

ROGÉRIO FERREIRA AIRES

**AVALIAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DA MAMONA NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS
DO SUL DO RIO GRANDE DO SUL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Fitotecnia).

Orientador: Sérgio Delmar dos Anjos e Silva

Co-Orientador: Luis Antonio Verissimo Corrêa

Pelotas, 2011

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

A298a Aires, Rogério Ferreira

Avaliação ecofisiológica da mamona nas condições ambientais do sul do Rio Grande do Sul / Rogério Ferreira Aires ; orientador Sérgio Delmar dos Anjos e Silva; co-orientador Luis Antonio Veríssimo Corrêa. - Pelotas, 2011.-58f. ; il..- Tese (Doutorado) –Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.

1. Ricinus communis 2. Análise de crescimento 3. Épocas de semeadura 4. Produtividade I Anjos e Silva, Sérgio Delmar(orientador) II .Título.

CDD 633.85

Banca examinadora:

Sérgio Delmar dos Anjos e Silva

Edgar Ricardo Schöffel

Ivan Rodrigues de Almeida

João Guilherme Casagrande Júnior

Roberta Marins Nogueira Peil

Agradecimentos

Ao orientador deste trabalho, Sérgio Delmar dos Anjos e Silva;

Ao co-orientador, Luis Antonio Verissimo Corrêa;

Aos colegas e amigos;

À minha família;

À Embrapa Clima Temperado;

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

Resumo

AIRES, Rogério Ferreira. **Avaliação ecofisiológica da mamona nas condições ambientais do sul do Rio Grande do Sul**. 2011. 58 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A mamona apresenta-se como uma opção promissora para a agricultura gaúcha, entretanto, é necessário investir em pesquisa e difusão de tecnologia, visando melhora na eficiência do processo produtivo. Para isso, é de fundamental importância estudar melhor a interação genótipo x ambiente. O conhecimento desta interação permite aperfeiçoar as recomendações técnicas, resultando em melhor desempenho da cultura e diminuindo os riscos de perdas de safras. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar a ecofisiologia da mamona, visando identificar os efeitos dos fatores externos no crescimento, desenvolvimento e na produtividade da planta. O trabalho foi dividido em três partes, na primeira parte o estudo é realizado com uma cultivar semeada em três épocas por duas safras. Na segunda parte são estudadas as diferenças entre as cultivares com relação ao comportamento das variáveis estudadas frente às variações nas condições ambientais. Na última parte é realizada uma análise dos componentes da taxa de crescimento, procurando identificar quais destes componentes e quais características das cultivares são determinantes na taxa de crescimento. Observou-se que a insolação e a temperatura foram determinantes no crescimento, sendo que as maiores taxas de crescimento foram observadas nos meses de novembro, dezembro e janeiro. As maiores produtividades ocorreram nas semeaduras de outubro e novembro.

Palavras-chave: *Ricinus Communis*. Análise de crescimento. Épocas de semeadura. Produtividade.

Abstract

AIRES, Rogério Ferreira. **Avaliação ecofisiológica da mamona nas condições ambientais do sul do Rio Grande do Sul**. 2011. 58 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Castor is presented as a promising option for South Brazil agriculture, however, it is necessary invest in research and technology diffusion, aiming improvement in production process efficiency. Therefore, it is fundamental importance study the interaction between genotype and environment. This knowledge allows technical recommendation optimization, resulting in better crop performance and reducing crop losses risks. In this sense, the objective was study the ecophysiology of castor plant in order to identify effects of external factors on growth, development and plant productivity. The work was divided into three parts. The first part this study is performed with one cultivar sown at three times for two seasons. In the second part studies the differences between cultivars with respect to environmental conditions effects. The last part is a growth rate components analysis, trying identify which of these components and cultivars characteristics are important in growth rate. It was observed that the insolation and temperature were important in growth, and the highest growth rates were observed during November, December and January. The highest yields were observed in October and November sowings.

Keywords: *Ricinus Communis*. Growth analisys. Sowing times. Yield.

Lista de Figuras

- Figura 1** - Exemplo de imagens utilizadas na avaliação da área foliar (a) e na avaliação do método (b).17
- Figura 2** - Matéria seca (MS) alocada nas folhas (círculos abertos), nas hastes (círculos preenchidos) e racemos (triângulos preenchidos) das cultivares AL Guarani 2002, BRS Energia, IAC 80 e Lyra, em g g^{-1} de matéria seca total, por dias após a emergência (DAE), na semeadura de outubro da safra 2009/10.46
- Figura 3** - Matéria seca (MS) alocada nas folhas (círculos abertos), nas hastes (círculos preenchidos) e racemos (triângulos preenchidos) das cultivares AL Guarani 2002, BRS Energia, IAC 80 e Lyra, em g g^{-1} de matéria seca total, por dias após a emergência (DAE), na semeadura de dezembro da safra 2009/10.49
- Figura 4** - Matéria seca (MS) alocada nas folhas (círculos abertos), nas hastes (círculos preenchidos) e racemos (triângulos preenchidos) das cultivares AL Guarani 2002, BRS Energia, IAC 80 e Lyra, em g g^{-1} de matéria seca total, por dias após a emergência (DAE), na semeadura de janeiro da safra 2009/10.51
- Figura 5** - Índice de área foliar (IAF) de quatro cultivares de mamona em função de dias após a emergência (DAE).....53
- Figura 6** - Índice de área foliar (IAF) de cultivares de mamona semeadas em três épocas de semeadura.53

Lista de Tabelas

- Tabela 1** - Estimativa do erro de avaliação da área foliar, onde: Área – área conhecida dos retângulos de papel; Média Obs – média das observações; Erro médio – média das diferenças entre o valor observado e o valor real.17
- Tabela 2** - Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL) do período vegetativo (VG), do período entre a primeira e a segunda floração (R1) e entre a segunda e a terceira floração (R2) da cultivar BRS Energia semeada em diferentes épocas.24
- Tabela 3** - Precipitação acumulada (Prec), umidade relativa do ar (UR), temperatura média do ar (T), insolação acumulada (INSA) e insolação média diária (INSM) do período vegetativo (VG), Reprodutivo 1, entre a primeira e a segunda floração (R1) e Reprodutivo 2, entre a segunda e a terceira floração (R2).25
- Tabela 4** - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: tempo entre a emergência e o final do período (F), matéria seca da planta ao final do período (MSF), área foliar da planta ao final do período (AFF), Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL), relação semente/fruto (S/F), produção de grãos por planta (PP) e produtividade (Prod), com as variáveis: precipitação (Prec), umidade relativa do ar (UR), temperatura (T) e insolação média diária (INSM).26
- Tabela 5** - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), matéria seca (MS) e área foliar (AF) na primeira (F1), segunda (F2) e terceira floração (F3); com as variáveis: Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL) para o período vegetativo (VG), entre a primeira e segunda floração (R2) e entre segunda e a terceira floração (R2).27
- Tabela 6** - Floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), em dias após a emergência (DAE), relação semente/fruto (S/F),

produção de grãos por planta (PP) e produtividade da cultivar BRS Energia semeada em diferentes épocas.	28
Tabela 7 - Matéria seca por planta e área foliar por planta na primeira (F1), segunda (F2) e terceira floração (F3) da cultivar BRS Energia semeada em diferentes épocas.	28
Tabela 8 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: número de dias da emergência até a floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), Taxa de crescimento relativo e Taxa assimilatória líquida dos períodos vegetativo (VG) e reprodutivo (R1 e R2); com as variáveis: matéria seca (MS) e área foliar (AF) na primeira (F1), segunda (F2) e terceira floração (F3).	30
Tabela 9 - Médias da Taxa de Crescimento Relativo e Taxa Assimilatória Líquida para os intervalos entre as coletas das quatro cultivares estudadas, em três épocas de semeadura na safra 2009/10.	35
Tabela 10 - Umidade relativa do ar, Insolação total, Precipitação e Temperatura média do ar para os intervalos entre as coletas para avaliação do crescimento da mamona em três épocas de semeadura na safra 2009/10.	36
Tabela 11 - Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL) nos períodos vegetativo (VG) e reprodutivo (R1 e R2) em três épocas de semeadura.	37
Tabela 12 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: tempo entre a emergência e o final do período (F), matéria seca da planta ao final do período (MSF), área foliar da planta ao final do período (AFF), Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL), com as variáveis: precipitação (Prec), umidade relativa do ar (UR), temperatura (T) e insolação média diária (INSM).	38
Tabela 13 - Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL) nos períodos vegetativo (VG) e reprodutivo (R1 e R2) de quatro cultivares de mamona.	39

Tabela 14 - Número de dias entre a emergência e a floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), matéria seca (MS), em g, e área foliar nas florações F1, F2 e F3, em cm ² , em três épocas de semeadura.	40
Tabela 15 - Número de dias entre a emergência e a floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), matéria seca (MS), em g, e área foliar nas florações F1, F2 e F3, em cm ² , para quatro cultivares de mamona.	40
Tabela 16 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: Número de internódios do caule (NI), Altura de inserção do racemo de primeira ordem (AIR), Altura de planta (AP), Número de dias entre a emergência e a primeira floração (F1), Taxa da crescimento relativo do período vegetativo (TCR VG) e Taxa assimilatória líquida do período vegetativo (TAL VG).	41
Tabela 17 - Número de internódios (NI), Altura de planta (AP), Altura de inserção do primeiro racemo (AIR) e Número de racemos por planta (NC), em três épocas de semeadura.	41
Tabela 18 - Número de internódios (NI), Altura de planta (AP), Altura de inserção do primeiro racemo (AIR) e Número de racemos por planta (NC), relação semente/fruto (SC/CC), peso de 100 sementes (P 100), produção de sementes por racemo (PR) e produtividade (Prod), de quatro cultivares de mamona.	42
Tabela 19 - Razão do peso foliar média do intervalo entre coletas de quatro cultivares de mamona semeadas em três épocas.	47
Tabela 20 - Razão do peso foliar média, em g g ⁻¹ da matéria seca total, nos intervalos entre avaliações das quatro cultivares estudadas em três semeaduras.	48
Tabela 21 - Razão da área foliar (RAF) e Área foliar específica (AFE) para cultivares de mamona semeadas em três épocas na safra 2009-10.	50
Tabela 22 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) entre as variáveis: Taxa de crescimento relativo	

(TCR), Taxa assimilatória líquida (TAL), Razão da área foliar (RAF),
Razão do peso foliar (RPF) e Área foliar específica (AFE).52

Tabela 23 - Resultados de trabalhos de época de semeadura de mamona no Rio
Grande do Sul.54

Sumário

1	Introdução Geral	12
2	Revisão de Literatura.....	13
3	Metodologia Geral	15
4	Capítulo 1 - Análise de crescimento de mamona semeada em diferentes épocas em duas safras	21
4.1	Introdução.....	21
4.2	Material e Métodos	22
4.3	Resultados e Discussão	23
4.4	Conclusões	31
5	Capítulo 2 – Análise de crescimento de cultivares de mamona semeadas em diferentes épocas	32
5.1	Introdução.....	32
5.2	Material e métodos	33
5.3	Resultados e Discussão	34
5.4	Conclusão.....	42
6	Capítulo 3 – Componentes da Taxa de Crescimento Relativo e partição de fotoassimilados.....	43
6.1	Introdução.....	43
6.2	Material e Métodos	44
6.3	Resultados e Discussão	45
6.4	Conclusões	54
7	Discussão Geral	54
8	Conclusões Gerais.....	55
9	Referências.....	57

1 Introdução Geral

A mamona (*Ricinus communis*) é uma oleaginosa da família Euphorbiaceae, com origem tropical e ampla adaptação e distribuição ao redor do mundo. Seu centro de origem é a Etiópia, leste da África, sendo que existem centros secundários de diversidade (WEISS, 2000). O seu principal produto é o óleo, que, por suas características especiais, possui muitas aplicações na indústria e alto valor de mercado. A torta de mamona, subproduto da extração do óleo, que pode ser utilizada como adubo orgânico, possuindo ação nematicida e fungicida, tendo todos os macro e micronutrientes, alto teor de matéria orgânica e nitrogênio (SILVA et al., 2007).

O Brasil, até o ano de 1981, foi o maior produtor mundial de mamona, com produção de 281 mil toneladas e área plantada de 479 mil hectares. Porém, a área plantada reduziu drasticamente ao longo das últimas décadas, sendo que, hoje a Índia é a maior produtora mundial, com mais de 1 milhão de toneladas (FAOSTAT, 2010). Na safra 2008/09 a área plantada, no Brasil, foi de 149 mil hectares, uma redução de 69% entre 1981 e 2009 (IBGE, 2010). De acordo com Azevedo et al. (2007), a partir de 1985 inicia-se uma fase de redução da área colhida e quantidade produzida de mamona, atingindo o ponto mais baixo em 1998 com 13% da área colhida e apenas 4% de quantidade produzida, em relação à 1985. Nas regiões Sul e Sudeste, esta redução é atribuída a não-competitividade econômica da mamona frente a outras culturas. Na região Nordeste a redução é atribuída a vários fatores, envolvendo o baixo nível tecnológico empregado na cultura, desorganização do mercado interno e falta de crédito e assistência técnica (AZEVEDO et al., 2007).

Este quadro sofreu uma grande mudança em 2005, com a implantação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). O PNPB ampliou o mercado de óleos vegetais e iniciou uma busca por oleaginosas potenciais para a produção de biodiesel. A política de incentivos fiscais ao biodiesel produzido a partir de matéria prima oriunda da agricultura familiar proporcionou aumento nos investimentos de empresas e produtores nesta cultura. Contudo, o maior mercado para óleo de mamona é a indústria ricinoquímica, devido ao alto valor de mercado do óleo. Em 2009, a cotação do óleo de mamona oscilou entre R\$ 3.900,00 e R\$ 4.730,00 por tonelada, valor bem superior ao óleo de soja, que oscilou em torno de R\$ 1.680,00 por tonelada (BIODIESEL UFV, 2010).

Em 2003, a Embrapa Clima Temperado realizou os primeiros testes com esta cultura, no Rio Grande do Sul, com resultados promissores. A continuidade dos trabalhos comprovou que esta espécie é viável e apresenta alta produtividade na Região de Clima Temperado. Os frutos deste trabalho resultaram na publicação de um sistema de produção para a cultura da mamona na Região de Clima Temperado e o Zoneamento Agroclimático da Mamona para o Rio Grande do Sul. Entretanto, o trabalho deve ser continuado visando aperfeiçoar o sistema de produção. Neste sentido, a cultura necessita de mais estudos a respeito da interação genótipo x ambiente envolvendo as cultivares mais adaptadas para as condições do Rio Grande do Sul.

Para isso, é de fundamental importância estudar melhor a interação planta x ambiente, principalmente porque as cultivares utilizadas hoje foram desenvolvidas por programas de melhoramento visando outras regiões do país. O conhecimento desta interação permite aperfeiçoar a indicação de recomendações técnicas, resultando em melhor desempenho para a cultura e diminuindo os riscos de perdas de safras.

Neste sentido, este trabalho estuda a relação entre o crescimento desenvolvimento e produtividade da mamona e as principais variáveis meteorológicas. Na primeira parte o estudo é realizado com uma cultivar semeada em três épocas por duas safras. Na segunda parte são estudadas as diferenças entre as cultivares com relação ao comportamento das variáveis estudadas frente às variações nas condições ambientais. Na última parte é realizada uma análise dos componentes da taxa de crescimento, procurando identificar quais destes componentes e quais características das cultivares são determinantes na taxa de crescimento.

2 Revisão de Literatura

A produtividade vegetal é o resultado da interação entre os fatores genéticos, os fatores ambientais e os tratos culturais, os quais constituem o sistema de produção das culturas (FLOSS, 2004). Desta forma, diferenças de rendimento entre safras e locais podem ser atribuídas à interação genótipo x ambiente x manejo da cultura.

Com relação à parte genética, o homem interfere através do desenvolvimento de cultivares com melhores características agronômicas e mais

adaptadas a uma determinada região. Em relação ao ambiente, procura-se minimizar os riscos através de práticas de manejo da cultura e do zoneamento agroclimático. Assim, tanto para o desenvolvimento de um programa de melhoramento quanto para a indicação de práticas de manejo e elaboração do zoneamento é necessário um conhecimento mais profundo do efeito das condições ambientais nos processos de crescimento, desenvolvimento e produtividade da planta.

Ao contrário dos estudos de mecanismos endógenos, onde os estudos sobre fisiologia do desenvolvimento foram muito bem sucedidos, o conhecimento sobre o desenvolvimento das plantas no ambiente natural ainda é limitado pela complexidade dos estímulos e das múltiplas variações de reação das plantas (LARCHER, 2006). Sob o ponto de vista dos métodos altamente sofisticados da fisiologia do desenvolvimento, a pesquisa de campo enfrenta grandes dificuldades para uma análise rigorosa das causas, sendo que quase nenhum progresso foi obtido além da análise de observações quantitativas. Entretanto, neste nível, muito se aprendeu sobre os efeitos dos fatores externos sobre o crescimento e o desenvolvimento, principalmente nas plantas de interesse agrícola e silvicultural, devido aos importantes resultados práticos no melhoramento dessas plantas e, conseqüentemente, em seu rendimento (LARCHER, 2006).

Embora as espécies apresentem uma enorme variação em seus mecanismos de assimilação, os controles de crescimento inerentes à planta exercem grandes efeitos sobre a sua performance geral. Insumos físicos sustentam o crescimento, mas a regulação biológica dita o modelo da sua utilização e a expressão final. Para entender a natureza desta regulação a nível de planta como um todo e verificar as interações entre a planta e seu ambiente, é necessária mensuração mais detalhada do que simplesmente a produção final. Análises de crescimento e modelos matemáticos do crescimento e desenvolvimento fornecem tais parâmetros (LEOPOLD, 1975).

A análise do crescimento é muito utilizada em programas de melhoramento, com o objetivo de conhecer as diferenças estruturais e funcionais entre plantas de uma mesma espécie, relacionando caracteres morfofisiológicos com a produtividade, de forma a selecionar plantas que apresentem características favoráveis para uma maior produtividade (FLOSS, 2004). Entretanto, as análises quantitativas do crescimento também podem ser relacionadas com variáveis ambientais, constituindo

uma importante ferramenta para o estudo do efeito dos fatores externos no crescimento e desenvolvimento de uma determinada cultura.

Embora a mamona tenha elevada plasticidade fenotípica e ampla adaptação a vários ambientes (WEISS, 2000), as variações ambientais influenciam o desempenho agrônomo da cultura. A produtividade da mamona está diretamente relacionada com a disponibilidade hídrica, temperatura, fotoperíodo e umidade relativa do ar, desde a floração dos racemos primários até a maturação dos terciários (MOSHKIN, 1986; KUMAR, 1997).

De acordo com DAI et al. (1992) a mamona, planta tropical C_3 , possui uma alta capacidade fotossintética em condições de alta umidade do ar, comparável ao milho, e essa elevada capacidade é sustentada pelo alto teor de clorofila, proteínas solúveis e rubisco na folha. Os mesmos autores afirmam que sob condições de alta umidade a fotossíntese responde favoravelmente a alta temperatura, alta energia radiante e alta concentração de CO_2 , e, o efeito inibitório da baixa umidade relativa do ar na fotossíntese em mamona é principalmente, se não totalmente, devido a redução da concentração de CO_2 na folha, causada pelo fechamento estomático.

O hábito de crescimento da mamona é indeterminado, produzindo várias ordens de racemo, as quais ficam expostas a diferentes condições de precipitação, temperatura e fotoperíodo. Estas variações nas condições ambientais, aliadas à época de semeadura e as características de cada cultivar tem impacto significativo na produtividade. Neste sentido, as análises de crescimento fornecem informações de todo o ciclo da planta, possibilitando relacionar características morfofisiológicas, fatores externos e produtividade. Estas informações são fundamentais para a definição de algumas práticas de manejo, como a época de semeadura, e para fornecer subsídios para a escolha e desenvolvimento de cultivares para as condições meteorológicas do Estado.

3 Metodologia Geral

A análise de crescimento de plantas é uma ferramenta amplamente utilizada no melhoramento, fisiologia e ecologia de plantas. Este método começou a ser utilizado na década de 1920, na forma conhecida hoje como abordagem “clássica” (POORTER, 1996). Por esta abordagem a taxa de crescimento é calculada para um intervalo entre duas coletas.

Na década de 1960, com o advento dos computadores, começou a ser utilizado o ajuste de equações polinomiais aos dados de matéria seca e área foliar em função do tempo. Este método é conhecido como abordagem “polinomial” (POORTER, 1996). Ambos os métodos possuem vantagens e limitações, sendo que não são mutuamente exclusivos, o que permite a utilização combinada de ambos (HUNT, 2003). Poorter (1989) propôs uma abordagem “combinada”, resolvendo os principais problemas de ambos os métodos. Entretanto, devido às particularidades da cultura da mamona e o objetivo deste trabalho foi necessário a utilização de um delineamento experimental e procedimentos de cálculo e análise dos dados diferentes dos descritos por Poorter (1989).

O experimento foi realizado em duas safras, 2008/09 e 2009/10, com três épocas de semeadura em cada safra, com o objetivo de comparar o crescimento e desenvolvimento da mamona em diferentes condições meteorológicas. Para esta primeira parte foi utilizada apenas uma cultivar, a BRS Energia, de porte médio e ciclo precoce. Na safra 2009/10 foram utilizadas mais três cultivares, com o objetivo de estudar a interação entre as cultivares e as variáveis meteorológicas. As cultivares utilizadas foram: AL Guarany 2002, de ciclo e porte médios; IAC 80, de porte alto e ciclo longo; e Lyra, de porte baixo e ciclo precoce.

Para avaliação da matéria seca, foi coletada uma planta por parcela a cada 14 dias, cortando rente ao solo. A planta foi dividida em hastes, folhas e racemos e seca em estufa a 65°C até peso constante.

A área foliar foi determinada de maneira direta, retirando uma sub-amostra das folhas de cada planta colhida. Após, as folhas foram fotografadas, com câmera digital, em um fundo branco com uma linha de referência de comprimento conhecido. Posteriormente, as imagens foram transferidas para o computador para cálculo da área foliar, com auxílio do programa Image Tool[®]. A área foliar determinada foi relacionada com a matéria seca da sub-amostra, obtendo a Área Foliar Específica (AFE), dada em unidade de área por unidade de matéria seca da folha (cm²/mg). Finalmente, a matéria seca total das folhas da amostra foi convertida em Área Foliar através da multiplicação pela AFE.

Com o objetivo de avaliar a precisão deste método foram medidos retângulos de papel com área conhecida. Foram medidas as áreas de uma folha A4 21,0 x 29,7cm, uma metade de folha A4 21,0 x 14,85cm e ¼ de folha A4 10,5 x

14,85cm. O procedimento foi realizado da mesma forma que para as folhas (Figura 1), e repetido cinco vezes.



Figura 1 - Exemplo de imagens utilizadas na avaliação da área foliar (a) e na avaliação do método (b).

Como pode ser observado na Tabela 1 o erro médio deste método é inferior a 1%. Além da precisão, a praticidade e o baixo custo justificam a sua aplicação.

Tabela 1 - Estimativa do erro de avaliação da área foliar, onde: Área – área conhecida dos retângulos de papel; Média Obs – média das observações; Erro médio – média das diferenças entre o valor observado e o valor real.

Área (cm ²)	Média Obs (cm ²)	Erro médio	
		(cm ²)	(%)
623,700	625,142	1,442	0,23
311,850	312,932	2,342	0,75
155,925	156,660	0,735	0,47

O delineamento experimental utilizado foi o da abordagem clássica, com o objetivo de possibilitar uma análise estatística mais detalhada dos resultados. O experimento foi estabelecido em blocos completos casualizados com três repetições por tratamento e as coletas para avaliação da matéria seca e área foliar foram realizadas com igual intervalo entre elas, utilizando sempre o mesmo número de plantas. Desta forma é possível comparar os tratamentos pelos valores médios dos índices de crescimento do intervalo entre coletas. Entretanto, esta análise não fornece uma perspectiva completa das diferenças entre as cultivares e as épocas de semeadura, pois as cultivares tem ciclos diferentes e as épocas de semeadura também interferem no ciclo (SILVA et al, 2008), assim é preciso comparar as cultivares no mesmo estágio fenológico.

A fim de comparar os tratamentos sempre no mesmo estágio fenológico, o ciclo da planta foi dividido, arbitrariamente, em três estádios de fácil identificação: estágio vegetativo (VG), entre a emergência e a floração dos racemos de primeira ordem; reprodutivo 1 (R1), entre a floração dos racemos de primeira e segunda ordem; e reprodutivo 2 (R2), entre a floração dos racemos de segunda e terceira ordem.

Como a transição do período vegetativo para o reprodutivo varia em função da cultivar e das condições meteorológicas, as médias da taxa de crescimento entre as coletas não podem ser usadas na comparação, sendo necessário um outro procedimento de cálculo.

Inicialmente os dados primários de área foliar (AF) e matéria seca (MS) são transformados através da transformação logarítmica, com o objetivo de homogeneizar a variância (HUNT, 2003; POORTER, 1996). Posteriormente os dados transformados são submetidos à análise de regressão. Iniciando com uma regressão simples entre AF e MS, variáveis dependentes, e o tempo, variável independente. Se a variável independente contribuir para a explicação da variável dependente, a proporção da variância explicada pela equação (r^2) é calculada. O próximo passo é adicionar um termo quadrático à equação e calcular novamente o r^2 . O termo quadrático só é utilizado se houver um incremento substancial do r^2 , na maioria dos casos um incremento de 0,05 é considerado satisfatório (POORTER, 1989). Se o incremento no r^2 for maior que 0,05 a análise continua, com a adição de um termo cúbico, caso contrário a análise é terminada.

A análise de regressão foi realizada para todas as parcelas gerando uma equação para cada repetição. As datas das florações dos racemos de primeira, segunda e terceira ordem foram, então, inseridas como variável independente nas respectivas equações para determinação da MS e AF no momento das florações. Como as curvas nunca devem ser estendidas para fora do período avaliado os primeiros valores de MS e AF utilizados foram os da primeira coleta, aos 14 dias após a emergência (DAE). Os valores foram, então, submetidos às equações descritas por Hunt (2003) para o cálculo dos índices médios de crescimento para os estádios VG, R1 e R2.

Esta forma de cálculo permite a comparação com análise estatística dos índices de crescimento em cada estágio da cultura entre cultivares e épocas de

semeadura, bem como a correlação com as variáveis meteorológicas e os componentes do rendimento.

De posse dos dados de MS e AF foram calculados a Taxa de crescimento relativo (TCR) e seus componentes: a Taxa assimilatória líquida (TAL), Razão da área foliar (RAF), Área foliar específica (AFE) e Razão do peso foliar (RPF).

A TCR é o incremento de matéria seca por unidade de matéria já existente, pode ser expressa em unidade de matéria por matéria ou em percentagem (HUNT, 2003). É calculada dividindo a diferença entre a matéria seca entre duas coletas pelo intervalo de tempo entre as coletas, como descrito na Equação 1, onde $\ln MS$ são os dados transformados de matéria seca e t o tempo.

$$(1) \quad TCR = \frac{\ln MS_2 - \ln MS_1}{t_2 - t_1}$$

A taxa de crescimento pode ser decomposta em outros índices, facilitando o entendimento das causas da sua variação (Equação 2).

$$(2) \quad TCR = TAL \times RAF$$

A TAL é um índice de eficiência fotossintética da planta, calculada em função da área foliar total (HUNT, 2003). É expressa em matéria seca por unidade de área foliar por tempo, ou seja, a quantidade de matéria seca assimilada por unidade de área foliar por dia (Equação 3).

$$(3) \quad TAL = \frac{MS_2 - MS_1}{t_2 - t_1} - \frac{\ln AF_2 - \ln AF_1}{AF_2 - AF_1}$$

A RAF é a razão entre a área foliar e a matéria seca total da planta, expressa em unidade de área foliar por unidade de matéria seca da planta (HUNT, 2003).

$$(4) \quad RAF = \frac{\frac{AF_1}{MS_1} + \frac{AF_2}{MS_2}}{2}$$

A Razão da área foliar pode ser decomposta em área foliar específica e razão do peso foliar (Equação 5).

$$(5) \quad RAF = AFE \times RPF$$

A AFE é um componente morfológico (área foliar) e anatômico da folha (mesófilo foliar), sendo calculada através da razão entre a área foliar e a matéria seca da folha (MSF) (Equação 6).

$$(6) \quad AFE = \frac{\frac{AF_1}{MS_{F1}} + \frac{AF_2}{MS_{F2}}}{2}$$

A RPF representa a área foliar da planta em uma base de matéria, representa o investimento produtivo da planta, ou seja, a porção da matéria seca total destinada para fotossíntese (HUNT, 2003). É calculada dividindo a matéria seca das folhas pela matéria seca total da planta (Equação 7).

$$(7) \quad RPF = \frac{\frac{MS_{F1}}{MS_1} + \frac{MS_{F2}}{MS_2}}{2}$$

Adicionalmente as análises de crescimento foram avaliadas características fenologias, os componentes do rendimento e a produtividade. Também foram levantados dados meteorológicos, junto a estação agrometeorológica da Embrapa Clima Temperado, e foi feito um acompanhamento da ocorrência de pragas e doenças.

4 Capítulo 1 - Análise de crescimento de mamona semeada em diferentes épocas em duas safras

4.1 Introdução

A mamona é uma planta de origem tropical com grande plasticidade fenotípica, ocorrendo naturalmente entre 40°S e 40°N (WEISS, 2000). Entretanto, as variações ambientais afetam o crescimento, desenvolvimento e produtividade da planta.

A produtividade da mamona está diretamente relacionada com a disponibilidade hídrica, temperatura, fotoperíodo e umidade relativa do ar, principalmente durante a fase reprodutiva, desde a floração dos racemos primários até a maturação dos terciários (MOSHKIN, 1986; KUMAR, 1997).

O hábito de crescimento da mamona é indeterminado, produzindo várias ordens de racemo, as quais ficam expostas a diferentes condições de precipitação, temperatura e fotoperíodo. Estas variações nas condições ambientais, aliadas à época de semeadura e as características de cada cultivar tem impacto significativo na produtividade. Quando a contribuição do racemo primário é menor devido a alguma situação de estresse biótico ou abiótico, esta é compensada pelos racemos secundários e terciários (KUMAR et al., 1997).

A faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento da mamona varia entre 20°C e 30°C, sendo que temperaturas acima de 40°C podem provocar a senescência das flores, reduzindo a produtividade (MOSHKIN, 1986). Nessa situação, também ocorre a reversão sexual das flores, aumentando a quantidade de flores masculinas em relação às femininas. Temperaturas maiores do que 35°C reduzem o teor de óleo e proteína da semente, enquanto que temperaturas médias inferiores a 15°C diminuem o teor de óleo e alteram suas características, e inferiores

a 10°C podem inviabilizar o pólen, inibindo a produção de sementes (MOSHKIN, 1986; WEISS, 2000). No Rio Grande do Sul, normalmente não ocorrem temperaturas maiores do que 40°C, mas são comuns temperaturas inferiores a 10°C no inverno (WREGGE et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das principais variáveis meteorológicas no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mamona, e identificar a melhor época de semeadura para a mamona na região de Pelotas.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no campo experimental da Embrapa Clima Temperado em Pelotas-RS, latitude 31°41' Sul, longitude 52°21' Oeste e altitude de 60 m, em solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, nos anos agrícolas de 2008/09 e 2009/10.

O cultivo foi estabelecido em sistema convencional de preparo do solo, utilizando a cultivar BRS Energia semeada em três épocas para cada ano, 17/09/08, 20/10/08, 20/11/08, 15/10/09, 10/12/09 e 15/01/10 em espaçamento de 1,0 x 1,2 m, totalizando 8.333 plantas por hectare. A semeadura foi realizada manualmente, utilizando-se três sementes por cova. O desbaste foi realizado 14 dias após a emergência, mantendo-se uma planta por cova. A adubação e os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as indicações técnicas para o cultivo da mamona no Rio Grande do Sul (SILVA et al., 2007). O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com três repetições.

As avaliações fenológicas e de rendimento realizadas foram: data da emergência de 50% das plantas, data do início da floração dos racemos de 1º, 2º e 3º ordem, produção de sementes por planta, relação semente/fruto e produtividade. Paralelamente também foi realizado o monitoramento da ocorrência de pragas e doenças, uma vez que podem causar prejuízos significativos à produtividade e devem ser considerados na escolha da época de semeadura.

O acompanhamento do crescimento foi realizado através de coletas para determinação da matéria seca (MS) e área foliar (AF). As coletas foram realizadas a cada 14 dias, iniciando aos sete dias após a emergência. Para obtenção da MS, as plantas foram cortadas rente ao solo e separadas em partes (folhas, caule, frutos). A secagem foi feita em estufa, a uma temperatura de 65°C até peso constante.

Para determinação da área foliar, foi retirada uma sub-amostra das folhas de cada planta colhida. As folhas foram fotografadas, com câmera digital, em um fundo branco com uma linha de referência de comprimento conhecido. Posteriormente, as imagens foram transferidas para o computador para cálculo da área foliar, com auxílio do programa Image Tool[®]. A área foliar determinada foi relacionada com a matéria seca da sub-amostra, obtendo a Área Foliar Específica (AFE), dada em unidade de área por unidade de matéria seca da folha (cm²/mg). Finalmente, a matéria seca total das folhas da amostra foi convertida em Área Foliar através da multiplicação pela AFE.

Os índices de crescimento foram calculados de acordo com as equações e métodos descritos por Hunt (2003) e Poorter (1989), sendo os principais: TCR – Taxa de crescimento relativo e TAL – Taxa assimilatória líquida.

Os dados meteorológicos foram obtidos através da estação agrometeorológica da Embrapa Clima Temperado, localizada próximo da área experimental. Foram utilizados dados de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e insolação.

Os dados foram submetidos à análise e discriminação da variância, com a utilização do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

4.3 Resultados e Discussão

Com exceção da relação semente/fruto, todas as variáveis estudadas variaram em função da época de semeadura e sua respectiva condição climática.

A TCR no período vegetativo foi maior nas semeaduras de novembro, dezembro e janeiro, e entre a primeira e a segunda floração (R1) foi maior nas semeaduras de outubro, novembro e dezembro (Tabelas 2 e 3). As maiores taxas de crescimento foram observadas nos períodos de maior temperatura média do ar (Tabela 3). Na Tabela 4 observa-se uma alta correlação positiva significativa da temperatura média do ar com a TCR. Ao contrário, entre a segunda e a terceira floração (R2) observa-se uma correlação negativa significativa da temperatura com a TCR (Tabela 4), entretanto, este resultado também é um indicativo do efeito positivo da temperatura sobre o crescimento nas fases iniciais do desenvolvimento da planta, pois a TCR diminui com o crescimento e desenvolvimento da planta.

Tabela 2 - Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL) do período vegetativo (VG), do período entre a primeira e a segunda floração (R1) e entre a segunda e a terceira floração (R2) da cultivar BRS Energia semeada em diferentes épocas.

Semeadura	TCR (g g ⁻¹)			TAL (mg cm ⁻² dia ⁻¹)		
	VG	R1	R2	VG	R1	R2
17/09/08	0,068 d	0,052 bc	0,039 ns	0,869 b	0,776 a	0,555 ns
20/10/08	0,091 c	0,067 ab	0,046	1,032 ab	0,752 a	0,613
20/11/08	0,113 b	0,080 a	0,046	1,099 a	0,833 a	0,634
15/10/09	0,075 cd	0,081 a	0,063	0,572 c	0,841 a	0,842
10/12/09	0,145 a	0,072 a	0,040	1,049 ab	0,750 a	0,600
15/01/10	0,121 b	0,034 c	0,066	1,026 ab	0,438 b	0,919
Média	0,102	0,064	0,050	0,941	0,731	0,694
CV	11,8	15,4	24,9	11,4	17,5	24,1

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” indica que as médias da coluna não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

Na medida em que a planta cresce, a proporção da sua matéria alocada em estruturas de sustentação, não diretamente produtivas, cresce, reduzindo o incremento de matéria seca por unidade já existente (HUNT, 2003). Portanto, taxas de crescimento inicialmente altas reduzem mais rapidamente do que taxas inicialmente baixas, em outras palavras, quanto maior o crescimento nas fases iniciais menores serão as taxas de crescimento nas fases seguintes. Esta tendência pode ser observada na Tabela 5, a matéria seca no final do período vegetativo é negativamente correlacionada com a TCR em R1.

A TAL apresentou comportamento semelhante ao da TCR, em relação à temperatura (Tabela 4). A TAL também diminui com o crescimento da planta, devido ao sombreamento das folhas. Isto pode ser observado na Tabela 5, a área foliar no final do período vegetativo é negativamente correlacionada com a TAL em R1.

A temperatura média do ar dos períodos estudados variou entre 20 e 25,7°C (Tabela 3), sendo que, neste intervalo, foi observada uma alta correlação positiva da temperatura com a TCR e a TAL no período vegetativo (Tabela 4). Este resultado está de acordo com Weiss (2000) e Moshkin (1986), que afirmam que a temperatura ótima para cultivo da mamona está entre 20 e 30°C.

Tabela 3 - Precipitação acumulada (Prec), umidade relativa do ar (UR), temperatura média do ar (T), insolação acumulada (INSA) e insolação média diária (INSM) do período vegetativo (VG), Reprodutivo 1, entre a primeira e a segunda floração (R1) e Reprodutivo 2, entre a segunda e a terceira floração (R2).

Semeadura	Prec (mm)	UR (%)	T (°C)	INSA	INSM
VG					
17/09/2008	71	70	20,0	312,5	7,3
20/10/2008	78	68	21,1	312,6	7,8
20/11/2008	35	64	22,6	282,5	8,7
15/10/2009	491	73	21,1	297,9	4,9
10/12/2009	77	70	23,3	259,4	6,9
15/01/2010	272	72	24,0	268,8	6,3
R1					
17/09/2008	55	67	21,4	136,7	6,8
20/10/2008	16	64	22,9	171,8	9,0
20/11/2008	57	68	22,5	140,1	8,2
15/10/2009	31	70	23,3	99,4	7,1
10/12/2009	103	71	25,7	80,4	6,0
15/01/2010	45	70	21,3	136,2	6,8
R2					
17/09/2008	16	64	22,9	171,8	9,0
20/10/2008	60	66	22,6	170,6	8,1
20/11/2008	120	70	22,9	185,2	8,5
15/10/2009	12	67	22,9	151,9	9,0
10/12/2009	125	73	24,2	83,0	5,5
15/01/2010	37	69	20,0	97,2	7,5

Experimentos com mamona em condições controladas mostram que sob condições de alta energia radiante e baixo déficit de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera, a maior taxa de assimilação de dióxido de carbono ocorre na faixa de temperatura entre 30 e 35°C (DAI et al., 1992). Entretanto, a temperatura ótima para a fotossíntese líquida se situa abaixo da temperatura ótima para a fotossíntese bruta, pois sob alta temperatura a fotorrespiração e a respiração mitocondrial diminuem o rendimento fotossintético (LARCHER, 2006). De acordo com Azevedo et al. (2007), a maior fotossíntese líquida ocorre aos 23°C. Porém, outros fatores externos interferem na temperatura ótima para a fotossíntese, por exemplo, em condições de fraca radiação (LARCHER, 2006) ou de baixa umidade relativa do ar (DAI et al., 1992) a temperatura ótima é deslocada para baixo.

Tabela 4 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: tempo entre a emergência e o final do período (F), matéria seca da planta ao final do período (MSF), área foliar da planta ao final do período (AFF), Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL), relação semente/fruto (S/F), produção de grãos por planta (PP) e produtividade (Prod), com as variáveis: precipitação (Prec), umidade relativa do ar (UR), temperatura (T) e insolação média diária (INSM).

	F	MSF	AFF	TCR	TAL	S/F	PP	Prod
VG								
Prec	0,892	0,118	0,114	-0,282	-0,720	0,271	-0,456	-0,126
	<i><0,0001</i>	<i>0,6421</i>	<i>0,6537</i>	<i>0,2568</i>	<i>0,0008</i>	<i>0,3278</i>	<i>0,0874</i>	<i>0,6535</i>
UR	0,780	0,247	0,208	-0,224	-0,617	0,157	-0,494	-0,568
	<i>0,0001</i>	<i>0,3239</i>	<i>0,4066</i>	<i>0,3709</i>	<i>0,0063</i>	<i>0,5768</i>	<i>0,0615</i>	<i>0,0272</i>
T	-0,382	0,750	0,748	0,855	0,488	0,033	-0,418	0,162
	<i>0,1177</i>	<i>0,0003</i>	<i>0,0004</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,0400</i>	<i>0,9075</i>	<i>0,1212</i>	<i>0,5648</i>
INSM	-0,864	-0,195	-0,211	0,183	0,700	-0,210	0,598	0,404
	<i><0,0001</i>	<i>0,4386</i>	<i>0,4017</i>	<i>0,4676</i>	<i>0,0012</i>	<i>0,4529</i>	<i>0,0184</i>	<i>0,1354</i>
R1								
Prec	-0,489	0,340	0,270	0,090	0,082	0,079	-0,405	-0,427
	<i>0,0394</i>	<i>0,1671</i>	<i>0,2783</i>	<i>0,7216</i>	<i>0,7475</i>	<i>0,7799</i>	<i>0,1342</i>	<i>0,1124</i>
UR	0,054	0,243	0,214	0,069	-0,108	0,134	-0,731	-0,387
	<i>0,8312</i>	<i>0,3322</i>	<i>0,3946</i>	<i>0,7846</i>	<i>0,6691</i>	<i>0,6338</i>	<i>0,0020</i>	<i>0,1539</i>
T	-0,289	0,539	0,633	0,511	0,272	0,174	-0,684	-0,100
	<i>0,2440</i>	<i>0,0209</i>	<i>0,0048</i>	<i>0,0301</i>	<i>0,2759</i>	<i>0,5344</i>	<i>0,0050</i>	<i>0,7240</i>
INSM	-0,160	-0,129	0,001	0,245	0,198	-0,179	0,549	0,692
	<i>0,5258</i>	<i>0,6109</i>	<i>0,9958</i>	<i>0,3265</i>	<i>0,4316</i>	<i>0,5241</i>	<i>0,0339</i>	<i>0,0043</i>
R2								
Prec	-0,869	0,274	0,118	-0,280	-0,259	-0,120	-0,140	0,247
	<i><0,0001</i>	<i>0,2718</i>	<i>0,6414</i>	<i>0,2601</i>	<i>0,3003</i>	<i>0,6694</i>	<i>0,6191</i>	<i>0,3741</i>
UR	-0,799	0,381	0,200	-0,049	0,010	-0,013	-0,452	0,084
	<i><0,0001</i>	<i>0,1188</i>	<i>0,4265</i>	<i>0,8458</i>	<i>0,9673</i>	<i>0,9646</i>	<i>0,0904</i>	<i>0,7671</i>
T	-0,116	-0,319	-0,461	-0,517	-0,506	-0,088	-0,659	-0,447
	<i>0,6463</i>	<i>0,1967</i>	<i>0,0540</i>	<i>0,0279</i>	<i>0,0321</i>	<i>0,7563</i>	<i>0,0076</i>	<i>0,0950</i>
INSM	0,735	-0,325	-0,191	0,143	0,069	-0,018	0,509	0,203
	<i>0,0005</i>	<i>0,1883</i>	<i>0,4468</i>	<i>0,5713</i>	<i>0,7846</i>	<i>0,9496</i>	<i>0,0525</i>	<i>0,469</i>

A UR tem grande influência no crescimento da mamona, quando menor que 30% ocorre redução da taxa fotossintética (MOSHKIN, 1986). De acordo com Dai et al (1992), a fotossíntese em mamona é muito sensível a mudanças na UR, sendo que a principal causa do efeito inibitório da baixa UR sobre a fotossíntese se deve,

principalmente, ao fechamento estomático. Para Azevedo et al. (2007), a faixa de UR ideal para a mamona vai de 50 a 65%. Neste trabalho, a umidade relativa do ar variou entre 64 e 73% (Tabela 3), sendo que a maior produtividade foi obtida nas épocas onde a UR foi menor, principalmente na fase reprodutiva. Como pode ser observado na Tabela 6 a UR e a temperatura em R1 apresentaram alta correlação negativa com a produção de sementes por planta. A combinação de alta UR com temperatura em torno de 25°C é ideal para o desenvolvimento do fungo *Anfobotrys ricini*, que ataca os racemos, principalmente na floração, causando grandes prejuízos a produtividade.

Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), matéria seca (MS) e área foliar (AF) na primeira (F1), segunda (F2) e terceira floração (F3); com as variáveis: Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL) para o período vegetativo (VG), entre a primeira e segunda floração (R2) e entre segunda e a terceira floração (R2).

	TCR VG	TCR R1	TCR R2	TAL VG	TAL R1	TAL R2
F1	-0,563 <i>0,0151</i>	0,029 <i>0,9088</i>	0,301 <i>0,2253</i>	-0,832 <i><0,0001</i>	0,045 <i>0,8581</i>	0,296 <i>0,2329</i>
F2	-0,675 <i>0,0021</i>	-0,166 <i>0,5093</i>	0,306 <i>0,2167</i>	-0,799 <i><0,0001</i>	-0,045 <i>0,8579</i>	0,293 <i>0,2378</i>
F3	-0,843 <i><0,0001</i>	-0,040 <i>0,8744</i>	0,243 <i>0,3308</i>	-0,767 <i>0,0002</i>	0,106 <i>0,6764</i>	0,198 <i>0,4300</i>

Na safra 2009/10 o excesso de precipitação resultou em uma condição de alta UR e baixa insolação, reduzindo a TAL do período vegetativo. Na Tabela 4 observa-se que a TAL apresentou correlação negativa com a UR e a precipitação e positiva com a insolação média no período vegetativo. Entretanto, este resultado não pode ser entendido como efeito negativo da UR sobre a fotossíntese, pois, provavelmente, a forte redução da TAL nos períodos de alta umidade se deve a redução da insolação pelo tempo chuvoso e encoberto.

O ciclo da planta variou em função da época de semeadura, na semeadura de novembro de 2008 observou-se o menor período vegetativo, enquanto que o maior foi observado na semeadura de outubro de 2009 (Tabela 6). As condições meteorológicas destas semeaduras foram bem distintas, a semeadura de novembro de 2008 apresentou maior insolação média diária e temperatura no estágio vegetativo que a semeadura de outubro de 2009, caracterizada pelo excesso de

chuvas e tempo encoberto, resultando na menor insolação dentre todas as épocas (Tabela 3).

Tabela 6 - Floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), em dias após a emergência (DAE), relação semente/fruto (S/F), produção de grãos por planta (PP) e produtividade da cultivar BRS Energia semeada em diferentes épocas.

Semeadura	Floração (DAE)			S/F	PP (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
	F1	F2	F3			
17/09/08	43 b	63 b	82 b	0,61 ns	234 a	546 b
20/10/08	39 bc	57 c	76 c	0,63	224 a	1.773 a
20/11/08	32 d	48 d	69 d	0,63	225 a	1.834 a
15/10/09	60 a	73 a	89 a	0,68	89 b	1.073 b
10/12/09	36 cd	50 d	64 e	0,63	58 b	706 b
15/01/10	42 b	61 b	73 cd	-	-	-
Média	42	59	76	0,63	166	1.186
CV	5,7	2,5	3,1	14,8	26,4	27,8

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” indica que as medias da coluna não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

A duração do período vegetativo apresentou alta correlação positiva com a precipitação e a umidade relativa do ar e alta correlação negativa com a insolação média diária (Tabela 4). Ou seja, em condições meteorológicas desfavoráveis o período vegetativo é maior, enquanto que em condições mais favoráveis as florações são antecipadas, diminuindo o ciclo da planta. Este fato pode estar relacionado com o crescimento, pois, as florações apresentam alta correlação negativa com a TCR e a TAL do período vegetativo (Tabela 5).

A matéria seca e a área foliar diferiram entre as sementeiras na floração dos racemos de primeira e segunda ordem, ou seja, ao final de VG e R1, sendo que ao final de R2 a diferença não foi significativa (Tabela 7). Na Tabela 8, observa-se que a MS e a AF nas florações não apresentam correlação com o número de dias da emergência até as florações, a correlação foi significativa apenas com a TCR, nos períodos VG e R2, e com a TAL, no período R2. Indicando que a MS e a AF ao final do período vegetativo estão mais relacionadas com a taxa de crescimento do que com a duração do período. A inexistência de correlação entre a duração de cada estágio e a matéria seca acumulada ao final do período indica uma compensação entre a duração do período e a taxa de crescimento.

Tabela 7 - Matéria seca por planta e área foliar por planta na primeira (F1), segunda (F2) e terceira floração (F3) da cultivar BRS Energia semeada em diferentes épocas.

Semeadura	Matéria Seca (g)			Área Foliar (cm ²)		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
17/09/08	25 c	69 c	143 ns	1673 c	4493 d	10711 ns
20/10/08	42 bc	141 ab	339	3996 bc	12155 ab	22429
20/11/08	33 c	114 bc	295	3340 c	10181 bc	18050
15/10/09	36 c	99 bc	264	3936 bc	8577 c	17016
10/12/09	62 ab	169 a	305	7349 a	14044 a	17533
15/01/10	73 a	141 ab	353	6489 ab	10799 bc	23831
Média	45	122	283	4464	10041	18262
CV	29,1	21,0	28,9	30,9	14,3	28,0

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” indica que as médias da coluna não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

A transição da fase vegetativa para a reprodutiva, que é marcada pela floração, depende da indução floral. Nas plantas que se auto-induzem, este evento ocorre em uma idade geneticamente determinada, ou após a formação de determinado número de primórdios foliares, ou após determinadas partes vegetativas atingirem determinado tamanho, ou quando há uma relação favorável de carbono/proteína e, em muitas plantas, a indução depende de fatores externos (LARCHER, 2006).

De acordo com Moshkin (1986), na mamona a duração do período vegetativo varia relativamente pouco devido a fatores externos, mas está intimamente relacionada com características hereditárias como o número de internódios e a altura do caule. Assim, provavelmente, a alta correlação encontrada entre a floração e os fatores externos estudados (Tabela 4), deve-se a correlação destes fatores com as taxas de crescimento (Tabela 4), que por sua vez estão intimamente relacionadas com o crescimento e desenvolvimento das estruturas vegetativas da planta.

Tabela 8 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: número de dias da emergência até a floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), Taxa de crescimento relativo e Taxa assimilatória líquida dos períodos vegetativo (VG) e reprodutivo (R1 e R2); com as variáveis: matéria seca (MS) e área foliar (AF) na primeira (F1), segunda (F2) e terceira floração (F3).

	F1	F2	F3	TCR			TAL		
				VG	R1	R2	VG	R1	R2
MS F1	-0,045	-0,091	-0,341	0,608	-0,536	0,081	0,361	-0,691	0,165
	<i>0,8589</i>	<i>0,7182</i>	<i>0,1667</i>	<i>0,0074</i>	<i>0,0219</i>	<i>0,7493</i>	<i>0,1412</i>	<i>0,0015</i>	<i>0,5128</i>
MS F2	-0,264	-0,360	-0,542	0,619	-0,041	-0,165	0,403	-0,183	-0,052
	<i>0,2889</i>	<i>0,1427</i>	<i>0,0202</i>	<i>0,0062</i>	<i>0,8729</i>	<i>0,5128</i>	<i>0,0973</i>	<i>0,468</i>	<i>0,8372</i>
MS F3	-0,126	-0,187	-0,208	0,369	-0,092	0,602	0,158	-0,373	0,615
	<i>0,6180</i>	<i>0,4578</i>	<i>0,4083</i>	<i>0,1317</i>	<i>0,7173</i>	<i>0,0082</i>	<i>0,5315</i>	<i>0,1273</i>	<i>0,0066</i>
AF F1	-0,053	-0,179	-0,405	0,720	-0,301	0,108	0,314	-0,575	0,179
	<i>0,8345</i>	<i>0,4777</i>	<i>0,0957</i>	<i>0,0007</i>	<i>0,2246</i>	<i>0,6707</i>	<i>0,2044</i>	<i>0,0125</i>	<i>0,4771</i>
AF F2	-0,287	-0,428	-0,548	0,687	0,090	-0,029	0,406	-0,208	0,026
	<i>0,2475</i>	<i>0,0765</i>	<i>0,0185</i>	<i>0,0016</i>	<i>0,7230</i>	<i>0,9099</i>	<i>0,0949</i>	<i>0,4074</i>	<i>0,9171</i>
AF F3	-0,092	-0,093	-0,105	0,255	-0,223	0,671	0,136	-0,469	0,606
	<i>0,7180</i>	<i>0,7146</i>	<i>0,6795</i>	<i>0,3072</i>	<i>0,3741</i>	<i>0,0023</i>	<i>0,5897</i>	<i>0,0494</i>	<i>0,0077</i>

A condição desfavorável, de tempo chuvoso e encoberto, da safra 2009/10 favoreceu o ataque de *Anfobotrys ricini*, reduzindo severamente a produtividade e até, no caso da semeadura de janeiro, acabando totalmente com a produção (Tabela 6). O controle deste fungo na mamona é praticamente inviável, pois não existem fungicidas registrados e o porte da planta dificulta a aplicação.

Na semeadura de setembro de 2008 a produtividade foi baixa, mas não está relacionada à ocorrência de doenças, pois a produção de sementes por planta não diferiu das semeaduras de outubro e novembro do mesmo ano (Tabela 6), indicando que a causa da baixa produtividade foi o estande de plantas. Isto, provavelmente, ocorreu devido às baixas temperaturas de setembro, causando problemas na emergência.

Ainda com relação a produtividade, é importante destacar que embora o crescimento inicial da semeadura de setembro/2008 tenha sido prejudicado pela menor insolação média diária e temperatura, as plantas igualaram a produção por planta das semeaduras de outubro/2008 e novembro/2008, provavelmente em

função do maior ciclo, disponibilizando mais tempo para o crescimento, e permitindo que o período reprodutivo ocorra em uma condição climática mais favorável.

4.4 Conclusões

Para a cultivar BRS Energia as maiores taxas de crescimento relativo no período vegetativo e reprodutivo 1, ocorrem nos períodos de temperatura média de 22,5 - 25,7°C e insolação média diária maior que 6 horas, que ocorrem nas semeaduras de novembro e dezembro na região de Pelotas.

A maior produtividade, para a cultivar BRS Energia cultivada na região de Pelotas, ocorre nas semeaduras de outubro e novembro.

5 Capítulo 2 – Análise de crescimento de cultivares de mamona semeadas em diferentes épocas

5.1 Introdução

O primeiro programa de melhoramento de mamona no Brasil foi iniciado pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), em 1936. O IAC desenvolveu várias cultivares, entre elas a IAC 226, Guarani e IAC 80. No Estado da Bahia, o programa de melhoramento de mamona foi iniciado na década de 60 pelo Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Leste (Ipeal). A partir de 1974, passou a ser conduzido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia (Epaba), tendo desenvolvido e distribuído várias cultivares. Em 1987, a Embrapa Algodão iniciou um trabalho de introdução e avaliação de genótipos de mamona, visando a adaptação de cultivares à região Semi-árida do Nordeste (AZEVEDO et al, 2007).

A cultivar AL Guarany 2002 foi lançada em 2002 pelo Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, Campinas/SP. Foi obtida através de seleção material clássica em mamona Guarani oriunda de multiplicação própria de agricultores (SAVY FILHO, 2005).

Os híbridos de mamona foram desenvolvidos originalmente nos Estados Unidos na década de 50, com o objetivo de serem cultivados sob irrigação e adaptados a colheita mecânica. As principais características dos híbridos em distribuição comercial no Brasil são: precocidade, porte baixo, indeiscência do fruto e grande porcentagem de flores femininas (SAVY FILHO 2005).

Ainda não existem cultivares de mamona desenvolvidas por um programa de melhoramento específico para o Rio Grande do Sul. A maior parte das cultivares que estão sendo utilizadas por agricultores foram introduzidas por programas das regiões Sudeste e Nordeste do Brasil.

Em 2003, a Embrapa Clima Temperado iniciou um trabalho de coleta, caracterização e introdução de genótipos de mamona, com o objetivo de iniciar um programa de melhoramento de mamona para a região Sul do Brasil. Os primeiros ensaios de competição de cultivares mostraram grande potencial produtivo da mamona no Rio Grande do Sul (SILVA et al., 2007).

As cultivares de mamona apresentam diferenças de ciclo, porte e nos componentes da produção. Estas diferenças podem interferir na maneira como a planta responde as alterações nas condições ambientais. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é estudar as diferenças entre as cultivares com relação ao comportamento das variáveis estudadas frente às variações nas condições ambientais.

5.2 Material e métodos

Os experimentos foram realizados no campo experimental da Embrapa Clima Temperado em Pelotas-RS, latitude 31°41' Sul, longitude 52°21' Oeste e altitude de 60 m, em solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, na safra 2009/10.

Foram estudadas quatro cultivares de características distintas: AL Guarany 2002, de ciclo médio e porte médio; IAC 80, de porte alto e ciclo longo; BRS Energia, de porte médio e ciclo precoce; e Lyra, híbrido de porte baixo e ciclo precoce. A semeadura foi realizada em três épocas, 15/10/2009, 10/12/2009 e 15/01/2010.

O cultivo foi estabelecido em sistema convencional de preparo do solo, utilizando-se os espaçamentos 1,20 x 0,60m para as cultivares AL Guarany 2002 e BRS Energia, 1,20 x 1,00m para a cultivar IAC 80 e 1,20 x 0,40 para a cultivar Lyra. Os espaçamentos foram diferentes em função do porte da planta de cada cultivar. A semeadura foi realizada manualmente, utilizando-se três sementes por cova. O desbaste foi realizado 15 dias após a emergência, mantendo-se uma planta em cada cova. A adubação e os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as indicações técnicas para o cultivo da mamona no Rio Grande do Sul (SILVA et al., 2007). O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com três repetições.

Para as avaliações fenológicas e de componentes do rendimento, foram observadas a data da emergência de 50% das plantas, data do início da floração dos racemos de 1º, 2º e 3º ordem, altura de planta, número de racemos por planta,

produção de sementes por racemo, produção de sementes por planta, relação semente/fruto, peso de 100 sementes e produtividade. Paralelamente também foi realizado o monitoramento da ocorrência de pragas e doenças, uma vez que podem causar prejuízos significativos à produtividade e devem ser considerados na escolha da época de semeadura.

Para determinação da matéria seca (MS) e área foliar (AF), foram realizadas coletas a cada 14 dias, iniciando aos 14 dias após a emergência. A Taxa de crescimento relativo (TCR) e a Taxa assimilatória líquida (TAL) foram calculados de acordo com as equações descritas por Hunt (2003), Equações 1 e 3, respectivamente.

Os dados meteorológicos foram obtidos através da estação agrometeorológica da Embrapa Clima Temperado, localizada próximo da área experimental. Foram utilizados dados de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e insolação.

Os dados foram submetidos à análise e discriminação da variância, com a utilização do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

5.3 Resultados e Discussão

Na análise da TCR e da TAL, nos intervalos entre coletas, foram significativos os efeitos principais de semeadura e avaliação, bem como a interação entre estes fatores. O efeito de cultivar não foi significativo.

Na Tabela 9, observa-se que na semeadura de outubro as maiores TCR e TAL foram observadas entre 44 e 87 dias após a emergência, enquanto que nas semeaduras de dezembro e janeiro as maiores taxas foram observadas entre 14 e 29 dias após a emergência. Comparando as semeaduras de dezembro e janeiro no intervalo de 14-29 dias, a maior TCR e TAL ocorreram na semeadura de dezembro. Na primeira semeadura, as taxas de crescimento e assimilação são inicialmente mais baixas e aumentam com a melhora da condição climática. Com o passar do tempo, a TCR e TAL diminuem mais rapidamente nas duas últimas semeaduras devido ao maior crescimento inicial, como já foi discutido no Capítulo 1.

Tabela 9 - Médias da Taxa de Crescimento Relativo e Taxa Assimilatória Líquida para os intervalos entre as coletas das quatro cultivares estudadas, em três épocas de semeadura na safra 2009/10.

Semeadura	Intervalo entre as coletas em dias após a emergência													
	14-29		29-44		44-58		58-72		72-87		87-101		101-115	
	Taxa de Crescimento Relativo (TCR) (g g ⁻¹)													
15/10/2009	0,052	c BC	0,056	ns BC	0,101	a A	0,088	a A	0,079	a AB	0,029	ns C	0,031	C
10/12/2009	0,174	a A	0,082	B	0,046	b C	0,055	b C	-0,001	b D	0,012	D	-	
15/01/2010	0,118	b A	0,059	B	0,051	b B	0,044	b B	-		-		-	
	Taxa Assimilatória Líquida (TAL) (mg cm ⁻² dia ⁻¹)													
15/10/2009	0,313	c D	0,377	b CD	0,672	ns ABC	0,795	ab AB	0,953	a A	0,401	ns DC	0,500	BCD
10/12/2009	1,188	a A	0,768	a BC	0,536	CD	0,898	a AB	-0,021	b E	0,310	D	-	
15/01/2010	0,798	b A	0,469	b B	0,560	AB	0,516	b AB	-		-		-	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” indica que as medias da coluna não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

De maneira geral, as maiores taxas de crescimento e assimilação foram observadas nos intervalos onde ocorreu a menor precipitação e UR e a maior insolação e temperatura média do ar (Tabela 10).

Tabela 10 - Umidade relativa do ar, Insolação total, Precipitação e Temperatura média do ar para os intervalos entre as coletas para avaliação do crescimento da mamona em três épocas de semeadura na safra 2009/10.

Semeadura	Intervalo entre as coletas em dias após a emergência						
	14-29	29-44	44-58	58-72	72-87	87-101	101-115
Umidade Relativa (%)							
15/10/2009	77	68	74	70	65	72	73
10/12/2009	68	70	72	71	70	70	
15/01/2010	73	69	69	69			
Insolação total (horas e décimos)							
15/10/2009	58,3	96,9	75,0	96,6	131,3	79,3	77,7
10/12/2009	90,5	119,3	79,5	82,5	112,0	92,7	
15/01/2010	77,7	106,5	106,3	98,9			
Precipitação (mm)							
15/10/2009	225	69	32	33	9	93	112
10/12/2009	33	33	99	118	42	26	
15/01/2010	112	62	43	36			
Temperatura média (°C)							
15/10/2009	21,8	19,2	23,4	23,2	22,7	25,9	24,2
10/12/2009	22,9	23,6	26,4	21,7	22,5	21,1	
15/01/2010	24,2	21,9	21,6	20,5			

Na análise das fases do ciclo da planta, não foi observada interação entre semeadura e cultivar. Os efeitos principais de semeadura e cultivar foram significativos para as florações, a TCR no VG e R1 e para MS e AF na primeira e segunda floração. Para a TAL apenas o efeito principal de semeadura foi significativo no VG e R1.

Os maiores valores de TCR e a TAL no VG ocorreram na semeadura de dezembro. No período R1 os maiores valores ocorreram na primeira e segunda época, já em R2 a diferença não foi significativa (Tabela 11).

Tabela 11 - Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL) nos períodos vegetativo (VG) e reprodutivo (R1 e R2) em três épocas de semeadura.

Semeadura	TCR (g g ⁻¹)				TAL (mg cm ⁻² dia ⁻¹)		
	VG	R1	R2		VG	R1	R2
15/10/09	0,0645 c	0,0714 a	0,0637 ns		0,5583 c	0,7854 a	0,8106 ns
10/12/09	0,1427 a	0,0575 a	0,0376		1,2419 a	0,6752 a b	0,5527
15/01/10	0,0949 b	0,0397 b	0,0508		0,8887 b	0,4816 b	0,6179

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” indica que as medias da coluna não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

Assim como na análise dos intervalos entre coletas, as fases do ciclo da planta que ocorreram em uma condição de maior insolação e temperatura apresentaram maiores taxas de crescimento e assimilação, do que as que ocorreram na condição de maior precipitação e umidade (Tabela 12), no período R2 as correlações não foram significativas, provavelmente devido à redução normal da taxa de crescimento neste período.

Como foi discutido no Capítulo 1, embora a umidade relativa observada esteja acima do intervalo considerado ideal para a cultura (Tabela 10), que é de 50 a 65% (AZEVEDO et al., 2007), e a correlação tenha sido negativa com as taxas de crescimento, provavelmente a alta umidade não tem efeito negativo sobre as taxas de crescimento e assimilação. Da mesma forma, a precipitação é fundamental para o crescimento, entanto, nesta situação, o tempo encoberto pode ser considerado o principal responsável pelo menor crescimento nos períodos mais chuvosos. Sabe-se que a mamona prefere ambientes ensolarados, com pouca nebulosidade (WEISS, 2000).

Isto ocorre porque se nenhum outro fator ambiental, como a temperatura, disponibilidade de água ou a UR está limitando as trocas gasosas, então a fotossíntese acompanha linearmente a disponibilidade de radiação até o ponto de saturação. A passagem de nuvens claras pouco influencia a fotossíntese, mas um grande efeito é produzido por fortes flutuações da radiação causada por um dia carregado de nuvens densas (LARCHER, 2006).

Na Tabela 12 observa-se que no VG a TCR e a TAL apresentaram alta correlação positiva com a temperatura e a insolação média diária. Em R1 foi observado somente o efeito da temperatura sobre estas taxas (Tabela 12).

Tabela 12 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: tempo entre a emergência e o final do período (F), matéria seca da planta ao final do período (MSF), área foliar da planta ao final do período (AFF), Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL), com as variáveis: precipitação (Prec), umidade relativa do ar (UR), temperatura (T) e insolação média diária (INSM).

	F	TCR	TAL	AFF	MSF
VG					
Prec	0,857	-0,892	-0,759	0,093	0,082
	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,5877</i>	<i>0,6332</i>
UR	0,345	-0,723	-0,681	-0,362	-0,331
	<i>0,0395</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,0303</i>	<i>0,0489</i>
T	-0,547	0,678	0,772	0,258	0,288
	<i>0,0005</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,1285</i>	<i>0,0888</i>
INSM	-0,466	0,753	0,731	0,315	0,295
	<i>0,0041</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,0617</i>	<i>0,0806</i>
R1					
Prec	0,300	-0,278	-0,034	0,776	0,762
	<i>0,0894</i>	<i>0,1177</i>	<i>0,8505</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>
UR	0,052	0,116	0,273	0,451	0,294
	<i>0,7729</i>	<i>0,519</i>	<i>0,1243</i>	<i>0,0084</i>	<i>0,0972</i>
T	-0,229	0,476	0,442	0,060	-0,039
	<i>0,1994</i>	<i>0,0051</i>	<i>0,0101</i>	<i>0,7383</i>	<i>0,8297</i>
INSM	0,235	0,100	-0,009	-0,314	-0,228
	<i>0,1886</i>	<i>0,5798</i>	<i>0,9616</i>	<i>0,0747</i>	<i>0,2014</i>

Neste trabalho a disponibilidade de água e a umidade do ar não foram limitantes, a taxa de crescimento e assimilação variou positivamente com o aumento da temperatura e da insolação média diária, sendo que a disponibilidade de radiação pode ser apontada como o principal fator limitante da semeadura de outubro, pois a temperatura variou entre 19,2 e 26,4°C (Tabela 10), ficando praticamente dentro do ótimo ecológico da cultura que fica entre 20 e 30°C (WEISS, 2000; MOSHKIN, 1986).

A correlação positiva da temperatura com as taxas de crescimento e assimilação (Tabela 12) ocorreu porque quando a UR não é limitante e a energia radiante é suficiente a temperatura ótima para a fotossíntese é maior.

Entre as cultivares, a BRS Energia apresentou a maior taxa de crescimento no período vegetativo. Em R1 a cultivar IAC 80 apresentou a menor TCR. A TAL não

diferiu entre as cultivares (Tabela 13). As características de cada uma das cultivares que contribuíram para este resultado serão melhor discutidas no Capítulo 3.

Tabela 13 - Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa assimilatória líquida (TAL) nos períodos vegetativo (VG) e reprodutivo (R1 e R2) de quatro cultivares de mamona.

Cultivar	TCR (g g^{-1})			TAL($\text{mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)		
	VG	R1	R2	VG	R1	R2
AL Guarani	0,0992 b	0,0607 a	0,0456 ns	0,9264 ns	0,7097 ns	0,5597 ns
BRS Energia	0,1136 a	0,0626 a	0,0564	0,8824	0,6763	0,7869
IAC 80	0,0912 b	0,0347 b		0,9494	0,5643	
Lyra	0,0988 b	0,0651 a	0,0501	0,827	0,6669	0,6346

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” indica que as médias da coluna não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

Com relação à semeadura, o maior período vegetativo ocorreu na semeadura de outubro e o menor na semeadura de dezembro. A AF e a MS nas florações foi maior na semeadura de dezembro (Tabela 14), indicando que a taxa de crescimento interfere no porte das plantas, assim, em condições favoráveis ao crescimento vegetativo, espera-se plantas maiores.

As cultivares diferiram conforme suas características, o maior ciclo e maior MS e AF nas florações foi observada na cultivar IAC 80, o que já era esperado, já que esta é uma cultivar de ciclo longo e de maior porte que as demais. Da mesma forma, o menor ciclo foi das cultivares Lyra e BRS Energia (Tabela 15).

Observa-se que na semeadura de dezembro, onde ocorreram às maiores taxas de crescimento e assimilação (Tabela 11), também foi observado o menor período vegetativo (Tabela 14). A indução floral, em muitas plantas que se auto induzem, ocorre após a formação de determinado número de primórdios foliares ou após determinadas partes vegetativas atingirem determinado tamanho (LARCHER, 2006). Neste trabalho observou-se uma alta correlação positiva do número de internódios com a duração do período vegetativo (Tabela 16), este resultado concorda com Moshkin (1986), que afirma que na mamona a duração do período vegetativo está intimamente relacionada com características hereditárias como o número de internódios e a altura do caule.

Tabela 14 - Número de dias entre a emergência e a floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), matéria seca (MS), em g, e área foliar nas florações F1, F2 e F3, em cm², em três épocas de semeadura.

Semeadura	F1	F2	F3	AF F1	AF F2	AF F3	MS F1	MS F2	MS F3
15/10/2009	74 A	88 A	92 A	8878 B	14718 B	14259 ns	94 B	216 B	218 ns
10/12/2009	44 C	64 B	67 C	11910 A	20786 A	18942	139 A	361 A	325
15/01/2010	54 B	65 B	79 B	9990 A B	11011 C	41651	116 A B	147 B	418

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” indica que as medias da coluna não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

Tabela 15 - Número de dias entre a emergência e a floração dos racemos de primeira (F1), segunda (F2) e terceira ordem (F3), matéria seca (MS), em g, e área foliar nas florações F1, F2 e F3, em cm², para quatro cultivares de mamona.

Cultivar	F1	F2	F3	AF F1	AF F2	AF F3	MS F1	MS F2	MS F3
AL Guarani	60,111 B	73 B	87,111 A	8287 B	14521 B	39035	93,18 B	194,29 B	435 ns
BRS Energia	46,111 C	61,444 C	75,444 B	5924 C	11140 B C	19460	57,05 C	136,21 B	307,5
IAC 80	75,556 A	106,83 A		21938 A	36121 A		269,16 A	720,63 A	
Lyra	47,222 C	61,778 C	75,667 B	4887 C	8608 C	16357	44,68 C	104,61 B	218,1

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” indica que as medias da coluna não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

Tabela 16 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) das variáveis: Número de internódios do caule (NI), Altura de inserção do racemo de primeira ordem (AIR), Altura de planta (AP), Número de dias entre a emergência e a primeira floração (F1), Taxa da crescimento relativo do período vegetativo (TCR VG) e Taxa assimilatória líquida do período vegetativo (TAL VG).

	NI	AIR	AP	F1	TCR VG
AIR	0,433 <i>0,0347</i>				
AP	0,461 <i>0,0234</i>	0,723 <i><0,0001</i>			
F1	0,675 <i><0,0001</i>	0,044 <i>0,8394</i>	-0,003 <i>0,9897</i>		
TCR VG	-0,298 <i>0,0777</i>	0,275 <i>0,1943</i>	0,354 <i>0,0900</i>	-0,720 <i><0,0001</i>	
TAL VG	-0,050 <i>0,7715</i>	0,410 <i>0,0468</i>	0,576 <i>0,0032</i>	-0,528 <i>0,0009</i>	0,858 <i><0,0001</i>

O número de internódios variou entre as épocas de semeadura e entre as cultivares. Na semeadura de dezembro, onde foram observadas as maiores taxas de crescimento e assimilação, o número de internódios foi menor do que nas outras semeaduras (Tabela 17). Entretanto, esta variação é pequena se comparada com a variação entre cultivares (Tabela 18). Este resultado confirma que embora possa existir algum efeito do ambiente sobre o número de internódios esta é uma característica predominantemente genética.

Tabela 17 - Número de internódios (NI), Altura de planta (AP), Altura de inserção do primeiro racemo (AIR) e Número de racemos por planta (NC), em três épocas de semeadura.

Semeadura	NI	AP	AIR	NC
15/10/2009	14,3 a	2,34 b	0,65 b	60,08 a
10/12/2009	13,0 b	2,90 a	0,80 a	36,75 b
15/01/2010	15,1 a	-	-	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$)

Não foi observada correlação entre a altura do caule, ou seja, a altura entre o solo e a inserção do racemo de primeira ordem (Tabela 16). A altura do caule varia com o número e o comprimento dos internódios, assim, embora tenha sido significativa a correlação entre número de internódios e altura do caule, o

comprimento dos internódios é afetado pelas condições ambientais. Embora não seja este o caso, outros autores já observaram relação entre a duração do período vegetativo e a altura do caule (SILVA et al, 2008).

Tabela 18 - Número de internódios (NI), Altura de planta (AP), Altura de inserção do primeiro racemo (AIR) e Número de racemos por planta (NC), relação semente/fruto (SC/CC), peso de 100 sementes (P 100), produção de sementes por racemo (PR) e produtividade (Prod), de quatro cultivares de mamona.

Cultivar	AP	AIR	NI	NC	SC/CC	P 100	PR	Prod
AL Guarani	2,49 b	0,59 b	13,4 b	41 b	0,59 a	43 a b	29 a	1.253 a
BRS Energia	2,73 b	0,84 a	11,7 c	75 a	0,65 a	31 c	12 b	889 a
IAC 80	3,33 a	0,95 a	19,1 a	13 c	0,46 b	47 a	30 a	430 b
Lyra	1,92 c	0,51 b	12,2 bc	64 a	0,64 a	40 b	14 b	951 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$)

Como os fatores externos tiveram pouco efeito sobre o número de internódios, pode-se concluir estes fatores não tem grande efeito direto sobre a indução floral da mamona. As variáveis ambientais têm efeito sobre as taxas de crescimento e assimilação, que por sua vez estão relacionadas ao desenvolvimento da planta, ocasionando maior precocidade em condições ambientais favoráveis, ou seja, de maior crescimento.

5.4 Conclusão

A variação das condições ambientais afeta o crescimento e o desenvolvimento das cultivares AL Guarany 2002, BRS Energia, IAC 80 e Lyra da mesma forma.

A cultivar BRS Energia apresenta a maior taxa de crescimento vegetativo entre as cultivares estudadas.

As cultivares AL Guarany 2002, BRS Energia, IAC 80 e Lyra apresentam uma redução no período vegetativo em condições de maior crescimento.

A passagem para o período reprodutivo é predominantemente determinada por fatores genéticos, apresentando alta correlação com o número de internódios.

6 Capítulo 3 – Componentes da Taxa de Crescimento Relativo e partição de fotoassimilados

6.1 Introdução

As plantas são basicamente constituídas por carboidratos, responsáveis por 60% ou mais da matéria seca vegetal. Os carboidratos produzidos pela assimilação de CO₂, através do processo de fotossíntese, são distribuídos de maneira sistemática e flexível, com o objetivo de suprir as necessidades dos órgãos da planta. Essa distribuição é controlada pela demanda e por mecanismos de coordenação, alguns dos quais envolvendo a ação dos hormônios vegetais (LARCHER, 2006).

Os fotoassimilados são utilizados pela planta para a manutenção, crescimento ou armazenamento. Durante o ciclo ocorrem mudanças de prioridade na distribuição, sendo que do ponto de vista agrônomo é desejável que no início do crescimento o carbono assimilado seja utilizado na produção de folhas, e posteriormente seja alocado para os grãos ou órgãos de armazenamento.

As cultivares de mamona apresentam diferenças quanto ao porte e ciclo, assim, espera-se que as cultivares apresentem diferenças na partição de fotoassimilados e que estas diferenças alterem o comportamento da planta frente às mudanças nas condições ambientais. Neste sentido o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise dos componentes da taxa de crescimento, procurando identificar quais destes componentes e quais características das cultivares são determinantes na taxa de crescimento.

6.2 Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no campo experimental da Embrapa Clima Temperado em Pelotas-RS, latitude 31°41' Sul, longitude 52°21' Oeste e altitude de 60 m, em solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, na safra 2009/10.

Foram estudadas quatro cultivares de características distintas quanto ao porte e ciclo: AL Guarany 2002, de ciclo médio e porte médio; IAC 80, de porte alto e ciclo longo; BRS Energia, de porte médio e ciclo precoce; e Lyra, híbrido de porte baixo e ciclo precoce. A semeadura foi realizada em três épocas, 15/10/2009, 10/12/2009 e 15/01/2010.

O cultivo foi estabelecido em sistema convencional de preparo do solo, utilizando-se os espaçamentos 1,20 x 0,60m para as cultivares AL Guarany 2002 e BRS Energia, 1,20 x 1,00m para a cultivar IAC 80 e 1,20 x 0,40 para a cultivar Lyra. Os espaçamentos foram diferentes em função do porte da planta de cada cultivar.

A semeadura foi realizada manualmente, utilizando-se três sementes por cova. O desbaste foi realizado 14 dias após a emergência, mantendo-se uma planta em cada cova. A adubação e os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as indicações técnicas para o cultivo da mamona no Rio Grande do Sul (SILVA et al., 2007). O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com três repetições.

Para determinação da matéria seca (MS) e área foliar (AF), foram realizadas coletas a cada 14 dias, iniciando aos 14 dias após a emergência. A razão da área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e a razão do peso foliar (RPF) foram calculados de acordo com as equações descritas por Hunt (2003), Equações 5, 6 e 7, respectivamente.

Os dados meteorológicos foram obtidos através da estação agrometeorológica da Embrapa Clima Temperado, localizada próximo da área experimental. Foram utilizados dados de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e insolação.

Os dados foram submetidos à análise e discriminação da variância, com a utilização do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

6.3 Resultados e Discussão

A variação na taxa de crescimento relativo observada nos capítulos anteriores pode ser explicada pela variação de seus componentes, que são a taxa assimilatória líquida, razão do peso foliar, razão da área foliar e área foliar específica.

Como foi discutido no Capítulo 2, na análise da TCR e da TAL, nos intervalos entre coletas, foram significativos os efeitos principais de semeadura e avaliação, bem como a interação entre estes fatores, sendo que o efeito de cultivar não foi significativo.

Dos componentes da TCR, apenas a RPF apresentou interação significativa para semeadura x época x avaliação. A RPF representa o investimento da planta nas estruturas produtivas e está intimamente relacionada com a partição de fotoassimilados.

Como pode ser observado nas figuras 2, 3 e 4, a porção da MS alocada nas folhas diminui com o passar do tempo. A partição de fotoassimilados está ligada ao crescimento e desenvolvimento e as características de cada cultivar.

As diferenças observadas entre as épocas de semeadura e entre as avaliações, provavelmente, devem-se as diferenças nas taxas de crescimento e desenvolvimento, pois conforme a planta cresce maior parte da MS vai sendo alocada para órgãos de sustentação e reprodutivos. Já as diferenças entre as cultivares devem-se a características como o porte e o ciclo. Quanto maior o porte maior será a quantidade de MS alocada nos órgãos de sustentação, e quanto maior o ciclo, mais tarde ocorrerá a alocação da MS para os órgãos reprodutivos.

Na primeira época de semeadura (Tabela 19) observa-se que na cultivar Lyra a RPF, praticamente não variou até os 58 dias após a emergência, sendo que após este período a redução da RPF se deve a alocação dos fotoassimilados nos órgãos reprodutivos (Figura 2d). Na cultivar IAC 80 a RPF não variou até os 80 dias, e, ao contrario da cultivar Lyra, após este período a redução deve-se a alocação dos fotoassimilados nas estruturas de sustentação da planta (Figura 2c). Esta diferença ocorre porque a cultivar IAC 80 tem ciclo longo e porte grande e a cultivar Lyra apresenta porte baixo e ciclo precoce. As cultivares AL Guarani 2002 e BRS Energia apresentaram uma redução mais gradual desde o início do ciclo, provavelmente devido ao porte médio.

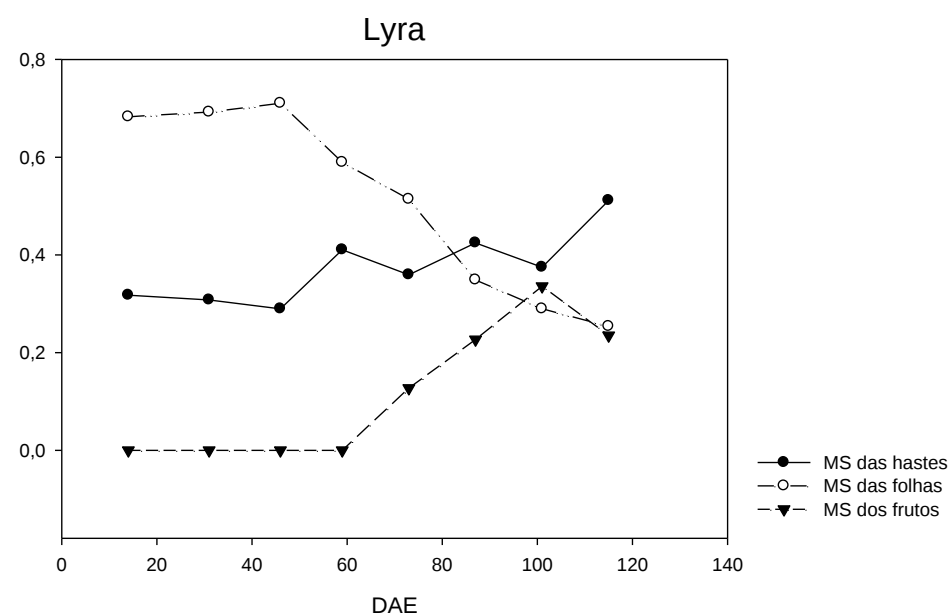
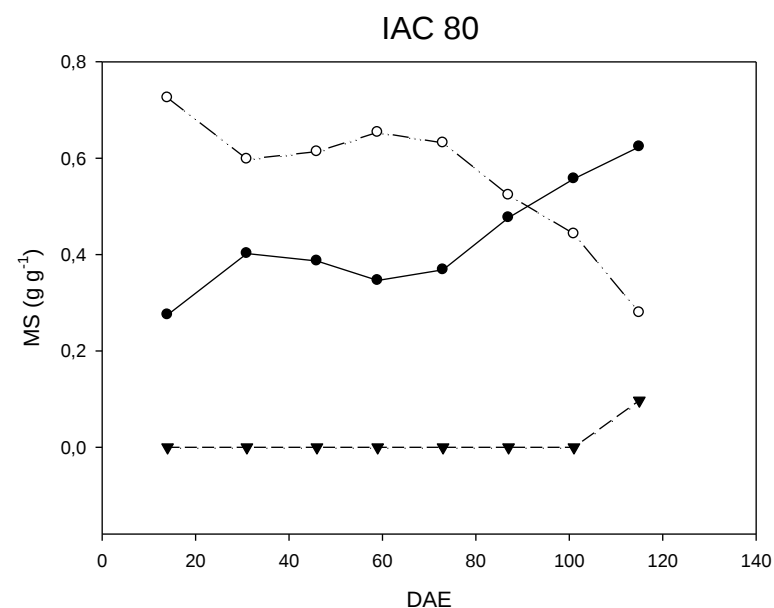
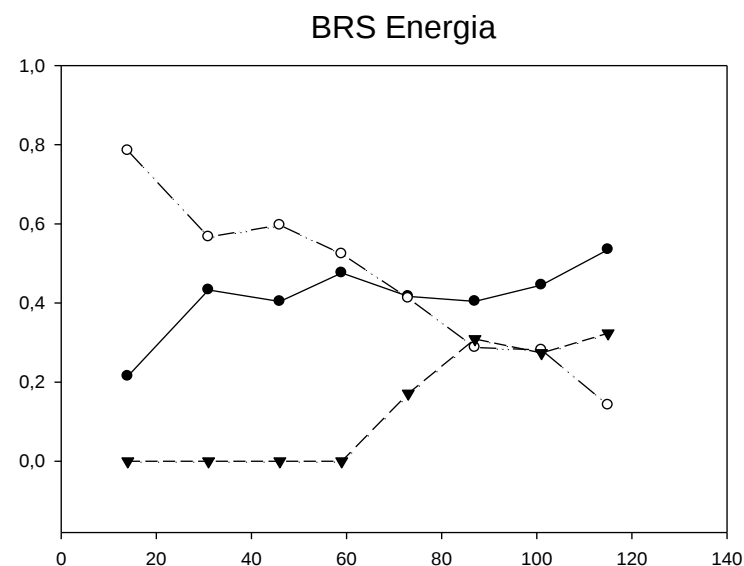
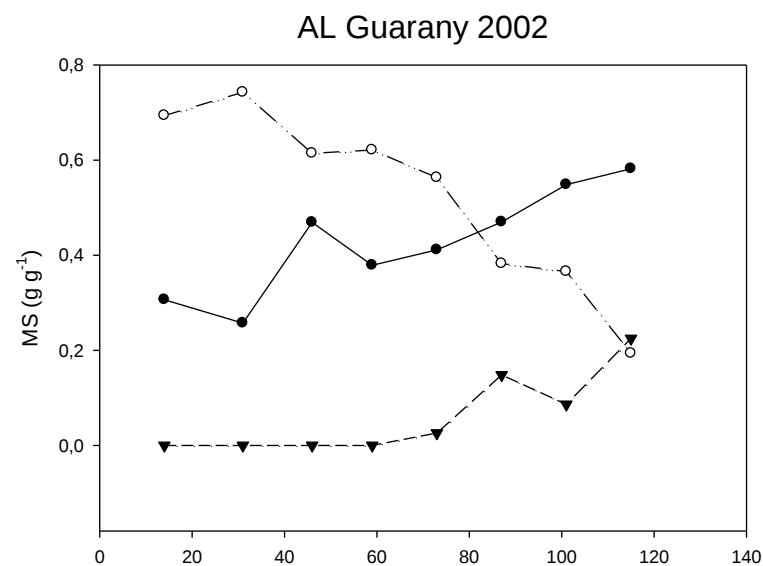


Figura 2 - Matéria seca (MS) alocada nas folhas (círculos abertos), nas hastes (círculos preenchidos) e racemos (triângulos preenchidos) das cultivares AL Guarani 2002, BRS Energia, IAC 80 e Lyra, em g g⁻¹ de matéria seca total, por dias após a emergência (DAE), na semeadura de outubro da safra 2009/10.

Tabela 19 - Razão do peso foliar média do intervalo entre coletas de quatro cultivares de mamona semeadas em três épocas.

Avaliação (DAE)	AL Guarani	BRS Energia	IAC 80	Lyra
15/10/09				
14-29	0,72 a NS	0,68 a	0,66 a	0,69 a
29-44	0,68 ab NS	0,58 b	0,61 a	0,70 a
44-58	0,62 b NS	0,56 b	0,63 a	0,65 a
58-72	0,59 b AB	0,47 c C	0,64 a A	0,55 b B
72-87	0,47 c B	0,35 d C	0,58 ab A	0,43 c CB
87-101	0,37 d B	0,28 e C	0,48 b A	0,32 d BC
101-115	0,28 e B	0,21 f C	0,36 c A	0,27 d B
10/12/09				
14-29	0,63 a NS	0,60 a	0,63 a	0,63 a
29-44	0,53 b B	0,52 a B	0,59 b A	0,58 a A
44-58	0,42 c NS	0,41 b	0,49 c	0,42 b
58-72	0,31 d NS	0,26 c	0,31 d	0,29 c
72-87	0,20 e B	0,14 d C	0,23 e AB	0,26 cd A
87-101	0,15 f B	0,13 d B	0,21 e A	0,21 d A
15/01/10				
14-29	0,61 a NS	0,62 a	0,66 a	0,56 a
29-44	0,56 b NS	0,52 ab	0,59 b	0,47 b
44-58	0,49 c NS	0,42 bc	0,55 c	0,45 b
58-72	0,39 d B	0,35 c B	0,48 d A	0,39 b B

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “NS” indica que as médias da linha não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

Na semeadura de outubro foram observadas diferenças na RPF entre as cultivares somente após os 58 dias (Tabela 19), sendo que a cultivar BRS Energia apresentou os menores valores, provavelmente devido à maior taxa de crescimento inicial (Tabela 13), ciclo precoce (Tabela 15) e porte médio (Tabela 17). A cultivar IAC 80 apresentou os maiores valores, provavelmente porque praticamente não houve alocação de MS nos racemos (Figura 2c), pois esta cultivar foi a mais prejudicada pelo ataque de doenças, como foi discutido no Capítulo 2.

Nas semeaduras de dezembro e janeiro, observou-se que o decréscimo da RPF foi gradual e contínuo desde o início do ciclo (Tabela 20 e Figuras 3 e 4). Isto provavelmente devem-se as maiores taxas de crescimento observadas nestas semeaduras (Tabela 11).

Tabela 20 - Razão do peso foliar média, em g g⁻¹ da matéria seca total, nos intervalos entre avaliações das quatro cultivares estudadas em três semeaduras.

Semeadura	Avaliação (DAE)						
	14-29	29-44	44-58	58-72	72-87	87-101	101-115
AL Guarani							
15/10/09	0,72 a	0,68 ns	0,62 a	0,59 a	0,47 a	0,37 a	0,28
10/12/09	0,63 b	0,53	0,42 b	0,31 c	0,20 b	0,15 b	
15/01/10	0,61 b	0,56	0,49 b	0,39 b			
BRS Energia							
15/10/09	0,68 ns	0,58 ns	0,56 ns	0,47 a	0,35 a	0,28 a	0,21
10/12/09	0,60	0,52	0,41	0,26 c	0,14 b	0,13 b	
15/01/10	0,62	0,52	0,42	0,35 b			
IAC 80							
15/10/09	0,66 ns	0,61 ns	0,63 a	0,64 a	0,58 a	0,48 a	0,36
10/12/09	0,63	0,59	0,49 b	0,31 c	0,23 b	0,21 b	
15/01/10	0,66	0,59	0,55 b	0,48 b			
Lyra							
15/10/09	0,69 ns	0,70 a	0,65 a	0,55 a	0,43 ns	0,32 ns	0,27
10/12/09	0,63	0,58 b	0,42 b	0,29 b	0,26	0,21	
15/01/10	0,56	0,47 c	0,45 b	0,39 b			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” indica que as médias da linha não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

De maneira geral, os maiores valores de RPF foram observados na semeadura de outubro. Isto indica que a RPF não foi um componente determinante na para a taxa de crescimento relativo, pois a menor TCR foi observada na primeira semeadura.

Para a AFE foi observada interação entre semeadura e cultivar, sendo que apenas as cultivares BRS Energia e Lyra apresentaram variações (Tabela 21). Como se trata de uma comparação entre plantas da mesma espécie, já era esperado uma variação pequena na AFE, uma vez que este índice está relacionado com a anatomia, morfologia e composição química da folha, que são características geneticamente determinadas, variando pouco com o ambiente.

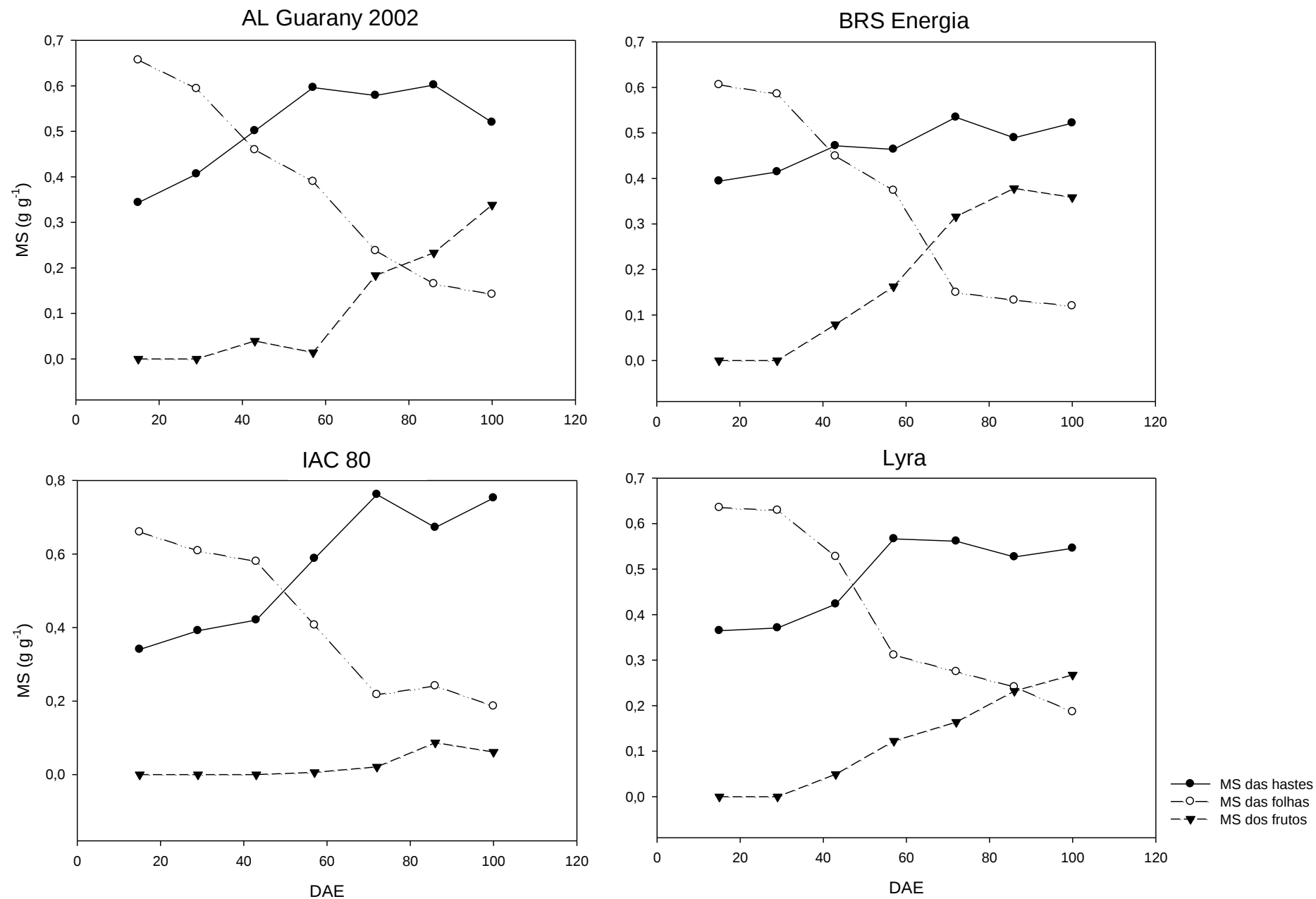


Figura 3 - Matéria seca (MS) alocada nas folhas (círculos abertos), nas hastes (círculos preenchidos) e racemos (triângulos preenchidos) das cultivares AL Guarani 2002, BRS Energia, IAC 80 e Lyra, em g g⁻¹ de matéria seca total, por dias após a emergência (DAE), na semeadura de dezembro da safra 2009/10.

Tabela 21 - Razão da área foliar (RAF) e Área foliar específica (AFE) para cultivares de mamona semeadas em três épocas na safra 2009-10.

Cultivar	RAF (cm ² g ⁻¹)			AFE (cm ² g ⁻¹)		
	15/10/09	10/12/09	15/01/10	15/10/09	10/12/09	15/01/10
AL Guarani	130,8 ns A	83,4 ns B	131,9 ns A	240,3 a NS	225,9 b	248,3 ns
BRS Energia	107,6 NS	86,0	105,8	234,9 a AB	265,2 a A	220,3 B
IAC 80	127,7 A	89,3 B	130,2 A	222,8 ab NS	215,6 b	224,5
Lyra	106,2 NS	90,5	118,8	206,9 b B	226,3 b B	274,6 A
Media	118,1	87,3	121,7	226,2	233,2	241,9
CV	40,4	50,4	34,2	15,4	18,3	28,6

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$); “ns” na coluna e “NS” na linha indicam que as medias não apresentaram diferença significativa na análise de variância.

A variação da RAF pode ser explicada pela variação da RPF e a AFE. Entretanto, apesar de a RPF e a AFE apresentarem diferenças entre as cultivares, o mesmo não foi observado para a RAF. A RAF foi menor na semeadura de dezembro nas cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002. Esta diferença se deve, principalmente, a RPF, pois estas cultivares foram as que mais acumularam MS durante o período vegetativo (Tabela 15) e na semeadura de dezembro foi onde as plantas atingiram o maior porte (Tabela 18), assim, quanto maior o porte da planta maior é a parte dos fotoassimilados alocado em tecidos de sustentação e, conseqüentemente, menor é a RPF e a RAF.

Entre a TAL e a RAF, o primeiro foi o componente mais relacionado com a TCR. A RAF é determinada pela AFE e pela RPF, sendo que neste trabalho a RPF foi o componente que mais explicou a variação da RAF (Tabela 22). Este resultado é exatamente o oposto do encontrado em trabalhos de comparação entre espécies. Lambers & Poorter (2004) em uma revisão de trabalhos sobre variação do índice de crescimento entre espécies observaram que a RAF é mais importante que a TAL na determinação do crescimento relativo potencial da planta, sendo que a AFE foi identificada como principal fator determinante da variação da TCR entre espécies.

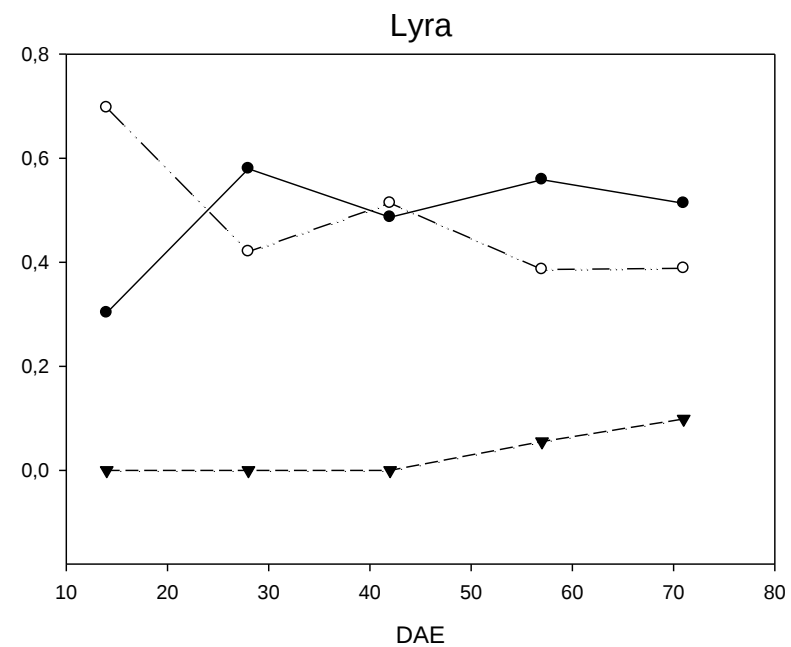
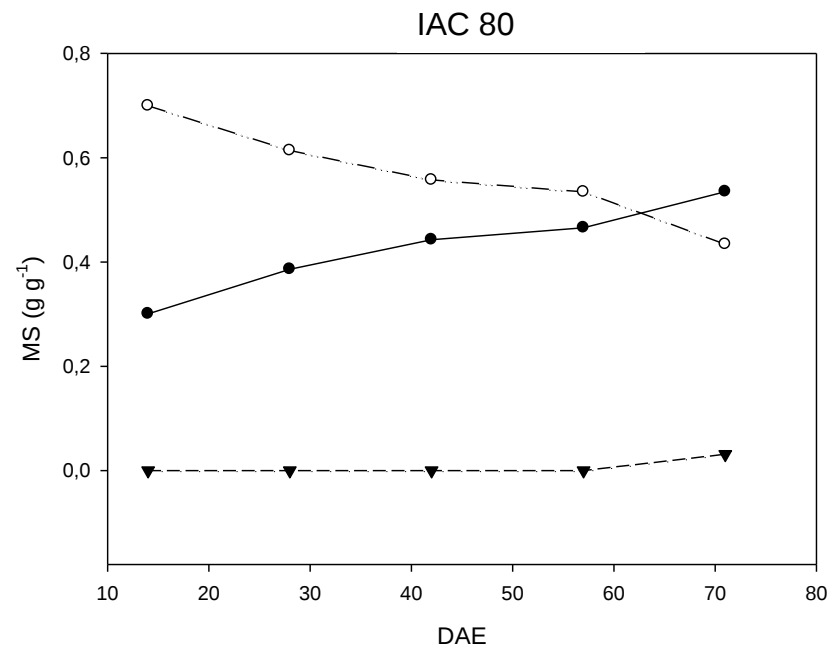
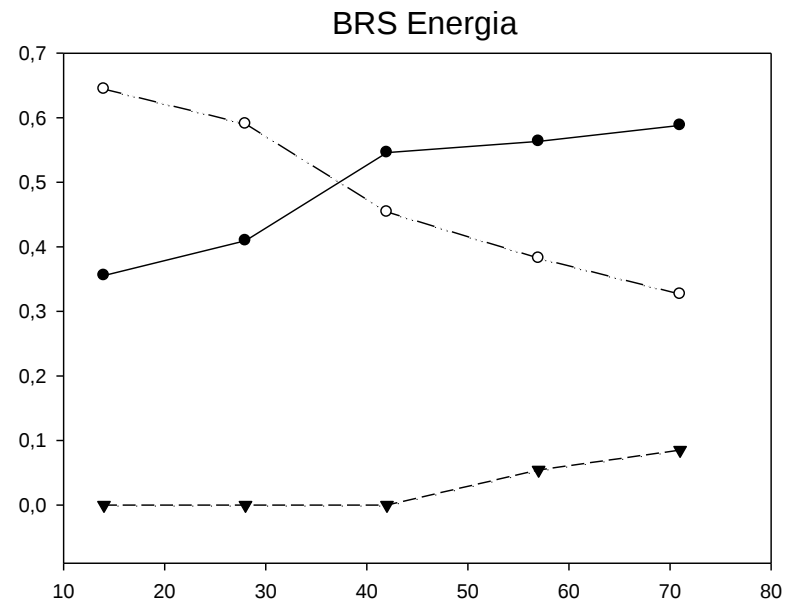
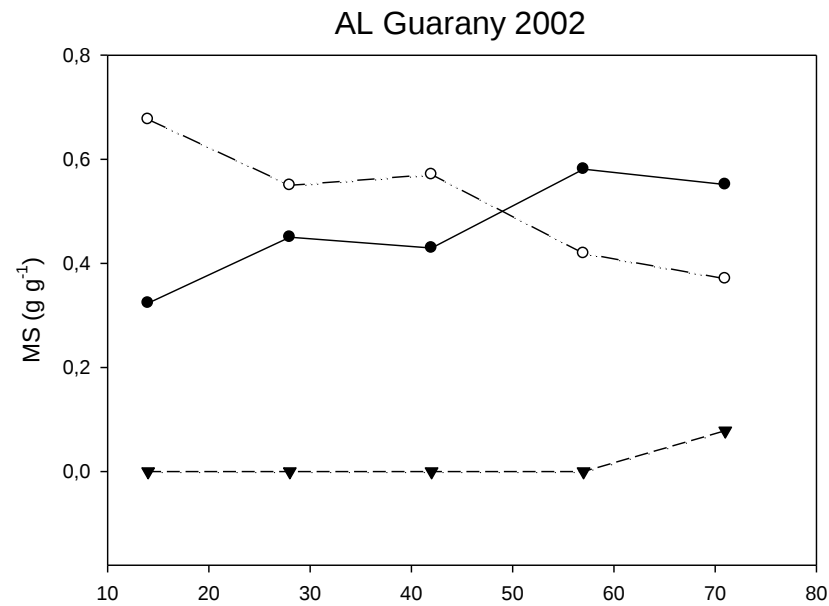


Figura 4 - Matéria seca (MS) alocada nas folhas (círculos abertos), nas hastes (círculos preenchidos) e racemos (triângulos preenchidos) das cultivares AL Guarani 2002, BRS Energia, IAC 80 e Lyra, em g g⁻¹ de matéria seca total, por dias após a emergência (DAE), na semeadura de janeiro da safra 2009/10.

Neste trabalho, onde a comparação foi entre plantas da mesma espécie com crescimento em diferentes condições meteorológicas, o principal fator determinante na variação da TCR foi a TAL (Tabela 22).

Tabela 22 - Coeficiente de correlação de Pearson (Negrito) e a respectiva significância (Itálico) entre as variáveis: Taxa de crescimento relativo (TCR), Taxa assimilatória líquida (TAL), Razão da área foliar (RAF), Razão do peso foliar (RPF) e Área foliar específica (AFE).

	TCR	TAL	RAF	AFE
TAL	0,816 <i><0,0001</i>			
RAF	0,586 <i><0,0001</i>	0,164 <i>0,0188</i>		
AFE	0,158 <i>0,0238</i>	-0,061 <i>0,3874</i>	0,454 <i><0,0001</i>	
RPF	0,579 <i><0,0001</i>	0,230 <i>0,0009</i>	0,888 <i><0,0001</i>	0,045 <i>0,5216</i>

Como foi discutido no Capítulo 2 (Tabela 17), a TAL, a exemplo da RAF, não apresentou diferença significativa entre as cultivares, sendo que o ambiente foi o fator determinante no crescimento e desenvolvimento. Este resultado não era esperado, devido à grande diferença entre as cultivares estudadas. Isto indica que todas as cultivares possuem grande potencial fotossintético nas condições estudadas e que somente a partição dos fotoassimilados varia conforme as características de cada cultivar.

Nem mesmo a diferença no índice de área foliar (IAF) entre as cultivares foi suficiente para provocar diferença na TAL entre as cultivares. A cultivar Lyra apresentou IAF máximo em torno de 4, seguida pela cultivar IAC 80, com 3,2 e os menores valores foram observados nas cultivares BRS Energia e AL Guarany 2002, com 2,3 (Figura 5).

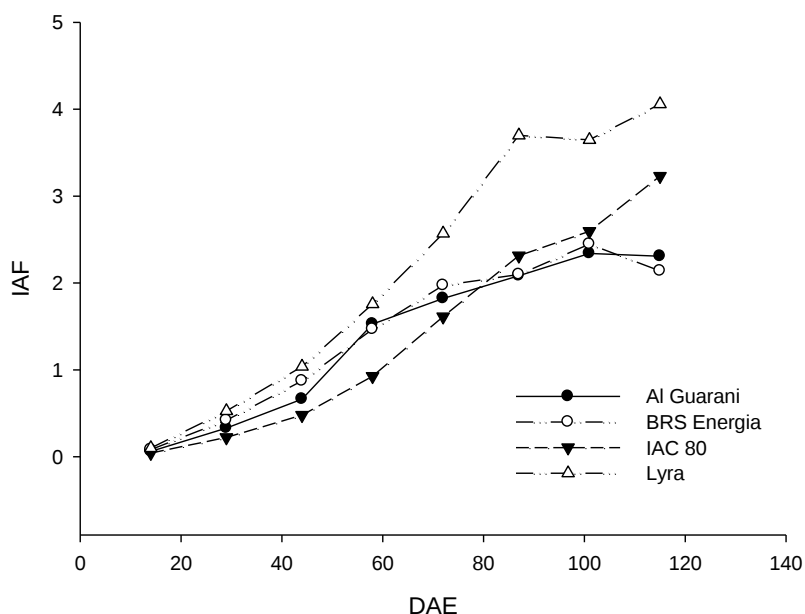


Figura 5 - Índice de área foliar (IAF) de quatro cultivares de mamona em função de dias após a emergência (DAE)

Com relação as épocas de semeadura, o IAF máximo foi atingido mais cedo nas épocas de semeadura que apresentaram as maiores taxas de crescimento. Na semeadura de dezembro o IAF médio máximo de 3 foi atingido aos 72 dias, enquanto que na semeadura de outubro este valor foi atingido aos 115 dias (Figura 6).

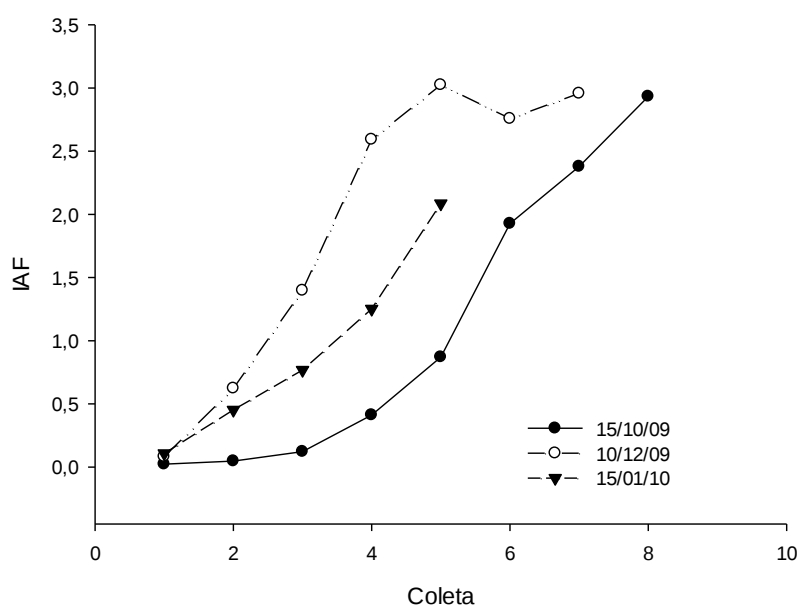


Figura 6 - Índice de área foliar (IAF) de cultivares de mamona semeadas em três épocas de semeadura.

Estes valores de IAF encontrados concordam com Azevedo et al. (2007), que afirma que o IAF da mamona varia entre 2 e 4 com média 3.

6.4 Conclusões

A Taxa assimilatória líquida e a Razão do peso foliar são os componentes determinantes na variação da taxa de crescimento da mamona.

As cultivares não apresentaram diferença quanto ao potencial fotossintético.

O Índice de área foliar observado, de até 4, não causa alterações na Taxa assimilatória líquida para as cultivares estudadas nas densidades utilizadas.

7 Discussão Geral

A maior taxa de crescimento relativo foi observada nos meses de novembro, dezembro e janeiro, ou seja, nas duas safras estudadas as melhores condições meteorológicas para o crescimento ocorreram nas semeaduras de novembro e dezembro. Isto ocorre devido à maior disponibilidade de luz e as maiores temperaturas deste período, já que a precipitação e a umidade relativa do ar não foram fatores limitantes para o processo de fotossíntese.

Com relação à produtividade, observou-se que as maiores produtividades ocorrem nas semeaduras de outubro e novembro. Este resultado concorda com outros trabalhos de época de semeadura realizados no RS (Tabela 23).

Tabela 23 - Resultados de trabalhos de época de semeadura de mamona no Rio Grande do Sul.

Safra	Local	Melhores épocas	Autor
2009/10	Veranópolis	6-nov, 16-nov	Eicholz et al. (2010)
2008/09	Veranópolis	20-out, 6-nov, 27-nov	Silva et al. (2010)
2006/07	Pelotas	27-out,30-nov	Aires et al. (2008)
2006/07	Erechim	10-nov	Silva et al. (2008)

Isto ocorre porque a taxa de crescimento no período vegetativo não determina a produtividade. Assim, embora as semeaduras de outubro apresentem taxas de crescimento menores no período vegetativo, o período reprodutivo ocorre em condições favoráveis, nos meses de novembro, dezembro e janeiro, permitindo bons rendimentos.

O principal limitante de antecipar a semeadura para setembro ou início de outubro são as baixas temperaturas, que prejudicam a emergência das plantas

diminuindo o estande da lavoura. As baixas taxas de crescimento e o alongamento do período vegetativo não são limitantes da produtividade, pelo contrário, pode ser considerada uma estratégia que permite que a planta passe para o período reprodutivo quando as condições são mais favoráveis.

Nas semeaduras mais tardias, em dezembro e janeiro, parte do período reprodutivo ocorre fora do período ideal. Além de prejudicar a fotossíntese, a redução da temperatura média a partir de fevereiro aumenta o risco de ocorrência de doenças. Este problema é mais grave nas cultivares de ciclo longo, onde a produtividade da segunda e da terceira ordem de racemos é bastante prejudicada na semeadura tardia (SILVA et al, 2008).

Não foi observada interação entre cultivar e a época de semeadura para a Taxa de crescimento relativo, indicando que o efeito das variações ambientais sobre o crescimento foi o mesmo para todas as cultivares. Isto ocorreu porque o fator determinante na taxa de crescimento foi a Taxa assimilatória líquida, ou seja, a fotossíntese líquida, e a TAL não diferiu entre as cultivares, variou apenas com a época de semeadura. Este resultado mostra que todas as cultivares estudadas apresentam o mesmo potencial fotossintético, a diferença entre as cultivares está na distribuição destes fotoassimilados.

No início do ciclo todas as cultivares apresentam a mesma estratégia de crescimento, alocando a maior parte dos fotoassimilados na produção de folhas. No período reprodutivo, as cultivares de menor ciclo e menor porte são beneficiadas por alocarem maior parte dos fotoassimilados para os racemos, ao contrario das cultivares de maior porte que gastam muita energia com estruturas de sustentação. Assim, embora todas as cultivares apresentem grande potencial fotossintético, o porte baixo e o ciclo mais curto representam uma grande vantagem no direcionamento dos fotoassimilados para a produção de grãos.

8 Conclusões Gerais

As melhores condições meteorológicas para o crescimento no período vegetativo, na região de Pelotas, ocorrem nas semeaduras de novembro e dezembro.

As maiores produtividades ocorrem nas semeaduras de outubro e novembro.

A taxa de crescimento no período vegetativo não determina a produtividade.

Em condições de boa disponibilidade hídrica a taxa de crescimento relativo apresenta alta correlação positiva com a temperatura e a insolação média diária, respectivamente, nos intervalos estudados, 20 – 25,7°C e 4,9 – 9,0 horas.

9 Referências

- AIRES, R. F. et al. Épocas de semeadura de mamona conduzida por duas safras em Pelotas-RS. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3. **Anais...** Salvador: Embrapa Algodão, 2008. 1 CD-ROM.
- AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 504p.
- Biodiesel UFV. Cotações. Disponível em:
<http://www.gestaodoagronegocio.com.br/biodieselufv/> Acesso em: 24 set. 2010.
- DAI, Z. et al. Control of Photosynthesis and Stomatal Conductance in *Ricinus communis* L. (Castor Bean) by Leaf to Air Vapor Pressure Deficit. **Plant Physiology**, v.99, p.1426-1434. 1992.
- EICHOLZ, E. D. et al. Épocas de semeadura para produção de mamona em Veranópolis/RS. In: Simpósio Estadual de Agroenergia, 3. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 1 CD-ROM.
- FAOSTAT. Top 20 Commodities and Producers. Disponível em:
<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> Acesso em: 24 set. 2010.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. Passo Fundo: UPF, 2004. 536p.
- HUNT, R. Growth Analysis, Individual Plants. In: Thomas, B. et al. **Encyclopedia of applied plant sciences**. London: Academic Press, 2003. p. 579-588
- IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>
 ≥ Acesso em: 24 set. 2010.
- KUMAR, P. V. et al. Influence of moisture, thermal and photoperiodic regimes on the productivity of castor beans (*Ricinus communis* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**. v.88, n.4, p.279-289, 1997.
- LAMBERS, H. & POORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. In: CASWELL, H. **Advances in ecological research**. New York: Elsevier, 2004, v. 34, p. 283-362.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 550 p.

LEOPOLD, A. C.; KRIEDEMANN, P. E. **Plant Growth and Development**. New York: McGraw-Hill, 1975. 587 p.

MOSHKIN, V. A. **Castor**. Moskow: Kolos Publisher, 1986. 315 p.

POORTER, H. Plant growth analysis: towards a synthesis of the classical and the functional approach. **Physiologia Plantarum**, v. 75, p.237-244, 1989.

POORTER, H.; GARNIER, E. Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, n. 302, p. 1343-1351, 1996.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT software: changes and enhancements through release 8.02**. Cary: SAS, 1999. 3 CD-ROM.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.

SILVA, S. D. A. et al. **A cultura da mamona no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 115p. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção, 11).

SILVA, S. D. A. et al. **Épocas de semeadura de mamona no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 20p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 76).

SILVA, S. D. A. et al. Épocas de semeadura de mamona na Serra Gaúcha na safra 2008/09. In: Simpósio Estadual de Agroenergia, 3. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 1 CD-ROM.

WEISS, E. A. **Oilseed Crops**. Oxford: Blackwell Science, 2000. 364p.

WREGE, M. S. et al. **Zoneamento agroclimático para mamona no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 30p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 192).