac{W_2 - W_1}{S \cdot (T_2 - T_1)}$, razão de área foliar (RAF), que representa a relação entre a área foliar e a massa seca (dm²g⁻¹) da planta, onde $RAF = \frac{AF}{MS}$; taxa assimilatória líquida (TAL), que representa a taxa de incremento de matéria seca (MS) por unidade de área foliar existente na planta, por unidade de tempo (g dm⁻² dia⁻¹), obtida pela equação $TAL = \frac{MS_2 - MS_1}{(AF_2 - AF_1) \cdot (T_2 - T_1)}$ onde Ln é o logaritmo neperiano, AF a área foliar e T o tempo.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e os efeitos significativos do teste F foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, visando à comparação das médias entre os tratamentos. Os índices fisiológicos foram calculados e as médias ao longo do período de avaliação no tempo (T), devido ao fato desses dados não obedecerem às pressuposições da análise de variância (BANZATO e KRONKA, 1989) foram transformados em polinômios exponenciais, para homogeneizarem as variâncias dos dados, proporcionais à média das plantas e órgãos em crescimento, por meio da transformação logarítmica, recomendada por Causton e Venus

(1981), Pereira e Machado (1987) e Peixoto et al. (2011). Para a apresentação desses dados foram utilizadas curvas polinomiais exponenciais grafadas com base nas médias de cada coleta e análise de regressão, conforme sugerido por Elias e Causton (1976). A utilização de equações de regressão não só corrige as oscilações normais, como permite avaliar a tendência do crescimento em função dos tratamentos ao longo do tempo (BENINCASA, 2003; PEIXOTO et al., 2011).

Resultados e discussão

A utilização dos herbicidas na cultura da mamoneira é um problema novo, sem contar com o respaldo de estudos anteriores, dado que a mamoneira tradicional sempre foi considerada uma cultura de subsistência ou mesmo uma opção, quando não era possível a utilização de outros cultivos nas regiões semiáridas. A ideia de se trabalhar com os herbicidas deve-se ao fato desta variedade ser de porte anão e com possibilidade de cultivo mecanizado, sendo, portanto, um estudo pioneiro. Assim, dado que esta variedade de porte anão se configura como uma possibilidade de cultivo tecnificado, optou-se pelo uso de herbicidas descritos, por ser de recomendação a outras oleaginosas, visando uma diminuição da mão de obra, muitas vezes escassa e de custo de produção mais elevado. Desta forma, a ênfase dada à discussão do trabalho, se espelha no crescimento vegetal, com base em alguns índices fisiológicos, utilizando-se a análise de crescimento como ferramenta.

Em estudos que envolvem interações ecofisiológicas de plantas, não se pode prescindir da análise de crescimento, pois fatores ambientais, como luz, temperatura, concentração de CO₂ e disponibilidade de água e nutrientes, afetam sensivelmente vários índices fisiológicos. Ademais, considerando que a análise de crescimento é um meio acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição dos diferentes processos fisiológicos sobre o desempenho de um vegetal, procederam-se as medidas ao longo do período experimental, no qual está compreendido o tempo médio necessário para a maturidade fisiológica da cultura que variou de 96 DAE no primeiro ano até aos 110 DAE no segundo ano. O prolongamento do ciclo no segundo ano ocorreu provavelmente

devido às condições climáticas, notadamente nos meses de janeiro a março (Tabela 1), tornando-se necessário proceder a uma suplementação hídrica, com irrigação, de forma a impedir que as plantas perecessem por deficiência hídrica.

A análise de variância revelou efeitos significativos apenas para os índices fisiológicos IAF e TAL ($P < 0,01$) para o segundo ano de cultivo. O índice fisiológico IAF apresentou diferença significativa entre a testemunha e os tratamentos com alachlor 5 L ha⁻¹ e alachlor 7 L ha⁻¹ e diuron 2,4 L ha⁻¹. Entretanto, não diferiu do

diuron 4 L ha⁻¹. Quanto ao índice fisiológico TAL, foi possível observar diferenças significativas entre a testemunha e os tratamentos com alachlor 5 L ha⁻¹ e alachlor 7 L ha⁻¹ (Tabela 2). Dessa forma, optou-se por apresentar as curvas de variação dos índices TAL e IAF dos diferentes tratamentos em função do tempo (DAE), uma vez que indicaram uma interação significativa entre os tratamentos, proporcionando o seu desdobramento, como mostram as tendências nas Figuras 1 e 2. Os demais índices não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 2 - Médias dos tratamentos (testemunha, alachlor 5 L ha⁻¹, alachlor 7 L ha⁻¹, diuron 2,4 L ha⁻¹ e diuron 4 L ha⁻¹) considerando as variáveis índice de área foliar (IAF) e a Taxa assimilatória líquida (TAL), bem como os quadrados médios e CV para o segundo ano de cultivo da mamoneira.

Tratamentos	IAF	TAL
Testemunha	1,53 A	0,03 B
Alachlor 5 L ha ⁻¹	0,75 B	0,06 A
Alachlor 7 L ha ⁻¹	1,15 B	0,07 A
Diuron 2,4 L ha ⁻¹	1,14 B	0,05 AB
Diuron 4 L ha ⁻¹	1,43 AB	0,05 AB
QM	0,37**	0,00**
CV (%)	15,89	16,54

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas das mesmas letras não diferente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

A taxa assimilatória líquida (TAL) representa na íntegra, a capacidade que o vegetal tem em assimilar através da fotossíntese e sua variação em função dos dias após emergência (DAE) da cultivar de mamoneira EBDA MPB01 pode ser observada na Figura 1. Esta taxa reflete o resultado do balanço entre a matéria seca produzida pela fotossíntese e aquela consumida pela respiração e fotorrespiração em espécies vegetais do ciclo C₃, como é o caso da mamoneira. A TAL foi influenciada pelos tratamentos de herbicida apenas no segundo ano de cultivo. Pode-se observar que em todos os tratamentos em ambos os anos, as maiores taxas de assimilação líquida ocorreram aos 21 DAE (Tabela 3), decrescendo sensivelmente nas amostragens posteriores, alcançando valores negativos nas últimas amostragens, devido à redução da fotossíntese nessa fase.

Os valores da TAL tornam-se, para todos os tratamentos, negativos aos 95 DAE (Figura 1). As taxas assimilatórias atingiram valores muito maiores no primeiro ano de cultivo devido às melhores condições climáticas (disponibilidade hídrica), permitindo maior crescimento naquele ano. As tendências observadas para a TAL nos tratamentos são similares às encontradas por Brandelero et al. (2002) em soja e Alvarez et al. (2005) em amendoim, por Silva (2008) e Peixoto et al. (2010) em cultivares de mamoneira tradicional no Recôncavo Baiano.

O índice da área foliar (IAF) representa a área foliar total por unidade de área (superfície disponível para interceptação e absorção de luz). A análise de variância revelou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, apenas no segundo ano de cultivo (Tabela 2). Na

Figura 2, encontra-se a variação dos índices de área foliar da mamoneira EBDA MPB01 avaliada dias após emergência (DAE).

O crescimento do IAF na cultivar de mamoneira foi inicialmente lento, sendo incrementado ao longo do período avaliado, passando por um crescimento logaritmo entre os 50 e 80 DAE, voltando a crescer lentamente até atingir o máximo entre os 80 e 95 DAE, possivelmente pelo aumento do ciclo neste segundo ano. Os valores máximos do IAF variaram entre os tratamentos de 1,68 (alachlor 5 L ha⁻¹ aos 95 DAE) a 2,91 (diuron 4,0 L ha⁻¹ aos 80 DAE). A tendência de variação do IAF neste estudo corrobora os resultados encontrados por Peixoto et al. (2010), avaliando cultivares de mamoneira de porte médio na mesma região.

Valores elevados de IAF nem sempre estão correlacionados positivamente com a produtividade final, porém, baixos valores podem comprometer o potencial produtivo das culturas.

Segundo Peixoto e Peixoto (2009), a ocorrência de IAF baixo limita a produtividade,

visto que é na área foliar onde se realiza a assimilação de gás carbônico. Para tanto, é necessário se atentar para um IAF ótimo, que coincide com o máximo acúmulo de massa seca e conseqüentemente, a maior taxa de crescimento da cultura (TCC), uma vez que nos estudos de plantas em comunidades, não interessa o IAF máximo.

Em algumas circunstâncias, as limitações fotossintéticas causadas pelo auto-sombreamento, podem ser muitas vezes, mais decisivas sobre a produtividade do que a fotossíntese (BENINCASA, 2003). Para Heiffig (2002), quando a taxa de crescimento da cultura decresce abaixo do IAF ótimo, não há mais uma contribuição líquida ao acúmulo de fotoassimilados. O IAF ótimo é obtido quando a taxa de crescimento da cultura (TCC) é máxima (BRANDELERO et al., 2002; PEIXOTO et al., 2010).

Figura 1 - Variação da taxa assimilatória líquida (g dm² dia⁻¹) da mamoneira EBDA MPB01, dias após a emergência (DAE), submetida aos tratamentos testemunha, alachlor 5 L há⁻¹, alchlor 7 L há⁻¹, diuron 2,4 L ha⁻¹ e diuron 4 L ha⁻¹, ao longo do tempo (DAE), no segundo período de cultivo. Equações: **testemunha**: $y = -0,0033x^2 + 0,0075x + 0,0643$, R² = 0,42; **alachlor 5 L ha⁻¹**: $y = -0,0095x^2 + 0,0517x + 0,0457$, R² = 0,6326; **alachlor 7 L ha⁻¹**: $y = -0,0008x^2 - 0,0158x + 0,137$, R² = 0,9147; **diuron 2,4 L ha⁻¹**: $y = -0,0052x^2 + 0,0178x + 0,0984$, R² = 0,7495; **diuron 4 L ha⁻¹**: $y = -0,006x^2 + 0,0224x + 0,1054$, R² = 0,7351.

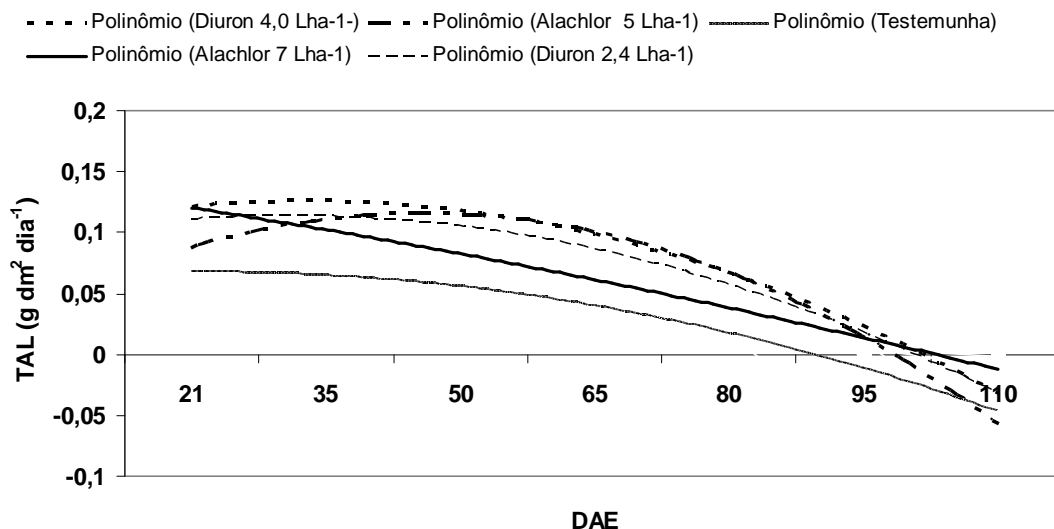
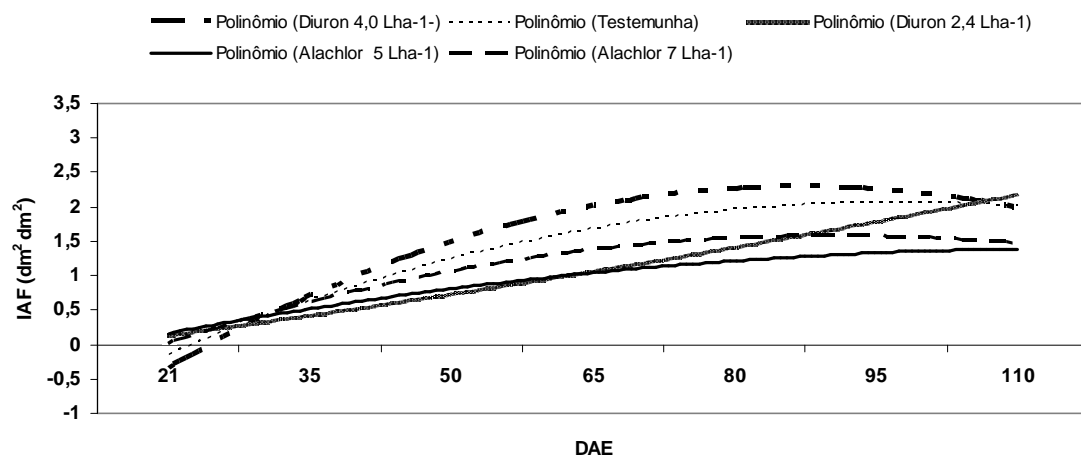


Figura 2 - Variação do índice de área foliar da mamoneira EBDA MPB01, dias após a emergência (DAE), submetida aos tratamentos testemunha, alachlor 5 L ha⁻¹, alchlor 7 L ha⁻¹, diuron 2,4 L ha⁻¹ e diuron 4 L ha⁻¹, ao longo do tempo (DAE), no segundo período de cultivo. Equações: **testemunha**: $y = -0,0835x^2 + 1,0271x - 1,0914$, R² = 0,8943; **alachlor 5 L ha⁻¹**: $y = -0,0296x^2 + 4405x - 0,2451$, R² = 0,7382; **alachlor 7 L ha⁻¹**: $y = -0,0708x^2 + 0,808x - 0,7153$, R² = 0,9239; **diuron 2,4 L ha⁻¹**: $y = 0,0104x^2 + 0,2573x - 0,139$, R² = 0,9884; **diuron 4 L ha⁻¹**: $y = -0,1322x^2 + 1,4459x - 1,6634$, R² = 0,7986.



Na Tabela 3 são apresentados os valores iniciais, máximos e finais, além do momento (DAE) em que se observam as taxas máximas. Os máximos valores encontrados para os diferentes índices variaram com o período de cultivo e, em alguns casos, com os tratamentos.

Verifica-se, em todos os tratamentos, que os maiores valores médios dos índices fisiológicos ocorreram no primeiro ano de cultivo devido, provavelmente, às melhores condições climáticas daquele período.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) indica um incremento da matéria seca da planta ou do órgão em estudo, em um determinado intervalo de tempo, denotando assim a velocidade de crescimento entre duas amostragens sucessivas. Deste modo, observa-se que a velocidade de crescimento inicial foi menor (Tabela 3), em seguida, ocorreu aumento progressivo na velocidade do crescimento, atingindo os maiores incrementos aos 81 DAE. Observou-se ainda, que o crescimento é semelhante entre os tratamentos, dentro dos respectivos períodos estudados e que a variação nas taxas iniciais e máximas não foram muito discrepantes, a exceção das taxas máximas nos tratamentos com alachlor 5 L ha⁻¹ (28,9 g dia⁻¹ aos 81 DAE) e diuron 4 L ha⁻¹ (16,8 g dia⁻¹ aos 66

DAE), indicando uma diferença percentual de 58% entre eles, no primeiro ano estudado.

Após atingirem os valores máximos (81 DAE), as plantas apresentaram um decréscimo até o final do ciclo, chegando, inclusive, a valores negativos (Tabela 3). Esta redução acentuada em ambos os anos, deve-se à senescência das folhas, com conseqüente diminuição da área fotossintética.

Embora a taxa de crescimento absoluto indique a velocidade de crescimento da planta, para os fisiologistas é mais interessante expressar a taxa de crescimento, segundo uma base comum, sendo esta, o próprio peso da planta. Neste caso, trata-se da taxa de crescimento relativo, já que conceitualmente a análise de crescimento estabelece que a taxa de crescimento de uma planta ou de qualquer órgão desta é uma função do seu tamanho inicial (BENINCASA, 2003). Para Silva et al. (2005), TCR é o aumento em gramas de fitomassa por unidade de material presente num período de observação. Isso indica que esta medida pode ser mais precisa, uma vez que considera o material assimilado com base no volume de material já existente, de forma que fica proporcional ao tamanho da planta e da sua capacidade fotossintética (PEIXOTO e PEIXOTO, 2009).

Tabela 3 - Valores médios da taxa de crescimento absoluta (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), razão de área foliar (RAF), taxa assimilatória líquida (TAL), índice de área foliar ótimo (IAF) e taxa de crescimento da cultura (TCC), dias após a emergência (DAE) em que o valor máximo foi observado, no cultivar de mamoneira EBDA MPB01, submetida a cinco tratamentos com herbicidas, nos dois anos de cultivo.

Época	Tratamentos	TCA (g dia ⁻¹)				TCR (g g dia ⁻¹)			
		Inicial	Máxima	Final	DAE	Inicial	Máxima	Final	DAE
Ano 1	Testemunha	6,25	21,3	-18,00	81	0,23	0,23	-0,026	21
	Alachlor 5 L ha ⁻¹	3,89	28,9	-5,90	81	0,21	0,21	-0,008	21
	Alachlor 7 L ha ⁻¹	4,20	15,6	-0,09	66	0,21	0,21	-0,0002	21
	Diuron 2,4 L ha ⁻¹	5,07	26,0	-9,70	81	0,22	0,22	-0,014	21
	Diuron 4 L ha ⁻¹	4,87	16,8	-21,80	66	0,22	0,22	-0,032	21
Ano 2	Testemunha	0,25	6,70	-0,19	96	0,10	0,10	-0,0001	21
	Alachlor 5 L ha ⁻¹	0,30	6,40	-3,50	81	0,11	0,11	-0,002	21
	Alachlor 7 L ha ⁻¹	0,35	4,03	-0,15	66	0,10	0,10	-0,001	21
	Diuron 2,4 L ha ⁻¹	0,32	4,80	-0,12	66	0,10	0,10	-0,004	21
	Diuron 4 L ha ⁻¹	0,28	5,30	-0,40	51	0,09	0,09	-0,002	21

		RAF (dm ² g ⁻¹)				TAL (g dm ² dia ⁻¹)			
		Inicial	Máxima	Final	DAE	Inicial	Máxima	Final	DAE
Ano 1	Testemunha	0,83	0,83	0,39	21	0,27	0,27	-0,059	21
	Alachlor 5 L ha ⁻¹	1,05	1,05	0,43	21	0,20	0,20	-0,017	21
	Alachlor 7 L ha ⁻¹	0,82	0,82	0,26	21	0,24	0,24	-0,00004	21
	Diuron 2,4 L ha ⁻¹	0,98	0,98	0,48	21	0,22	0,22	-0,031	21
	Diuron 4 L ha ⁻¹	0,82	0,82	0,53	21	0,26	0,26	-0,051	21
Ano 2	Testemunha	1,20	1,20	0,44	21	0,10	0,10	-0,0001	21
	Alachlor 5 L ha ⁻¹	1,50	1,50	0,30	21	0,10	0,10	-0,02	21
	Alachlor 7 L ha ⁻¹	1,20	1,20	0,38	21	0,10	0,10	-0,001	21
	Diuron 2,4 L ha ⁻¹	1,06	1,06	0,44	21	0,10	0,10	-0,004	21
	Diuron 4 L ha ⁻¹	0,80	0,80	0,43	21	0,10	0,10	-0,02	21

		IAF (dm ² dm ²)				TCC (g g dia ⁻¹)			
		Inicial	Máxima	Final	DAE	Inicial	Máxima	Final	DAE
Ano 1	Testemunha	2,17	8,03	4,50	81	0,59	0,59	-0,27	21
	Alachlor 5 L ha ⁻¹	1,72	7,00	6,70	81	0,34	0,74	-0,11	81
	Alachlor 7 L ha ⁻¹	1,45	6,04	3,00	66	0,35	0,39	-0,002	51
	Diuron 2,4 L ha ⁻¹	2,06	7,03	5,50	81	0,45	0,63	-0,17	81
	Diuron 4 L ha ⁻¹	1,66	9,20	8,00	81	0,43	0,55	-0,41	81
Ano 2	Testemunha	0,114	2,419	1,777	80	0,009	0,18	-0,003	51
	Alachlor 5 L ha ⁻¹	0,183	1,686	1,303	95	0,009	0,16	-0,004	51
	Alachlor 7 L ha ⁻¹	0,175	1,848	1,362	80	0,013	0,16	-0,0041	51
	Diuron 2,4 L ha ⁻¹	0,143	1,824	2,150	95	0,006	0,09	-0,001	51
	Diuron 4 L ha ⁻¹	0,096	2,913	1,506	80	0,012	0,097	-0,009	51

Pode-se notar (Tabela 3) que a taxa de crescimento relativo (TCR) houve alterações apenas no segundo ano de cultivo, no qual observa-se maior decréscimo no tratamento que recebeu o herbicida diuron na dosagem de 2,4 L ha⁻¹ (-0,004 g g⁻¹ dia⁻¹). Segundo Peixoto et al.

(2011), todo crescimento resultará da produção de material suficiente para atender às necessidades metabólicas do material já existente e, ainda, para armazenar ou construir novo material estrutural, uma vez que conceitualmente, a análise de crescimento estabelece que a taxa

de crescimento de uma planta é função do tamanho inicial (período em que se inicia a observação). Dessa forma, a taxa de crescimento relativo (TCR) o constitui uma medida apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material acumulado gradativamente e expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo.

A variação da RAF ao longo do crescimento da planta está apresentada na Tabela 3. Os valores máximos ocorreram aos 21 DAE, logo no início do período de avaliação, e decresceram continuamente até o final do período de estudo. Estas tendências são similares às encontradas por Alvarez et al. (2005) quando estudaram o crescimento de duas cultivares de amendoim, e aos resultados encontrados em soja (BRANDELERO et al., 2002).

A área foliar útil de uma planta é expressa pela razão de área foliar (RAF), a qual é um componente morfofisiológico, pois é o quociente entre a área foliar (responsável pela interceptação da energia luminosa e absorção de CO₂) e a matéria seca total da planta. Segundo Peixoto et al. (2011), a RAF representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético, sendo bastante apropriado à avaliação de diferenças entre genótipos e efeitos de manejo.

O índice fisiológico razão área foliar (RAF), foi máximo no período vegetativo, e decresce posteriormente, com o desenvolvimento da cultura, indicando que inicialmente, a maior parte do material fotossintetizado é alocada em folhas, visando à maior captação da radiação solar (ALVAREZ et al., 2005). Para os decréscimos encontrados, Benincasa (2003), Peixoto e Peixoto (2009) e Peixoto et al. (2010) atribuem esta variação à interferência das folhas (auto-sombreamento), com o avanço do crescimento, resultando na tendência de diminuição da área foliar útil para a captação da radiação solar, a partir de certa fase, dentro do período vegetativo.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) é empregada para comunidades vegetais e representa a quantidade total de matéria seca acumulada por unidade de área em função do tempo. Na Tabela 3 encontram-se os valores da TCC para os tratamentos utilizados. À semelhança de outros índices, não houve diferenças significativas para as TCC entre os tratamentos em ambos os períodos estudados.

Os valores máximos de TCC foram obtidos em diferentes fases de desenvolvimento da cultura no ano um, variando com o tratamento, aos 21 DAE (testemunha), 51 DAE (alachlor na dose de 7 L ha⁻¹) e aos 81 DAE, os demais. Entretanto, no ano dois, todos os máximos ocorreram aos 51 DAE. Os valores negativos para a TCC apareceram a partir dos 95 DAE. Esse acontecimento reflete redução da atividade fotossintética por aumento da respiração.

Conclusões

Todos os índices fisiológicos do cultivar de mamoneira EBDA MPB01 apresentaram tendências de crescimento típico desta cultura, não sendo afetados pelos herbicidas alachlor e diuron aplicados em pré-emergência.

Referências

- ALMEIDA, O. A. **Informações meteorológicas do CNP: Mandioca e Fruticultura tropical**. Cruz das Almas – BA: EMBRAPA – CNPMF. 1999. 35P. (EMBRAPA – CNPMF. Documentos, 34).
- ALVAREZ , R de C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ A. C. C.; CRUSCIOL, C. A.C.; Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachishypogaea L.*) **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 611-616. 2005.
- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1989.
- BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do. **Balanço energético e “seqüestro” de carbono em culturas oleaginosas. (Documentos 167)**. Embrapa algodão. ISSN 0 103-0205, setembro de 2007.
- BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. Fitologia. In: AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. (Ed.). **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. Embrapa Algodão (Campina Grande – PR). 2.ed. rev. e .ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.118-137 p.

- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ª. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BRANDELERO, E. M. et al. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano, **Magistra**, p.77-88, 2002.
- CARVALHO, B. C. L. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65 p.
- CAUSTON, D. R.; VENUS, J. C. **The biometry of plant growth**. London: Edward Arnold, 1981. 307p.
- ELIAS, C. O.; CAUSTON, D. R. Studies on date variability and use polinomials to describe plant growth. **New Phytologist**, Amsterdam, n.77, p.421-430, 1976.
- FACCHIN, F. Seletividade do herbicida nicosulfuron para as culturas de milho e arroz. Universidade de São Paulo. Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz"- **Dissertação-Mestrado**). Piracicaba- SP. 2009.
- FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de massa seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.94-99. 2005.
- FREIRE, E. C.; ANDRADE, F. P. de; MEDEIROS, L. C. de; LIMA, E. F.; SOARES, J. J. Competição de cultivares e híbridos de mamona no Nordeste do Brasil. Campina Grande: EMBRAPA-CNPQ, 2001.13 p. (EMBRAPA- CNPQ. **Pesquisa em andamento**, 11).
- HEIFFIG, L. S. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 85p. 2002.
- LARCHER, W. *Physiological plant ecology*. New York, Springer-Verlag, 1995, 506p.
- PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceito e prática. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13; pág. 51-76, 2011.
- PEIXOTO, C. P. et al. Índices fisiológicos de cultivares de mamoneira nas condições agroecológicas do Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas. v. 22, n 3,4 p. 168-177, 2010.
- PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S.P. **Dinâmica do crescimento vegetal**. In: CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A.C.V.L.; PEREIRA, F.A. de C.; SOARES, A.C.F.; MELO FILHO, J.F. de; OLIVEIRA, G.J.C. de. Tópicos em ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p. 39-
- PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de vegetais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33p. (IAC. Boletim técnico, 114).
- RIBEIRO, L. P. et al. Levantamento detalhado dos solos, capacidade de uso e classificação de terras para irrigação da Estação de Plasticultura da Universidade Federal da Bahia/Politécnico em Cruz das Almas (BA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.105-113, 1995.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 4. ed. Londrina: 1998. 648 p.
- SILVA, A. C. et al. Análise de crescimento de *Brachiaria bizantha* submetida a doses reduzidas de fluazifop-p-butyl, **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.23, n.1, p.85-89, 2005.
- SILVA, V. **Características fisiológicas de cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) no recôncavo baiano**. 2008. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
- WEISS, E. A. Castor. In: WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983, p. 31-99.

Recebido em: 30/05/2012
Aceito em: 29/04/2014