

JAQUELINE PEREIRA MACHADO

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA PARA A
CULTURA DA MAMONA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Solos).

Orientadora: Dr^a. Walkyria Bueno Scivittaro

Co-orientadora: Dr^a. Rosa Maria Vargas Castilhos

Pelotas, 2008

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

M149a Machado, Jaqueline Pereira
Adubação nitrogenada e fosfatada para a cultura da mamona
/ Jaqueline Pereira Machado . - Pelotas, 2008.
79f : il.

Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em
Solos. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade
Federal de Pelotas. - Pelotas, 2008, Walkyria Bueno Scivittaro ,
Orientador; co-orientador Rosa Maria Vargas Castilhos.

1. Ricinus communis 2. Lyra 3.Nitrogênio 4. Fósforo 5.
Adubo 6. Estado nutricional 7. Produtividade I Scivittaro,
Walkyria Bueno (orientador) II .Título.

CDD 633.85

Banca examinadora:

Dr^a. Walkyria Bueno Scivittaro (Orientadora)
Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado

Dr. João Guilherme Casagrande Júnior
Eng. Agrônomo

Prof^a. Dr^a. Flavia Fontana Fernandes
Depto. Solos – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” - UFPel

Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl
Depto. Solos – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” - UFPel

A minha família

Dedico

***Pelo amor, confiança, carinho e por
ser meu porto seguro.***

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por sempre me mostrar o caminho certo e por me proporcionar toda essa luz e dignidade.

Aos meus amados pais Zulma e Islairo, pelo amor, dedicação, carinho, patrocínio e pela confiança à mim depositados neste processo de aprendizado, fazendo-me crescer pelas minhas próprias qualidades e ser o que sou hoje.

Aos meus irmãos Marcelo e Júnior, pelo apoio e incentivo.

Ao meu noivo e amor de minha vida Luís, por sempre me ajudar e apoiar, sendo o refúgio nos momentos difíceis e pelo amor à mim dedicado.

À minha orientadora, Walkyria Bueno Scivittaro pela dedicação, pelos ensinamentos transmitidos e pela paciência.

À professora Rosa Maria Vargas Castilhos, pela co-orientação, ajuda e sugestões para a melhoria do trabalho.

À minha dinda Maria Helena e minha tia Irene por sempre ficarem na torcida para que tudo ocorresse da melhor maneira possível.

Aos meus amigos, funcionários da Embrapa Clima Temperado: Edith (mamãe), Tarouco (papai), Adão (vovô) e Paulinho (pequeno resmungão), pela ajuda no campo e no laboratório, pela amizade, atenção, carinho, atenção e por me fazerem sorrir.

Às minhas amigas de todas às horas Rochele e Giulia, por sempre me passarem todo conforto e carinho, e por sempre sorrirem comigo me fazendo sentir importante e ser bastante feliz.

Aos estagiários de campo da Embrapa Clima Temperado: Marcos, Pricila, Thiago, Abner, Fábio, Elenita, Felipe, Adriano, Renato e Gabriel, por estarem sempre dispostos a ajudar na longa jornada de realização deste trabalho e por repassarem seus conhecimentos.

Aos funcionários de campo da Embrapa Clima Temperado Jorge Castro, Sr. Valdir e Sr. Vilmar, pelos ensinamentos e grande ajuda no desenvolvimento das atividades de campo.

Aos estagiários dos laboratórios de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal da Embrapa Clima Temperado: Fabiane, Juliana, Marília, Mariana e Vanessa e ao funcionário Denoir, pela ajuda dedicada.

Ao pesquisador da Embrapa Clima Temperado Sérgio Delmar dos Anjos e Silva, pela cedência da área experimental, confiança, apoio, conselhos e ensinamentos proporcionados.

Aos amigos e colegas de trabalho do laboratório de cultura de tecidos da Embrapa Clima Temperado que eu admiro muito, pela amizade, por me proporcionarem momentos de harmonia, carinho e amor.

Aos meus colegas da pós-graduação, pela preocupação e carinho dedicados.

Às funcionárias do laboratório de Química do Solo da FAEM-UFPeI, por sempre estarem de portas abertas para me receber e me ajudar.

À minha querida sogrinha Mariza pela alegria, preocupação e entusiasmo, sempre me proporcionando momentos de conforto.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA) e à Financiadora de estudos e projetos (FINEP), pelo auxílio financeiro para a execução do projeto de pesquisa.

À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação em nível de mestrado.

À Embrapa Clima Temperado, por me oferecer suporte estrutural, de transporte e financeiro para a realização do projeto de pesquisa.

A todos que de alguma forma ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

MACHADO, Jaqueline Pereira. **Adubação nitrogenada e fosfatada para a cultura da mamona**. 2008. 80p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

No Brasil, desde o período colonial, a cultura da mamona teve grande importância econômica e social, particularmente para a região Nordeste, em razão da qualidade diferenciada de seu óleo. Recentemente, com o estabelecimento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, seu cultivo passou a ser incentivado em outras regiões do País, onde a carência de informações de pesquisa ainda é grande. O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta de cultivares de mamoneira às adubações nitrogenada e fosfatada nas condições edafoclimáticas da região Sul do Rio Grande do Sul. O estudo, compreendendo dois experimentos (adubação nitrogenada e adubação fosfatada), foi realizado na safra agrícola 2007/08, em um Planossolo Háplico, no município de Pelotas, RS. Foram utilizadas duas cultivares de mamoneira (AL Guarany 2002 e Lyra) e cinco doses (0; 30; 60; 90 e 120 kg ha⁻¹) de N ou de P₂O₅, de acordo com o experimento. Avaliaram-se os efeitos dos tratamentos sobre a nutrição e produção da mamoneira e sobre a fertilidade do solo após a colheita. De forma geral, as fertilizações nitrogenada e fosfatada favoreceram o estado nutricional da mamoneira. A produtividade da cultura aumentou com o uso de até 84 kg ha⁻¹ de N, sendo a dose de máxima eficiência econômica 77 kg ha⁻¹ de N. Com relação à resposta ao fósforo, a produtividade de grãos aumentou com o uso de até 156 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para a 'AL Guarany 2002', e de até 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para a 'Lyra'; as doses econômicas para essas cultivares foram, respectivamente, 134 kg ha⁻¹ e 78 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As adubações nitrogenada e fosfatada promoveram aumento do teor de fósforo disponível no solo.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. 'AL Guarany 2002'. 'Lyra'. Nitrogênio. Fósforo. Adubo. Estado nutricional. Produtividade. Rio Grande do Sul.

Abstract

MACHADO, Jaqueline Pereira. **Nitrogen and phosphate fertilization of castor bean.** 2008. 80p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

In Brazil, since the colonial period, the culture of castor bean had great economic and social importance, particularly for the Northeast region, due to the differentiated quality of its oil. Recently, with the establishment of the National Program of Production and Use of Biodiesel, its culture began to be stimulated in other regions of the Country, where the lack of research information still is great. The objective of this study was to evaluate the response of castor bean cultivars to the nitrogenous and phosphatic fertilizations in the conditions of the South region of Rio Grande do Sul. The study, comprising two experiments (nitrogenous fertilization and phosphatic fertilization), was carried out in the agricultural harvest of 2007/08, in a Planossolo Háplico (Albaqualf), in the municipality of Pelotas, RS. Two castor bean cultivars ('AL Guarany 2002' and 'Lyra') and five doses (0; 30; 60; 90 and 120 kg ha⁻¹) of N or P₂O₅ were used, according to the experiment. The effects of the treatments on the nutrition and production of the castor bean were evaluated as well as the fertility of the soil after the harvest. In general, the nitrogenous and phosphatic fertilizations favored the nutritional state of the castor bean. The yield of the culture increased with the use of up to 84 kg ha⁻¹ of N, being the dose of maximum economic efficiency 77 kg ha⁻¹ of N. With regard to the response to phosphorus, the yield of grains increased with the use of up to 156 kg ha⁻¹ of P₂O₅, for 'AL Guarany 2002', and of up to 90 kg ha⁻¹ of P₂O₅, for 'Lyra'; the economic doses for these cultivars were, respectively, 134 ha⁻¹ and 78 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The nitrogenous and phosphatic fertilizations promoted increase of the concentration of available phosphorus in the soil.

Key words: *Ricinus communis*. 'AL Guarany 2002'. 'Lyra'. Nitrogen. Phosphate. Fertilizer, Nutritional status, Yield. State of Rio Grande do Sul, Brazil.

Lista de Figuras

Figura 2.1	Teor de nitrogênio na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.....	28
Figura 2.2	Teor de fósforo na folha de mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	28
Figura 2.3	Teor de ferro na folha de mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	29
Figura 2.4	Teor de enxofre na folha de mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	30
Figura 2.5	Teor de boro na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	31
Figura 2.6	Altura da mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.....	34
Figura 2.7	Produtividade de grãos da mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	35
Figura 2.8	Rendimento grão:casca da mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	36
Figura 2.9	Massa de 100 grãos de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	37
Figura 2.10	Teor de fósforo disponível no solo após o cultivo da mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	38
Figura 3.1	Visualização de planta de mamoneira da cultivar Lyra com sintomas de mofo-cinzento (<i>Amphobotrys ricini</i>). Pelotas, RS. Março de 2008.	48
Figura 3.2	Teor de nitrogênio na folha da mamoneira em função da dose de fósforo utilizada na adubação.	52
Figura 3.3	Teor de cálcio na folha da mamoneira em função da dose de fósforo utilizada na adubação.	53
Figura 3.4	Teor de boro na folha da mamoneira em função da dose de fósforo utilizada na adubação.	54
Figura 3.5	Teor de ferro na folha da mamoneira em função da dose de fósforo utilizada na adubação.	55
Figura 3.6	Altura de planta da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.	57
Figura 3.7	Altura de inserção do primeiro cacho da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.....	58

Figura 3.8	Produtividade de grãos da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.	59
Figura 3.9	Teor de fósforo no solo, após o cultivo da mamoneira, em função da dose utilizada na adubação.....	62

Lista de Tabelas

Tabela 2.1	Teor de nitrogênio na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	27
Tabela 2.2	Teores de potássio, magnésio, cobre e ferro na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra.....	29
Tabela 2.3	Teor de boro na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	31
Tabela 2.4	Altura de planta e de inserção do primeiro cacho e rendimento grão/casca da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra.....	33
Tabela 2.5	Massa de 100 grãos de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.	37
Tabela 3.1	Resultados de análise química ¹ do solo da área experimental.....	46
Tabela 3.2	Teores de nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre e cobre na folha da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra.	51
Tabela 3.3	Teor de boro na folha da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.	53
Tabela 3.4	Altura de planta da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.	56
Tabela 3.5	Altura de inserção do primeiro cacho da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.....	56
Tabela 3.6	Produtividade em grão da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA CULTIVARES DE MAMONA NO RIO GRANDE DO SUL	16
2.1 Resumo.....	16
2.2 Abstract.....	18
2.3 Introdução.....	20
2.4 Material e Métodos	23
2.5 Resultados e Discussão	26
2.5.1 <i>Estado nutricional da mamoneira</i>	26
2.5.2 Crescimento e desempenho produtivo da mamoneira.....	32
2.5.3 <i>Atributos químicos do solo</i>	38
2.6 Conclusões	39
3 ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DA MAMONEIRA CV. AL GUARANY 2002 E LYRA NO RIO GRANDE DO SUL.....	40
3.1 Resumo.....	40
3.2 Abstract.....	41
3.3 Introdução.....	43
3.4 Material e Métodos	46
3.5 Resultados e Discussão	50
3.5.1 <i>Estado nutricional da mamoneira</i>	50
3.5.2 Crescimento e desempenho produtivo da mamoneira.....	55
3.5.3 <i>Atributos químicos do solo</i>	62
3.6 Conclusões	63
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
5. REFERÊNCIAS.....	66
APÊNDICES	71

1 INTRODUÇÃO GERAL

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) pertence à família Euphorbiaceae, possivelmente originária da antiga Abissínia, hoje Etiópia (BELTRÃO et al., 2001). Embora seja considerada uma planta de clima quente, é extremamente adaptável às mais variadas condições ambientais, sendo distribuída em regiões de clima tropical, subtropical e temperado.

Atualmente, a mamona é cultivada em quase todos os continentes do mundo. Historicamente, os maiores produtores mundiais de mamona têm sido a Índia, a China, e o Brasil, com áreas plantadas, em 2006, de 750.000 hectares, 250.000 hectares e 137.555 hectares, respectivamente. Na safra 2006/07, a produção brasileira foi de 92.327 toneladas, sendo a Bahia o maior produtor, com aproximadamente 72.000 toneladas (MAMONA, 2008). Na região Sul, o cultivo iniciou na safra 2004/05, sendo a área plantada ainda bastante pequena, restringindo-se, basicamente, a pequenas propriedades rurais.

Do ponto de vista agroindustrial, o fruto apresenta aproveitamento integral, obtendo-se como produto principal o óleo extraído dos grãos e, como subproduto, a torta que pode ser utilizada como adubo orgânico com alta capacidade de restauração de terras esgotadas (BELTRÃO et al., 2001) e na alimentação de ruminantes, devido ao alto teor de fibras, após a remoção da toxina ricina. A importância da cultura é oriunda das várias aplicações de seu óleo no mundo moderno, servindo como lubrificante na aeronáutica, como óleo fluído para instalações hidráulicas e, após a desidratação, é utilizado na fabricação de tintas e isolantes. Também é usado como base para a manufatura de cosméticos e de muitos tipos de drogas farmacêuticas, além de vários processos industriais, como a fabricação de corantes, anilina, desinfetantes, germicidas, colas e aderentes, bases para fungicidas e inseticidas, tintas de impressão e vernizes. Outra aplicação

importante do óleo de mamona é na fabricação de nylon e da matéria plástica (SILVA et al., 2005).

O óleo de mamona também pode ser usado para a produção de biodiesel. Nos últimos anos, devido ao fato de não existirem bons substitutos em muitas das aplicações do óleo, como também pela sua versatilidade industrial, a demanda por este vem se expandindo bastante tanto no Brasil quanto em outros países industrializados. No Brasil, com o Programa Nacional de Biodiesel, a produção de óleo de mamona para a fabricação de biodiesel tornou-se um mercado muito promissor. Acredita-se que com os investimentos em tecnologia agrícola que estão sendo feitos por empresas industriais e comercializadoras do óleo de mamona e derivados, o Brasil poderá voltar a crescer em produção e competir no mercado internacional nas próximas décadas (SILVA et al., 2005).

Em vista das inúmeras e importantes utilizações do óleo e do crescente consumo, a cultura da mamona necessita de maior atenção da pesquisa, pois seu estudo ainda é muito restrito, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, onde não se dispõe de informações de pesquisa que fundamentem recomendações de adubação específicas para a cultura. As adubações praticadas nos cultivos comerciais resultam, basicamente, da adaptação de indicações estabelecidas para outras regiões produtoras do País, em especial as de São Paulo, podendo estar subestimando ou superestimando as exigências nutricionais da cultura, limitando a expressão do potencial de produtividade e afetando a qualidade do produto final.

Em razão da importância que a cultura tem adquirido na diversificação da matriz energética, de sua adequação à produção no Rio Grande do Sul, bem como da importância da nutrição adequada para o bom desempenho produtivo da mamoneira, torna-se premente a implementação de ações de pesquisa visando o estabelecimento de curvas de resposta da cultura à adubação, contemplando, inicialmente, os macronutrientes primários nitrogênio, fósforo e potássio, principais nutrientes utilizados nas adubações, subsidiando a elaboração de recomendações de adubação para a mamoneira específica para o Estado.

O objetivo deste trabalho foi:

- ❖ Estabelecer curvas de resposta à adubação nitrogenada e fosfatada para a cultura da mamoneira.
- ❖ Subsidiar o estabelecimento de recomendação de adubação para a mamoneira específicas para o estado do Rio Grande do Sul.

A dissertação é composta por dois estudos; o primeiro trata do efeito da adubação nitrogenada e o segundo, da adubação fosfatada para as cultivares de mamoneira AL Guarany 2002 e Lyra.

2 ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA CULTIVARES DE MAMONA NO RIO GRANDE DO SUL

ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA CULTIVARES DE MAMONA NO RIO GRANDE DO SUL

NITROGEN FERTILIZATION TO CASTOR BEAN CULTIVARS IN RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL

2.1 Resumo – O cultivo de mamona está sendo incentivado no Rio Grande do Sul, para atender a demanda crescente de matéria-prima para a produção de biodiesel. O desenvolvimento da cultura requer o aprimoramento de tecnologias de produção, como o estabelecimento de recomendações de adubação regionalizadas. Realizou-se um estudo para avaliar a resposta de duas cultivares de mamoneira à adubação nitrogenada. O estudo foi realizado na safra agrícola 2007/08, em um Planossolo Háplico, no município de Pelotas, RS. Os tratamentos compreenderam as cultivares: AL Guarany 2002, de porte e ciclo médio, e Lyra, híbrido de porte baixo e ciclo precoce, e cinco doses de nitrogênio (0; 30; 60; 90 e 120 kg ha⁻¹), associadas a doses fixas de fósforo e potássio (90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O). Esses foram dispostos em delineamento blocos ao acaso, em esquema fatorial, com três repetições. Parte do fertilizante nitrogenado (uréia) foi aplicado por ocasião da semeadura (30 kg ha⁻¹ de N) e o restante, quando previsto pelo tratamento, em cobertura (35 dias após a emergência). Avaliaram-se o estado nutricional e desempenho produtivo da cultura e a fertilidade do solo após o cultivo da mamoneira. A adubação nitrogenada altera os teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre, boro e ferro da mamoneira, sendo o efeito diferenciado entre as cultivares 'AL Guarany 2002' e 'Lyra', para os nutrientes nitrogênio e boro. Os teores foliares de macro e micronutrientes da cultivar AL Guarany 2002 são superiores ao da 'Lyra', exceção feita para o boro. O uso de até 100 kg ha⁻¹ de N promove o crescimento da mamoneira. A adubação nitrogenada aumenta a produtividade da mamoneira, sendo as doses de máxima eficiência técnica e econômica, respectivamente, 84 e 77 kg

ha⁻¹ de N. O uso de adubação nitrogenada promove aumento da disponibilidade de fósforo no solo.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. 'AL Guarany 2002'. 'Lyra'. Nitrogênio. Adubo. Estado nutricional. Produtividade.

2.2 Abstract – The culture of castor bean has been stimulated in Rio Grande do Sul, to meet the increasing demand for raw material for the production of biodiesel. The development of the culture requires the improvement of production technologies, such as the establishment of regional recommendations of fertilization. A study was carried out to evaluate the response of two castor bean cultivars to the nitrogenous fertilization. The study was carried out in the agricultural harvest of 2007/08, in a Planossolo Háplico (Albaquarf), in the municipality of Pelotas, RS. The treatments comprehended the cultivars: 'AL Guarany 2002', of average cycle and size, and 'Lyra', hybrid of low size and precocious cycle, and five doses of nitrogen (0; 30; 60; 90 and 120 kg ha⁻¹), associated to fixed doses of phosphorus and potassium (90 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and K₂O). These were laid in delineation blocks at random, in factorial project, with three repetitions. Part of the nitrogenous fertilizer (urea) was applied by occasion of the sowing (30 kg ha⁻¹ of N) and the remainder, when foreseen by the treatment, in topdressing (35 days after the emergence). The nutritional state and productive performance of the culture were evaluated as well as the fertility of the soil after the culture of the castor bean. The nitrogenous fertilization modifies foliar concentrations of nitrogen, phosphorus, sulphur, boron and iron of the castor bean, being the effect differentiated among the 'AL Guarany 2002' and 'Lyra' cultivars, for the nutrients nitrogen and boron. The foliar concentrations of macro and micronutrients of the 'AL Guarany 2002' cultivar are superior to those of the 'Lyra' cultivar, exception made for boron. The use of up to 100 kg ha⁻¹ of N promotes the growth of the castor bean. The nitrogenous fertilization increases the productivity of the castor bean, being the doses of maximum economic and technic efficiency, respectively, 84 and 77 kg ha⁻¹ of N. The use of nitrogenous fertilization promotes increase of the availability of phosphorus in the soil.

Key words: *Ricinus communis*. 'AL Guarany 2002'. 'Lyra'. Nitrogen. Fertilizer. Nutritional state. Yield.

2.3 Introdução

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta oleaginosa de origem tropical, explorada comercialmente entre as latitudes 40°N e 40°S (AMORIM NETO et al., 2001). Na atualidade, é cultivada em mais de 15 países, embora 85% da produção sejam originadas na Índia e China. O Brasil ocupa o terceiro lugar em produção, com uma participação bem menos expressiva – cerca de 8% (MAMONA, 2008). O País deteve a hegemonia de principal produtor mundial até o início da década de 80, perdendo-a devido ao aumento da produção dos principais países concorrentes e à dificuldade de relacionamento comercial entre indústria e produtor, aliada a quebras de safra por adversidades climáticas (SAVY FILHO, 2005).

Tradicionalmente, a produção de mamona no Brasil visava à produção de óleo, seu principal produto, com utilização exclusivamente industrial, mas bastante diversificada, incluindo desde lubrificantes, plásticos e resinas até produtos bem mais elaborados utilizados em indústrias farmacêutica, de cosmético e aeronáutica (FREIRE, 2001). Mais recentemente, porém, com a instituição do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), que preconiza a adição de percentuais crescentes de combustíveis derivados de óleos vegetais ao diesel, a produção de mamona e de outras oleaginosas, passou a ser fortemente estimulada, visando a diversificação da matriz energética e a redução da poluição gerada pelo uso de combustíveis fósseis (HOLANDA, 2004; BRASIL, 2005). Assim, o cultivo da mamoneira, que se concentrava na região Nordeste, particularmente na Bahia, Ceará e Piauí, e em Minas Gerais, São Paulo e Paraná (SAVY FILHO, 2005), disseminou-se para outras regiões.

Por essa razão, nos últimos anos, o Rio Grande do Sul tem recebido incentivos governamentais para intensificar o cultivo de mamona, especialmente como alternativa para a pequena propriedade. O sucesso dessa iniciativa está condicionado à geração e transferência de tecnologias para a produção da matéria-prima, à organização da cadeia produtiva e ao aprimoramento do processo industrial. No que toca ao primeiro aspecto relacionado, uma deficiência marcante refere-se ao estabelecimento de recomendações de adubação para a mamoneira específicas para as condições edafoclimáticas do Estado. As adubações ora praticadas nos cultivos comerciais resultam, basicamente, da adaptação de indicações estabelecidas para outras regiões produtoras do País ou de observações

práticas. Isto pode estar subestimando, ou ainda, superestimando as exigências nutricionais da cultura, limitando a expressão de seu potencial de produtividade e, até mesmo, afetando a qualidade do produto final.

Resultados de pesquisas realizadas em outras regiões do País indicam que a mamoneira é sensível à acidez do solo (SOUZA & NEPTUNE, 1976; SAVY FILHO, 1996; LIMA et al., 2007) e bastante responsiva à adubação (CANECHIO FILHO & FREIRE, 1958; CANECHIO FILHO et al., 1963; NAKAGAWA et al., 1974; SOUZA & NEPTUNE, 1976; SEVERINO et al., 2006). Em grande parte, essas características estão associadas à sua demanda nutricional elevada, especialmente de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, exportando, em média, 38 kg de N; 9 kg de P_2O_5 ; 10 kg de K_2O ; 7 kg de CaO e 9 kg de MgO por tonelada de grãos produzida (SAVY FILHO, 1996).

Entre os macronutrientes primários, o fósforo (P) destaca-se como o elemento de maior relevância na produção da mamoneira (SOUZA et al., 1974; NAKAGAWA et al., 1986), o que está associado tanto à baixa eficiência de absorção de fósforo da cultura (SOUZA et al., 1985), como à elevada capacidade de retenção do nutriente dos solos onde se concentraram os experimentos de adubação fosfatada realizados. Quanto ao potássio (K), os resultados obtidos são mais restritos e bem menos expressivos, tendo sido determinadas respostas negativas ou nulas ao nutriente (CANECHIO FILHO & FREIRE, 1958; CANECHIO FILHO et al., 1963; DONEDA et al., 2007;) e, em alguns casos, positivas (CANECHIO FILHO et al., 1958; SEVERINO et al., 2006; MACHADO et al., 2007).

Para o nitrogênio (N), a resposta da mamoneira à adubação é variável, ocorrendo por vezes efeito positivo, principalmente quando em presença de outros nutrientes (CANECHIO FILHO & FREIRE, 1958; CANECHIO FILHO et al., 1963; SOUZA et al., 1985; SEVERINO et al., 2006; DONEDA et al., 2007; SILVA et al., 2007), e em outras, a resposta ao nitrogênio não se manifesta (SOUZA et al., 1974; NAKAGAWA et al., 1974; SEVERINO et al., 2005). Vale acrescentar que a adubação nitrogenada em excesso, assim como o cultivo em solos de fertilidade elevada, pode ser prejudicial à mamoneira, particularmente para as cultivares de porte médio e crescimento indeterminado, por provocar o crescimento vegetativo excessivo em detrimento da produção (AZEVEDO et al., 1997).

Pela carência de informações de pesquisa locais e considerando-se o cenário atual de preços elevados e ascendentes dos fertilizantes, realizou-se o

presente estudo, com o objetivo de avaliar a resposta das cultivares de mamona AL Guarany 2002, de porte e ciclo médios, e Lyra, de porte baixo e ciclo precoce, à adubação nitrogenada nas condições edafoclimáticas da região Sul do Rio Grande do Sul.

2.4 Material e Métodos

O experimento foi realizado de dezembro de 2007 a julho de 2008, em área de produção comercial de mamona, situada na localidade de Monte Bonito, município de Pelotas, RS. O clima da região é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como Cfa – temperado quente, com ausência de estação seca definida e com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (VIANELLO & ALVES, 1991). O solo da área experimental, um Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2006), apresentava as seguintes características químicas, na profundidade de 0-20cm, por ocasião da instalação do experimento: $\text{pH}_{(\text{água})}$: 5,8; 20 g dm^{-3} de MO; 5,9 mg dm^{-3} de P; 82 mg dm^{-3} de K; 0,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Al; 3,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca; 1,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg, CTC de 8,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e saturação por bases de 56%. Os teores de matéria orgânica, fósforo e potássio são interpretados, respectivamente, como baixo, baixo e alto conforme CQFS-RS/SC (2004).

Os tratamentos compreenderam as combinações de duas cultivares de mamona ('AL Guarany 2002' – hábito arbustivo, porte médio, planta ramificada com angulação bem fechada, coloração das hastes roxa-avermelhada com cerosidade, fruto indeiscente com espinhos e ciclo de aproximadamente 180 dias até a colheita de cachos terciários; e o híbrido 'Lyra' – porte baixo, inflorescência com alta porcentagem de flores femininas, fruto indeiscente e ciclo precoce, de cerca de 140 dias) (SAVY FILHO, 2005) e de cinco doses de nitrogênio (0; 30; 60; 90 e 120 kg ha^{-1}). Estes foram dispostos em delineamento blocos ao acaso, em esquema fatorial, com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de planta, com oito metros de comprimento. A parcela útil compreendeu as plantas contidas nas duas linhas centrais, desconsiderando-se aquelas posicionadas nas duas extremidades.

O experimento foi implantado em sistema convencional de preparo do solo. Para a 'AL Guarany 2002', utilizou-se um espaçamento de 1,6m x 0,8m e para a 'Lyra', um espaçamento de 0,8m x 0,5m. A semeadura foi realizada manualmente em dezembro de 2007, utilizando-se duas sementes por cova. Estas foram previamente tratadas com carbendazim/tiram (300 mL de p.c./100 kg sementes). Quinze dias após a emergência das plântulas, realizou-se desbaste, mantendo-se uma planta por cova.

A adubação de semeadura compreendeu a aplicação de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 60 kg ha^{-1} de K_2O , como superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Nos tratamentos com dose igual ou superior a 30 kg ha^{-1} de N, aplicaram-se, ainda, 30 kg ha^{-1} de N, como uréia. Esses fertilizantes foram aplicados a lanço, em área total, e incorporados ao solo com auxílio de ancinho. Trinta e cinco dias após a emergência das plantas, realizou-se uma adubação em cobertura, localizada junto às linhas de semeadura, com 30 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio) e o restante da adubação nitrogenada (uréia) prevista pelos tratamentos.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência, utilizando-se o herbicida sethoxydim, na dose de 320 g ha^{-1} , misturado a óleo mineral (0,5% do volume de calda). Complementarmente, durante o período de interferência de plantas daninhas (40 dias após a emergência), realizaram-se capinas manuais periódicas da área experimental (THEISEN & ANDRES, 2007). Como tratos culturais adicionais, em meados de fevereiro de 2008, realizaram uma aplicação do inseticida deltametrina (177 g ha^{-1}), para o controle de lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*), e uma aplicação do fungicida tiofanato metílico (49 g/100 L), para o controle de mofo-cinzento, causado por *Amphobotrys ricini* (UENO, 2007).

Para a avaliação do estado nutricional da planta, realizou-se a coleta da quarta folha a partir do ponteiro de 12 plantas de cada unidade experimental, por ocasião da emissão do primeiro cacho. Para a análise química, utilizou-se exclusivamente o limbo das folhas, descartando-se a nervura central (MALAVOLTA et al., 1997). O material vegetal remanescente foi secado em estufa com circulação forçada de ar a 65°C , até massa constante. Após, foi moído e submetido à análises químicas, determinando-se os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, seguindo procedimentos descritos em Freire (2001).

Ao final do ciclo da cultura, determinaram-se a altura de plantas e de inserção do primeiro rácemo (inflorescência) em dez plantas da parcela útil escolhidas ao acaso. A colheita dos rácemos foi realizada manualmente quando o cacho estava completamente seco, com auxílio de tesoura de poda, em duas etapas para a 'Lyra' e em três etapas para a 'AL Guarany 2002', em função da maturação progressiva dos cachos. Após, estes foram secados em secador à temperatura de 55°C a 60°C , para uniformização da umidade. Na seqüência, realizou-se o desprendimento, pesagem e descascamento manual dos frutos, que foram

novamente pesados para a determinação do rendimento grão:casca. Foi determinada, ainda, a massa de 100 grãos. Concluída a colheita, amostrou-se o solo das parcelas experimentais individualmente, considerando-se as linhas e entre linhas, para a avaliação da fertilidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativa ao nível de 5%, procedeu-se à comparação das médias de cultivares de mamoneira, pelo teste de Duncan (5%), e à análise de regressão polinomial (5%), para a comparação do efeito das doses de nitrogênio.

2.5 Resultados e Discussão

2.5.1 Estado nutricional da mamoneira

A significância da interação entre os fatores cultivar e dose de nitrogênio foi determinada, apenas, para os teores foliares de nitrogênio e boro. Porém, verificou-se efeito isolado do fator dose de N para os nutrientes fósforo, enxofre e ferro, e do fator cultivar, para potássio, magnésio, cobre e ferro. Os teores foliares de cálcio, manganês e zinco não sofreram influência dos tratamentos, apresentando, respectivamente, como valores médios no experimento, 12 g kg⁻¹; 135 mg kg⁻¹ e 42 mg kg⁻¹. O teor de cálcio determinado é inferior à faixa de suficiência estabelecida para a cultura, de 15 a 25 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997). Atribui-se este resultado ao teor baixo de cálcio trocável no solo (CQFS-RS/SC, 2004) e à ausência de calagem da área experimental. Assim, o aporte do nutriente ao solo restringiu-se ao cálcio contido no superfosfato triplo, fonte de fósforo utilizada na adubação das plantas. É possível, ainda, que o padrão de comparação para cálcio utilizado não seja adequado para as cultivares utilizadas, superestimando a necessidade do nutriente. Quanto aos micronutrientes manganês e zinco, não se dispõe na literatura de referências indicando os teores foliares adequados para a mamoneira. A comparação dos resultados obtidos para manganês com os registros disponíveis – 115 mg kg⁻¹, para a cultivar AL Guarany 2002 (LÉLES, 2008), e 139 mg kg⁻¹, para a cultivar IAC 80 (PAULO et al., 1989) – indica semelhança de valores. Vale ressaltar que, em nenhum dos estudos considerados, as plantas apresentaram sintomas visuais de desordem nutricional associada ao manganês. Também para o zinco, os teores foliares encontrados foram próximos àqueles determinados em outros estudos na ausência de restrição em fertilidade do solo, quais foram: 43 mg kg⁻¹ (SOUZA & NATALE, 1997); 49 mg kg⁻¹ (LÉLES, 2008). Porém, foram bastante superiores àqueles reportados por Hocking (1982), 14 mg kg⁻¹, e Lange et al. (2005), 9 mg kg⁻¹, respectivamente, para plantas desenvolvidas em solo de baixa fertilidade e cuja amostra analisada foi constituída pelo limbo de todas as folhas da mamoneira.

Com relação ao teor de nitrogênio na folha da mamoneira, as cultivares AL Guarany 2002 e Lyra distinguiram-se entre si nas doses zero, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N. Para estes níveis de adubação nitrogenada, os teores foliares de N foram maiores na cultivar AL Guarany 2002 (tab. 2.1), indicando sua elevada capacidade de

absorção do nutriente do meio de cultivo, visto tratar-se de uma cultivar de porte maior que a 'Lyra' e, portanto, sujeita à ocorrência de efeito de diluição mais intenso. À exceção do tratamento com a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N, para a cv. Lyra, todos os demais proporcionaram suficiência de N na planta (MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 2.1 – Teor de nitrogênio na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

Cultivar	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
	0	30	60	90	120
	----- g kg ⁻¹ -----				
AL Guarany	51,7 a	55,5 ^{ns}	55,5 a	53,1 a	51,2 ^{ns}
Lyra	43,3 b	54,7	42,1 b	33,9 b	48,3

CV (%) = 8,0

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%; ns- não significativo.

O efeito da variação na dose de N sobre o teor foliar do nutriente na mamoneira manifestou-se, apenas, para a cultivar Lyra, ajustando-se a um modelo cúbico (Fig. 2.1), com elevação do teor do nutriente até a dose de 30 kg ha⁻¹ de N, seguida de decréscimo no intervalo de 30 a 90 kg ha⁻¹ de N e, por novo aumento com o uso de 120 kg ha⁻¹ de N. Este comportamento reflete a variação na disponibilidade de nitrogênio no solo e no crescimento das plantas decorrentes do aumento na dose utilizada do nutriente.

Independentemente da cultivar, a influência da adubação nitrogenada sobre o teor de fósforo no tecido foliar na mamoneira foi descrita por modelo cúbico. À semelhança do verificado para a variável teor de N, houve aumento na concentração foliar de P no intervalo entre 0 e 30 kg ha⁻¹ de N, com decréscimo no intervalo de 30 a 90 kg ha⁻¹ de N, seguido de nova elevação nos valores a partir desta última dose (Fig. 2.2). Este comportamento reflete, por um lado, a interação sinérgica entre N e P, segundo a qual a adição de fertilizante nitrogenado, particularmente na forma amoniacal, promove aumento da absorção de fósforo pela planta (HANWAY & OLSON, 1980), mesmo em solos com elevada disponibilidade deste último (KAMPRATH, 1987) e, por outro, efeito de diluição, com redução nos teores de P no tecido foliar em decorrência do maior crescimento da planta.

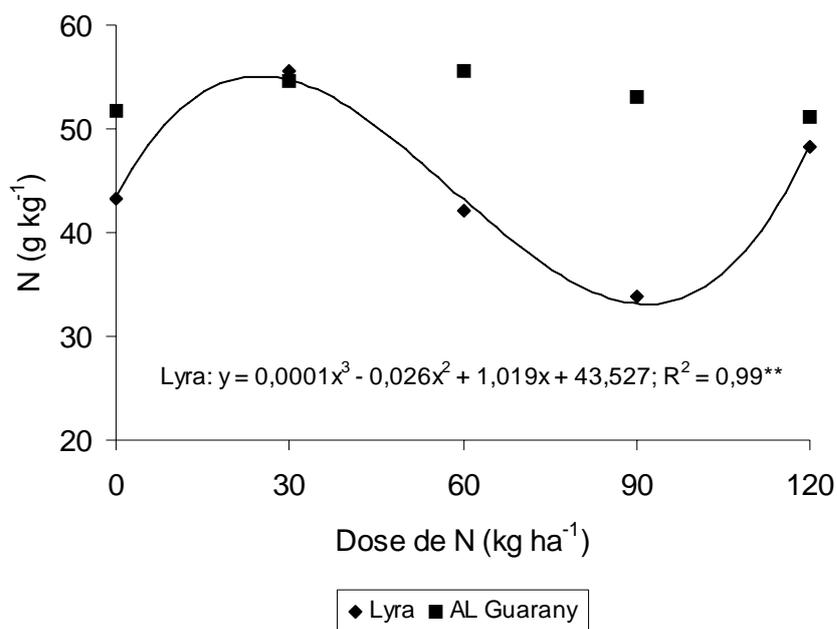


Figura 2.1 – Teor de nitrogênio na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

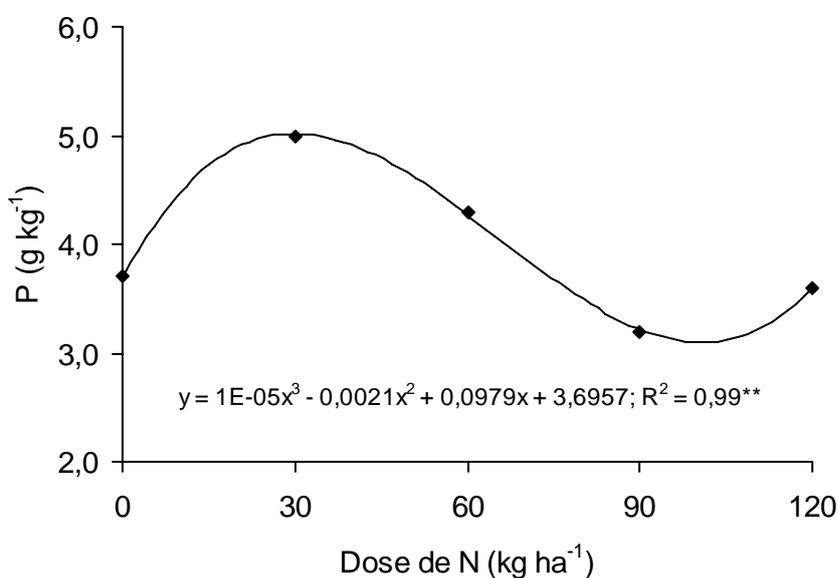


Figura 2.2 – Teor de fósforo na folha de mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

De forma geral, os teores foliares de fósforo determinados estiveram dentro da faixa de suficiência estabelecida para a cultura, de 3 a 4 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997), tendo-a superado no intervalo de doses de 30 a 60 kg ha⁻¹ de N.

Os teores dos cátions potássio, magnésio, cobre e ferro no tecido foliar da cultivar AL Guarany 2002 foram superiores àqueles determinados para a cultivar Lyra (tab. 2.2), indicando maior capacidade de absorção de nutrientes da primeira cultivar, relativamente ao híbrido 'Lyra'. Dentre esses cátions, apenas o ferro teve sua absorção influenciada pela adubação nitrogenada; os dados foram ajustados por modelo quadrático, com valor mínimo correspondente à dose de 70 kg ha⁻¹ de N (Fig. 2.3).

Tabela 2.2 – Teores de potássio, magnésio, cobre e ferro na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra.

Cultivar	K	Mg	Cu	Fe
	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
AL Guarany	25,4 a	3,0 a	14 a	152 a
Lyra	21,2 b	2,7 b	11 b	131 b
CV (%)	10,9	9,6	10,1	10,4

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

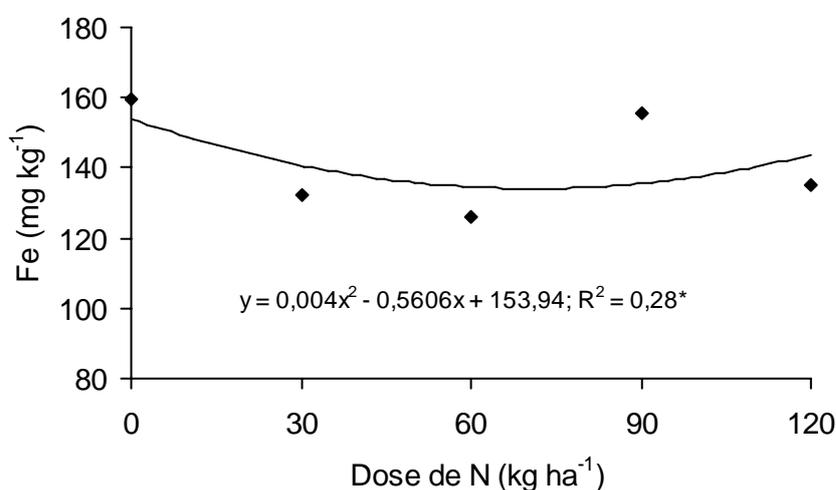


Figura 2.3 – Teor de ferro na folha de mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

A concentração de enxofre no tecido foliar da mamoneira decresceu com o aumento da dose de nitrogênio fornecida à cultura (Fig. 2.4), efeito este que deve estar associado ao estímulo do crescimento da planta em resposta ao aumento da adubação nitrogenada, concorrendo para a diluição dos teores foliares de S.

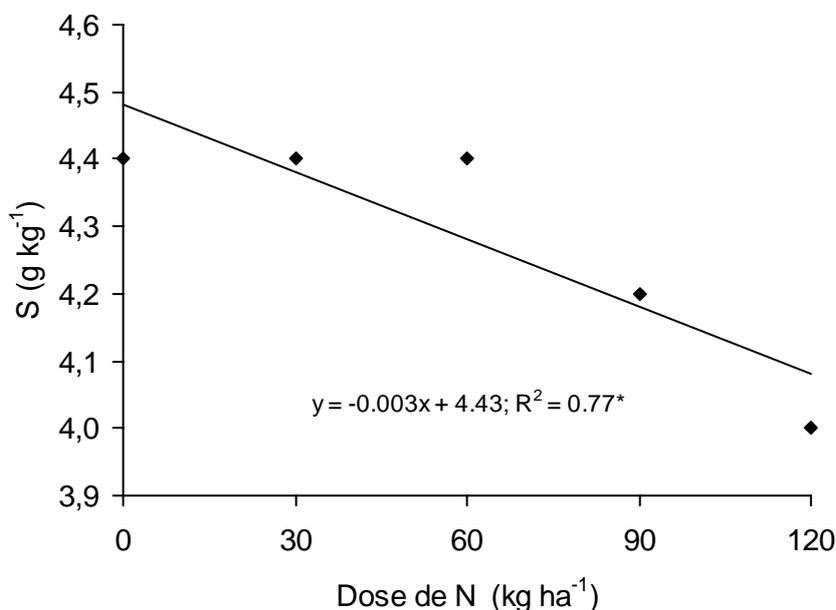


Figura 2.4 – Teor de enxofre na folha de mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

A despeito do alto teor inicial de potássio no solo e da adubação potássica realizada, os teores foliares de potássio em ambas as cultivares de mamoneira foram inferiores ao nível crítico, de 30 g kg⁻¹ de K, estabelecido para a mamoneira. Possivelmente, este comportamento esteja associado à diversidade na eficiência de utilização de potássio entre as cultivares ora utilizadas e as mais antigas, que geraram tal indicação. Por outro lado, independentemente da cultivar ou nível de adubação nitrogenada utilizada, determinou-se adequação dos teores de magnésio e de enxofre no tecido foliar da mamoneira ao se considerarem as faixas de suficiência preconizadas por Malavolta et al. (1997).

À exceção da dose de 120 kg ha⁻¹ de N, o teor de boro no híbrido 'Lyra' foi superior ao da 'AL Guarany 2002' (tab. 2.3). Este resultado distingue-se do reportado para os demais nutrientes analisados, onde os teores foliares determinados a 'AL Guarany 2002' foram maiores. Possivelmente, os menores teores de boro determinado para a 'AL Guarany 2002' estejam associados à limitação do nutriente no solo. Ademais, apenas a 'Lyra' sofreu influência da dose de

N utilizada na adubação; os dados ajustaram-se a modelo quadrático, com valor máximo correspondente à dose de 28 kg ha⁻¹ de N (Fig. 2.5). De forma geral, estes resultados indicam que, para a 'Lyra', a variação no teor foliar de B acompanhou as variações no porte da planta, decrescendo à medida em que se elevou a dose de N e, conseqüentemente, seu crescimento.

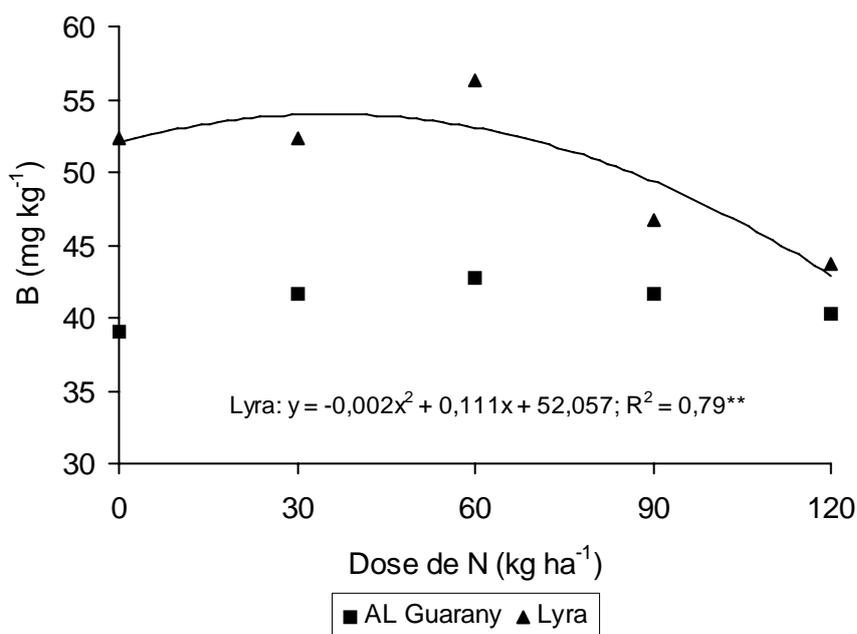


Figura 2.5 – Teor de boro na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

Tabela 2.3 – Teor de boro na folha de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

Cultivar	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
	0	30	60	90	120
	----- g kg ⁻¹ -----				
AL Guarany	39,0 b	41,7 b	42,7 b	41,7 b	40,3 ^{ns}
Lyra	52,3 a	52,3 a	56,3 a	46,7 a	43,7

CV (%) = 6,2

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%; ns- não significativo.

Assim como para manganês e zinco, não se verificou sintomatologia visual de deficiência ou excesso dos micronutrientes boro, cobre e ferro nas plantas de mamoneira de ambas as cultivares avaliadas. As faixas de teores de boro

determinadas para as cultivares AL Guarany 2002 e Lyra aproximaram-se e superaram, respectivamente, aquela reportada por Léles (2008), de 36 a 39 mg kg⁻¹ de B, para a 'AL Guarany 2002'. Quanto aos teores foliares de cobre e de ferro, a comparação com os dados médios obtidos de Léles (2008), 7 mg kg⁻¹ de Cu e 756 mg kg⁻¹ de Fe, indica superioridade para cobre e inferioridade para ferro. Quanto a este último nutriente, ressalta-se, porém, que o trabalho reportado foi realizado em um Latossolo Vermelho distrófico, rico em ferro.

2.5.2 Crescimento e desempenho produtivo da mamoneira

Entre as variáveis associadas ao crescimento e desempenho produtivo da mamoneira, apenas a massa de 100 grãos foi influenciada pela interação dos fatores cultivar e dose de N. A altura de plantas e o rendimento grão:casca sofreram efeito de ambos os fatores isoladamente, enquanto que a altura de inserção do primeiro cacho variou exclusivamente entre cultivares e a produtividade de grãos, com a dose de nitrogênio.

As plantas da 'AL Guarany 2002' apresentaram maior estatura relativamente às do híbrido 'Lyra' (tab. 2.4), refletindo a diversidade de porte das duas cultivares; a primeira de porte médio e a segunda de porte baixo (SAVY FILHO, 2005). Ressalta-se que ambas as cultivares não atingiram o porte médio preconizados por seus obtentores, 1,60 a 2,60m, para a 'AL Guarany 2002', e em média 1,60m, para a 'Lyra', o que provavelmente esteja associada a restrições edafoclimáticas do local de cultivo, prioritariamente a pluviosidade. Da mesma forma, a altura de inserção do primeiro cacho, característica que reflete a precocidade da cultivar (SEVERINO et al., 2006), da 'AL Guarany 2002' foi maior que para a 'Lyra', expressando a variabilidade de seu ciclo, respectivamente, de 180 e 140 dias até a colheita dos cachos terciários (SAVY FILHO, 2005) (tab. 2.4).

Com relação a essas duas características agrônômicas, vale acrescentar que, embora estejam intimamente associadas ao material genético, são influenciadas, também, pelas condições locais de cultivo, que podem atenuar ou intensificar a expressão do potencial genético das cultivares, garantindo ou inviabilizando a produção em diferentes regiões. Um exemplo disso refere-se às cultivares híbridas comerciais, como a 'Lyra', que se compõem de material desenvolvido para o plantio no cerrado, como cultura de "safrinha", em sucessão à

soja ou ao milho, para a colheita mecanizada, condição esta viabilizada pela baixa altura de planta e a precocidade desses materiais (SEMENTES ITAQUERÊ, 2004).

Tabela 2.4 – Altura de planta e de inserção do primeiro cacho e rendimento grão/casca da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra.

Cultivar	Altura planta ----- m -----	Altura 1° cacho -----	Rend. grão:casca %
AL Guarany	1,51 a	0,55 a	75 a
Lyra	1,18 b	0,32 b	73 b
CV (%)	9,5	16,0	1,9

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

Independentemente da cultivar, o uso de adubação nitrogenada proporcionou aumento na estatura das plantas, ratificando resultados obtidos por Nakagawa e Neptune (1971); Severino et al. (2006) e Silva et al. (2007), que reportaram benefício da aplicação do nutriente sobre o crescimento da mamoneira. Os dados obtidos ajustaram-se a modelo quadrático, com valor máximo de 1,50m, correspondente à aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N (Fig. 2.6). Em parte, tal comportamento distingue-se das observações de Azevedo et al. (2001) e Severino et al. (2006) relativas ao crescimento vegetativo demasiado da planta em detrimento da produção de grãos, quando do uso de adubação nitrogenada excessiva, particularmente para cultivares de porte médio a alto, visto que as cultivares utilizadas não atingiram o porte médio a elas preconizados.

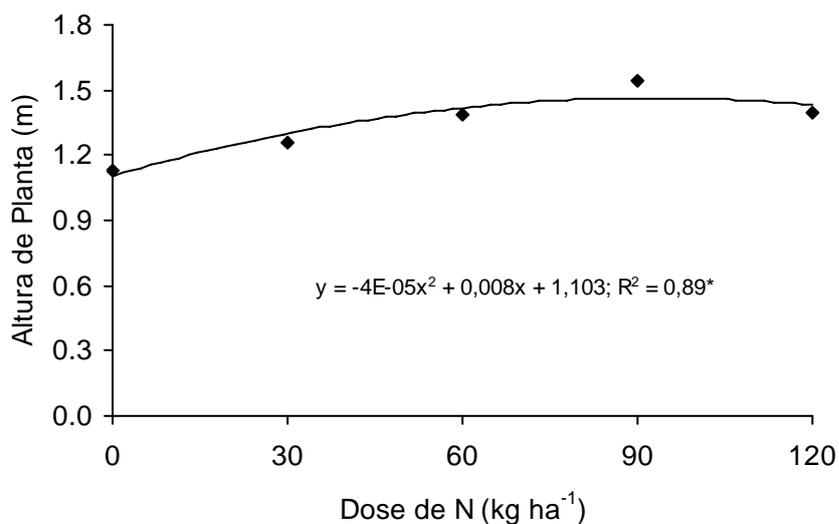


Figura 2.6 – Altura da mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

Apesar do potencial de produtividade distinto entre as cultivares avaliadas, 1000 a 2500 kg ha⁻¹, para AL Guarany 2002, e 1600 kg ha⁻¹, para Lyra, (SAVY FILHO, 2005), estas não diferiram significativamente entre si quanto ao desempenho produtivo nas condições experimentais do presente estudo. Também a resposta de ambas as cultivares à aplicação de nitrogênio foi semelhante, sendo descrita por modelo quadrático (Fig. 2.7). A partir do modelo ajustado, determinaram-se as doses de máxima eficiência técnica e econômica, esta última considerando-se os preços do fertilizante nitrogenado e do produto vigentes em novembro de 2008, que foram, respectivamente, 84,3 e 76,6 kg ha⁻¹ de N. Atribui-se a pequena diferença entre as doses de máxima eficiência técnica e econômica à valorização da mamona no mercado atual, mesmo com os preços dos fertilizantes estando em patamares elevados, sendo os preços unitários do grão de mamona e de N, respectivamente, R\$ 1,33 e R\$ 3,01.

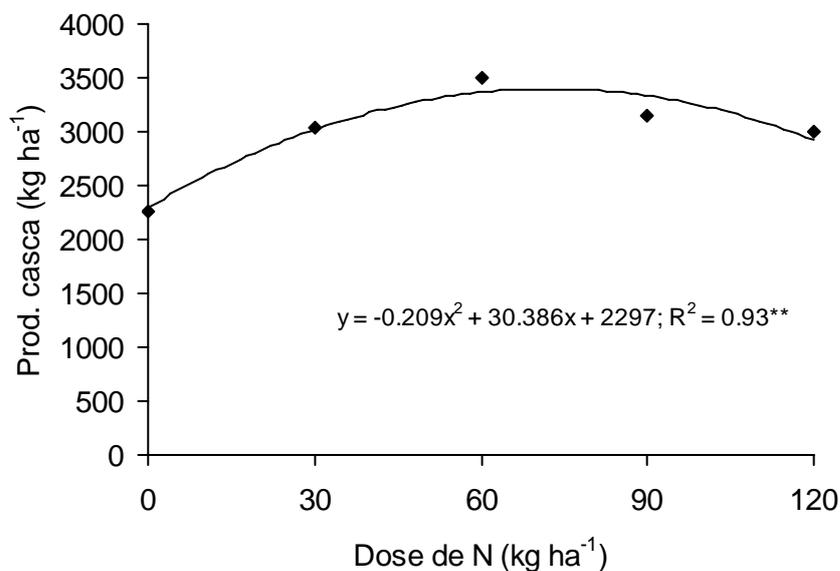


Figura 2.7 – Produtividade de grãos da mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

A resposta em produtividade à adubação nitrogenada observada foi bastante próxima àquela obtida por Silva et al. (2007), para o híbrido 'Sara', sob plantio direto, em um Neossolo Quartzarênico no Mato Grosso do Sul, que determinaram dose de máxima eficiência técnica de 80 kg ha⁻¹ de N. Porém, superou o valor médio de 60 kg ha⁻¹ de N, encontrado por Severino et al. (2006), para a 'BRS 149 Nordestina', em solo de baixa fertilidade do Ceará, e por Doneda et al. (2007), para o híbrido 'Lyra', em um Latossolo Vermelho distrófico típico da região Norte do Rio Grande do Sul. Quanto a este fato, ressalta-se a rusticidade da cultivar BRS 149 Nordestina, utilizada pelos primeiros autores, possivelmente conferindo-lhe maior eficiência de utilização de N, e o fato de o segundo estudo ter sido realizado em solo com teor de matéria orgânica mais elevado (39 g dm⁻³), onde a expectativa de resposta à aplicação do nutriente é menor.

Os resultados deste e dos estudos mais recentes relatados indicam benefício da adubação nitrogenada sobre o desempenho produtivo de cultivares modernas de mamoneira, embora a magnitude da resposta seja dependente de fatores como a disponibilidade do nutriente no meio do cultivo, características da cultivar utilizada e adequação das condições climáticas e de outras práticas de manejo da cultura. Ademais, confirmam dados anteriores obtidos com cultivares

mais tradicionais e de menor potencial de produtividade (CANECCHIO FILHO & FREIRE, 1958; CANECCHIO FILHO et al., 1963 e SOUZA et al., 1985).

Com relação ao rendimento grão:casca, que expressa a relação entre o peso dos grãos e o peso total dos frutos, a cultivar AL Guarany 2002 apresentou desempenho superior ao da 'Lyra' (tab. 2.5). Entretanto, os valores alcançados por ambas (> 70%) classificam-nas como de alto rendimento em grãos (NÓBREGA et al., 2001), superando inclusive as médias preconizadas para tais cultivares (SAVY FILHO, 2005), o que reflete a adequação do manejo da cultura, bem como do beneficiamento pós-colheita dos frutos. Esta variável foi influenciada, ainda, pela dose de N utilizada na adubação. Os dados médios das duas cultivares ajustaram-se a modelo quadrático, com valor mínimo correspondente à dose de 62,5 kg ha⁻¹ de N (Fig. 2.8).

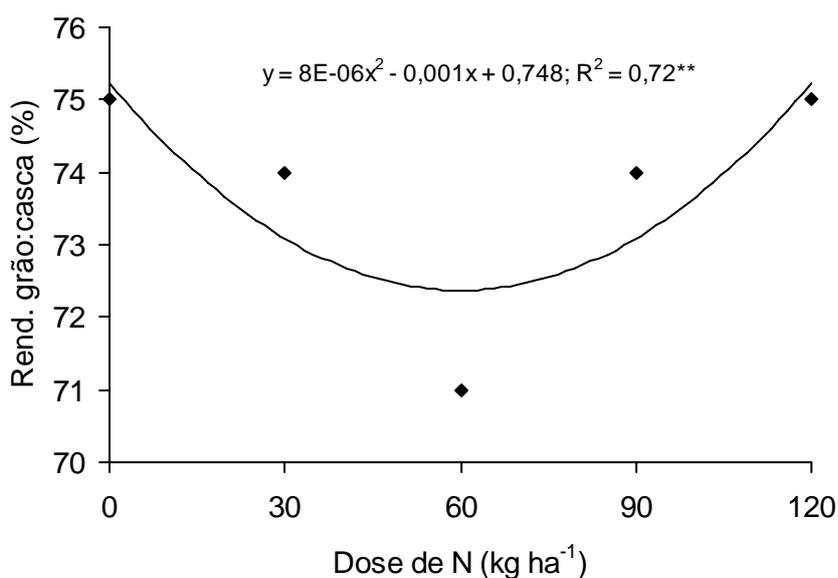


Figura 2.8 – Rendimento grão:casca da mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

Para a variável massa de 100 grãos, diferenças entre as cultivares foi determinada, apenas, quando da aplicação da maior dose de nitrogênio (120 kg ha⁻¹). Nesta dose, os valores determinados para a 'AL Guarany 2002' foram superiores ao da 'Lyra' (tab. 2.5), demonstrando que, para esta cultivar, o uso de dose superior a 90 kg ha⁻¹ de N afeta a massa de grãos.

Tabela 2.5 – Massa de 100 grãos de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

Cultivar	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
	0	30	60	90	120
AL Guarany	39,4 ^{ns}	43,4 ^{ns}	43,7 ^{ns}	41,9 ^{ns}	43,0 a
Lyra	39,9	41,2	44,3	44,1	39,0 b
CV (%) = 3,7					

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%; ns - não significativo.

Para ambas as cultivares, a massa de 100 grãos apresentou resposta quadrática à aplicação de nitrogênio (Fig. 2.9). A partir dos modelos ajustados, determinaram-se os valores máximos, os quais corresponderam às doses de 48 e 79 kg ha⁻¹ de N, para a 'AL Guarany 2002' e a 'Lyra'.

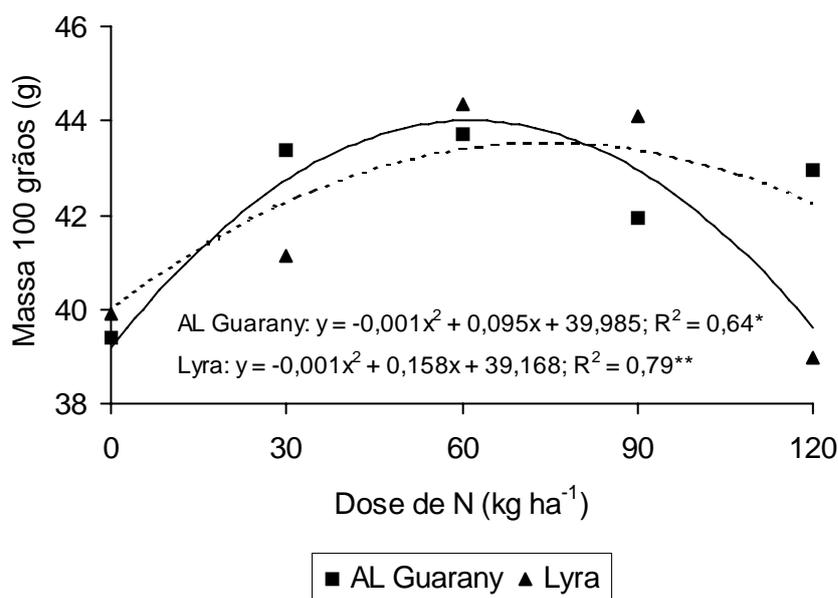


Figura 2.9 – Massa de 100 grãos de mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

A comparação dos valores médios de massa de grãos obtidos com os descritores padrões disponíveis para a cultura (NÓBREGA et al., 2001) classifica os grãos de ambas as cultivares como de massa média (40 a 50 g). Acrescenta-se que, para a 'AL Guarany 2002', independentemente da dose de nitrogênio utilizada,

não se atingiu a massa média de grãos preconizada para a cultivar (46 g), segundo Savy Filho (2005).

2.5.3 Atributos químicos do solo

A avaliação da fertilidade do solo em sucessão ao cultivo da mamoneira indicou efeito dos tratamentos exclusivamente sobre o teor de fósforo disponível. Este diferiu entre as cultivares, sendo o valor determinado para a 'AL Guarany 2002' ($6,5 \text{ mg dm}^{-3}$) superior ao da 'Lyra' ($4,3 \text{ mg dm}^{-3}$). Este atributo apresentou, ainda, resposta quadrática à aplicação de nitrogênio, determinando-se a partir da equação ajustada o valor mínimo correspondente à dose de 36 kg ha^{-1} de N (Fig. 2.10).

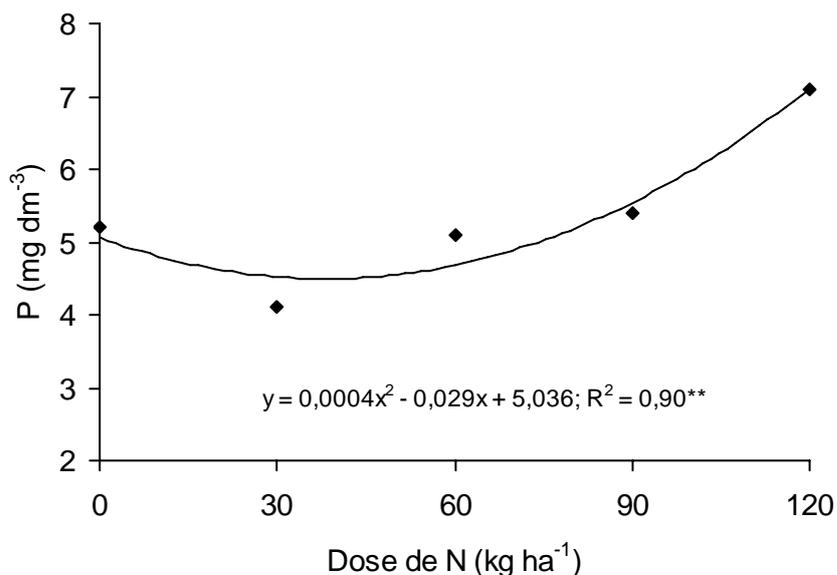


Figura 2.10 – Teor de fósforo disponível no solo após o cultivo da mamoneira em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação.

2.6 Conclusões

A adubação nitrogenada altera os teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre, boro e ferro da mamoneira, sendo o efeito diferenciado entre as cultivares 'AL Guarany 2002' e 'Lyra', para os nutrientes nitrogênio e boro.

Os teores foliares de macro e micronutrientes da cultivar AL Guarany 2002 são superiores ao da 'Lyra', exceção feita para o boro.

O uso de até 100 kg ha^{-1} de N promove o crescimento da mamoneira.

Para ambas as cultivares, a adubação nitrogenada aumenta a produtividade da mamoneira, sendo as doses de máxima eficiência técnica e econômica, respectivamente, 84 e 77 kg ha^{-1} de N.

O uso de adubação nitrogenada promove aumento da disponibilidade de fósforo no solo.

**3 ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DA MAMONEIRA CV. AL GUARANY
2002 E LYRA NO RIO GRANDE DO SUL**

ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DA MAMONEIRA CV. AL GUARANY 2002 E LYRA.

PHOSPHATIC FERTILIZATION IN CASTOR BEAN CROP CV. AL GUARANY 2002 AND LYRA

3.1 Resumo – Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de doses de fósforo no estado nutricional e desempenho produtivo de duas cultivares de mamoneira. O estudo foi realizado na safra agrícola 2007/08, em um Planossolo Háplico, no município de Pelotas, RS. Os tratamentos compreenderam as cultivares AL Guarany 2002, de porte e ciclo médios, e Lyra, híbrido de porte baixo e ciclo precoce, e cinco doses de fósforo (0; 30; 60; 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅), associadas a doses fixas de nitrogênio e de potássio (90 kg ha⁻¹ de N e de K₂O). Esses foram dispostos em delineamento blocos ao acaso, em esquema fatorial, com três repetições. O fertilizante fosfatado (superfosfato triplo) foi aplicado integralmente por ocasião da semeadura. Avaliaram-se o estado nutricional e desempenho produtivo da cultura e a fertilidade do solo após o cultivo da mamoneira. A adubação fosfatada alterou os teores foliares de nitrogênio, cálcio, boro e ferro da mamoneira, sendo que, para boro, o efeito foi diferenciado entre as cultivares AL Guarany 2002 e Lyra. Os teores de potássio, enxofre e cobre no tecido foliar da cultivar AL Guarany 2002 foram superiores ao da 'Lyra'. O uso de até 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promoveu o crescimento da mamoneira cultivar 'AL Guarany 2002'. A cultivar AL Guarany 2002 mostrou-se mais exigente em fósforo que a 'Lyra'. A adubação fosfatada promoveu a produtividade de grãos de ambas as cultivares de mamoneira. Esta aumentou com o uso de até 156 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para a 'AL Guarany 2002', e de até 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para a 'Lyra'; as doses de máxima eficiência econômica para essas cultivares foram, respectivamente, 134 kg ha⁻¹ e 78 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O teor de fósforo disponível residual no solo aumentou com a dose de fósforo utilizada na adubação.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. Fósforo. Adubo. Estado nutricional. Produtividade. Rio Grande do Sul.

3.2 Abstract – This work had for objective to evaluate the effect of doses of phosphorus in the nutritional state and productive performance of two castor bean cultivars. The study was carried out in the agricultural harvest of 2007/08, in a Planossolo Háplico (Albaquarf), in the municipality of Pelotas, RS. The treatments comprehended the cultivars 'AL Guarany 2002', of average size and cycle, and 'Lyra', hybrid of low size and precocious cycle, and five doses of phosphorus (0; 30; 60; 90 and 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅), associated to fixed doses of nitrogen and potassium (90 kg ha⁻¹ of N and K₂O). These were laid in delineation blocks at random, in factorial project, with three repetitions. The phosphatic fertilizer (triple superphosphate) was applied integrally by occasion of the sowing. The nutritional state and productive performance of the culture were evaluated as well as the fertility of the soil after the culture of the castor bean. The phosphatic fertilization modified foliar concentrations of nitrogen, calcium, boron and iron of the castor bean, being that, for boron, the effect was differentiated among the 'AL Guarany 2002' and 'Lyra' cultivars. The concentrations of potassium, sulphur and copper in the foliar tissue of the 'AL Guarany 2002' cultivar were superior to those of the 'Lyra' cultivar. The use of up to 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ promoted the growth of the castor bean 'AL Guarany 2002' cultivar. The 'AL Guarany 2002' cultivar proved to be more demanding in phosphorus than the 'Lyra' cultivar. The phosphatic fertilization promoted the productivity of grains of both castor bean cultivars. This increased with the use of up to 156 kg ha⁻¹ of P₂O₅, for 'AL Guarany 2002', and of up to 90 kg ha⁻¹ of P₂O₅, for 'Lyra'; the doses of maximum economic efficiency for these cultivars were, respectively, 134 kg ha⁻¹ and 78 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The concentration of available phosphorus residual in the soil increased with the dose of phosphorus used in the fertilization.

Key words: *Ricinus communis*. Phosphate. Fertilizer. Nutritional status. Yield. State of Rio Grande do Sul, Brazil.

3.3 Introdução

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta de origem tropical pertencente à família Euphorbiaceae e que tem o seu centro de diversidade localizado na Etiópia, Leste da África, existindo centros secundários de diversidade em outras regiões. O gênero *Ricinus* é considerado monotípico, sendo reconhecidas as subespécies *R. sinensis*, *R. zanzibarensis*, *R. persicus* e *R. africanus*, as quais englobam 25 variedades botânicas, todas compatíveis entre si (SAVY FILHO, 1999).

A existência e utilização da mamoneira são mencionadas desde a mais remota antigüidade; a planta já era conhecida pelos antigos egípcios, que a apreciavam como milagrosa, sendo igualmente utilizada na Índia. No Brasil, a mamona é conhecida desde a era colonial, quando dela se extraía o óleo para lubrificar as engrenagens e os mancais de engenhos de cana (MADAIL et al., 2006). Tradicionalmente, a produção nacional de mamona provém de pequenas e médias propriedades da região Nordeste, gerando emprego e renda, em razão das inúmeras aplicações de seu óleo na área industrial. Mais recentemente, a mamona ganhou importância devido ao seu potencial energético para a produção de biodiesel, tornando-se um agronegócio promissor, particularmente para a região Sul do País, que oferece condições edafoclimáticas favoráveis à cultura (SILVA et al., 2005).

Embora considerada uma planta de dias longos, a mamoneira apresenta ampla adaptação às regiões com fotoperíodos curtos (mínimo nove horas). O intervalo de temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura é de 20°C a 30°C. Ademais a planta é caracterizada como tolerante à seca, possibilitando-lhe o cultivo, inclusive, em regiões semi-áridas (WREGGE et al., 2007). Esta característica provavelmente esteja associada ao seu sistema radicular bem desenvolvido, capaz de explorar as camadas mais profundas de solo, com exceção daqueles de textura argilosa com drenagem deficiente, devido à sua sensibilidade elevada ao excesso de água (WEISS, 1983)

A cultura é exigente em fertilidade, devendo ser cultivada em solos com fertilidade média a alta. Porém, solos com fertilidade muito elevada favorecem o crescimento vegetativo excessivo, prolongando o ciclo e expandindo o período de floração (SAVY FILHO, 1998). Os solos muito ácidos ou alcalinos prejudicam o crescimento e a produção das plantas, sendo indicados para o cultivo solos com pH ligeiramente ácido (SCIVITTARO & PILLON, 2006).

A mamoneira possui concentrações elevadas de óleo e proteínas nas sementes, demandando quantidades elevadas de elementos essenciais, especialmente nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (SAVY FILHO, 2005). Desta forma, para a obtenção de produtividades elevadas, faz-se necessário o cultivo em solos com boa fertilidade natural ou suplementados, via adubação.

No Sul do Brasil, ainda são bastante restritos os dados de pesquisa relativos à adubação da mamoneira. As adubações praticadas nos cultivos comerciais resultam, basicamente, da adaptação de indicações estabelecidas para outras regiões produtoras do País, ou de observações práticas. Isto pode estar subestimando, ou ainda, superestimando as exigências nutricionais da cultura, limitando a expressão do potencial de produtividade e afetando a qualidade do produto final.

Entre os nutrientes utilizados na adubação da mamoneira, o fósforo (P) destaca-se como o elemento mais estudado (ROCHA et al., 1964; SOUZA et al., 1974; 1976; 1985; NAKAGAWA et al., 1986) e com maiores resposta em produtividade (SOUZA et al., 1974; NAKAGAWA et al., 1986), o que está associado tanto à baixa eficiência de absorção de fósforo da cultura (SOUZA et al., 1985), como à alta capacidade de retenção do nutriente dos solos onde se concentraram os experimentos de adubação fosfatada realizados.

O fósforo é um nutriente de vital importância para a mamoneira, sendo parte das membranas (fosfolípidios), do RNA, DNA, ATP, ésteres de carboidratos dentre outras moléculas. Sua deficiência reduz o crescimento, provoca o acúmulo de amido nos cloroplastos, reduz o transporte de carboidratos e diminui a atividade de todas as enzimas que dependem de fosforilação, em especial aquelas envolvidas na absorção ativa de nutrientes (FERREIRA et al. 2004). Os principais sintomas de deficiência de fósforo são coloração azul ou avermelhada na planta, coloração verde intenso nas folhas mais velhas, clorose marginal nas folhas inferiores, redução no crescimento, amadurecimento precoce, perda de produtividade e na qualidade dos frutos (MALAVOLTA, 1989; MARSCHNER, 1995).

A demanda de fósforo pela mamoneira é baixa relativamente ao demais macronutrientes primários, mas o elemento é essencial ao crescimento e acumulação de carbono pela cultura, que é grande consumidora de energia para garantir o armazenamento de óleo nas sementes (FERREIRA et al. 2004). Nas

folhas, o teor de fósforo alcança $1,0 \text{ g kg}^{-1}$, aos 64 dias da germinação (NAKAGAWA e NEPTUNE, 1971), e 7 g kg^{-1} , na torta da semente (RAIJ et al., 1996).

Realizou-se um estudo com o objetivo de avaliar a resposta das cultivares de mamona AL Guarany 2002, de porte e ciclo médios, e Lyra, de porte baixo e ciclo precoce, à adubação fosfatada nas condições edafoclimáticas da região Sul do Rio Grande do Sul.

3.4 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido sob condições de campo, no ano agrícola de 2007/08, em área de produção comercial localizada no município de Pelotas, RS. O solo da área experimental, um Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2006), foi cultivado na safra 2006/07 com soja (*Glycine max* L.).

Anteriormente à implantação do experimento, em outubro de 2007, realizou-se a amostragem do solo para avaliação da fertilidade. Com base nos resultados da análise química do solo (tab.3.1) e nas exigências da cultura da mamona (AMORIM NETO et al., 2001), dispensou-se a correção do solo. Os teores de matéria orgânica, fósforo e potássio no solo foram interpretados como baixo, baixo e alto, respectivamente, conforme CQFS-RS/SC (2004).

Tabela 3.1 – Resultados de análise química¹ do solo da área experimental.

Prof. cm	Argila %	pH água	Índice SMP	M.O. g dm ⁻³	K ----- mg dm ⁻³ -----	P -----	Al -----	Ca cmol _c dm ⁻³ -----	Mg -----
0-20	22	5,8	6,1	20	82	5,9	0,1	3,0	1,5

¹Tedesco et al. (1995).

Utilizaram-se duas cultivares comerciais de mamona, a 'AL Guarany 2002', de porte médio, coloração das hastes roxo-avermelhada com cerosidade, ramificações com angulação bem fechada, frutos indeiscentes e ciclo de aproximadamente 180 dias até a colheita de cachos terciários e o híbrido 'Lyra', de porte baixo, possibilitando a colheita mecânica, alta porcentagem de flores femininas, frutos indeiscentes e ciclo precoce (SAVY FILHO, 2005). Para cada cultivar, avaliaram-se cinco doses de fósforo (zero; 30; 60; 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Como fonte do nutriente, utilizou-se superfosfato triplo.

Os tratamentos foram delineados em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2X5, com três repetições. As dimensões das parcelas experimentais foram distintas entre as cultivares: 6,4m x 8m, para a 'AL Guarany 2002', e 3,2m x 8m, 'Lyra', em razão de diferenças no espaçamento entre linhas. Para a cultivar AL Guarany 2002, este foi de 1,6m x 0,8m e para 'Lyra', de 0,8m x 0,8m. Independentemente da cultivar, as parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de planta,

sendo consideradas no trabalho apenas as duas linhas centrais, desconsiderando-se as plantas dispostas em suas extremidades (parcela útil).

O experimento foi implantado em sistema convencional, sendo que o preparo do solo compreendeu operações de escarificação e de gradagem. As sementes de mamona, previamente tratadas com o fungicida carbendazim/tiram (300 mL de p.c./100 kg sementes), foram semeadas manualmente no dia 07/12/2007, utilizando-se de duas a três sementes por cova. Cerca de duas semanas após a emergência foi realizado o desbaste, mantendo-se uma planta em cada cova.

O fertilizante fosfatado, nas doses correspondentes aos tratamentos, foi aplicado integralmente na semeadura. Nesta ocasião, todos os tratamentos receberam, ainda, a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. A aplicação dos fertilizantes foi realizada a lanço, em área total, seguida de incorporação. Trinta e cinco dias após a emergência das plântulas, realizou-se uma adubação em cobertura, junto às linhas de semeadura, com 60 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K₂O. Como fonte de nitrogênio e de potássio, utilizaram-se, respectivamente, uréia e cloreto de potássio.

Para o controle de plantas daninhas, aplicou-se em pós-emergência o herbicida sethoxidim (na dose de 320 g ha⁻¹), misturado a óleo mineral (0,5% do volume de calda). Complementarmente, realizaram-se capinas manuais periódicas da área experimental. O controle de pragas consistiu em uma aplicação do inseticida deltametrina (177 g ha⁻¹), para o controle de lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis* HÜBNER), cerca de 50 dias após a semeadura. Após o início da frutificação realizou-se, ainda, uma aplicação do fungicida tiofanato metílico (49 g/100 L), para o controle de mofo-cinzento, causado por *Amphobotrys ricini* (UENO, 2007) (Fig. 3.1).



Figura 3.1 – Visualização de planta de mamoneira da cultivar Lyra com sintomas de mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini*). Pelotas, RS. Março de 2008.

Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas máxima e mínima do ar e a precipitação pluviométrica, tendo-se determinado uma precipitação acumulada de 885mm e temperaturas máxima de 28,3°C, no mês de dezembro, e mínima de 8,5°C, em junho.

Por ocasião da emissão do primeiro cacho, avaliou-se o estado nutricional da mamoneira, coletando-se a quarta folha a partir do ponteiro de 12 plantas por parcela. Para a análise química, a nervura central das folhas foi descartada (MALAVOLTA et al., 1997). O material vegetal foi secado em estufa a 65°C, até massa constante, moído e submetido à análises químicas, determinando-se os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), segundo métodos descritos em Freire et al. (2001).

Na maturação, foram realizadas as medidas de altura de planta e de inserção do primeiro cacho, em 10 plantas da área útil de cada parcela, utilizando-se uma régua milimetrada própria para medições de campo.

Para a cultivar AL Guarany 2002, a colheita do primeiro cacho foi realizada no mês de junho e do segundo e terceiro cachos, em julho. Já para a 'Lyra', a colheita do primeiro cacho foi realizada no mês de março. Em maio, realizou-se uma segunda colheita, com a retirada de todos os demais cachos maduros.

Os cachos colhidos foram secados em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 55°C a 60°C, para uniformização da umidade. Na seqüência, realizou-se o desprendimento, pesagem e descascamento manual dos frutos, que foram novamente pesados para a determinação do rendimento grão:casca. Foi determinada, ainda, a massa de 100 grãos.

Com base nos dados de produtividade de grãos, calculou-se a dose de máxima eficiência econômica, utilizando-se a equação matemática de Mitscherlich (1), apresentada abaixo, conforme Neves (1972).

Equação 1:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Px}{Py} \quad \text{onde:}$$

$\frac{dy}{dx}$ = derivada da função (y) em relação a (x).

Px = preço unitário (kg) do nutriente.

Py = preço unitário (kg) de grão.

Após a colheita, amostrou-se o solo das parcelas experimentais individualmente, considerando-se as linhas e entre linhas, para a avaliação da fertilidade.

Os resultados foram analisados seguindo o modelo estatístico para experimento fatorial com dois fatores e delineado em blocos ao acaso (ZONTA & MACHADO, 1995). A discriminação da variação entre médias de tratamentos considerou a estrutura fatorial do experimento, sendo os resultados médios submetidos a comparações por meio de teste de Duncan (fator cultivar) e análise de regressão polinomial (fator dose de fósforo).

3.5 Resultados e Discussão

3.5.1 Estado nutricional da mamoneira

A interação entre os fatores cultivar e adubação fosfatada foi significativa, apenas, para a variável teor foliar de boro. No entanto, determinou-se efeito isolado de ambos os fatores, para os teores foliares de nitrogênio e cálcio, do fator cultivar, para os teores foliares de potássio, enxofre e cobre, e do fator dose de fósforo, para os teores foliares de ferro. Os teores de fósforo, magnésio, manganês e zinco na folha não sofreram influência dos tratamentos, apresentando como valores médios no experimento: 4,2 g kg⁻¹ de P; 2,8 g kg⁻¹ de Mg; 141 mg kg⁻¹ de Mn e 42 mg kg⁻¹ de Zn.

O teor foliar de fósforo determinado foi pouco superior à faixa de suficiência indicada para a cultura 3-4 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997), revelando boa capacidade de absorção do nutriente de ambas as cultivares utilizadas, visto que, independentemente da dose do nutriente utilizada e apesar do teor inicial baixo no solo, essas mantiveram teores elevados do nutriente no tecido vegetal. Vale destacar, entretanto, que os resultados obtidos não expressam o efeito de diluição decorrente do maior crescimento da planta em resposta à adubação com o nutriente, sendo a quantidade de fósforo absorvida pela planta uma variável mais sensível na avaliação da disponibilidade do nutriente no solo e das exigências nutricionais da cultura. Para o magnésio, o teor foliar médio determinado foi superior ao nível crítico estabelecido para a cultura (2,5 g kg⁻¹), atendendo, ainda, à faixa de suficiência definida por Malavolta et al. (1997), de 2,5-3,5 g kg⁻¹.

Embora não se disponha na literatura de indicações de faixas de suficiência para os micronutrientes em mamoneira, a comparação dos teores foliares médios de manganês e de zinco encontrados com os dados disponíveis na literatura (LÉLES, 2008; PAULO et al., 1989; SOUZA e NATALE, 1997) indica semelhança de valores. Acrescenta-se, ainda, que para ambas as cultivares não se observaram sintomas visuais de deficiência desses micronutrientes na planta.

A comparação entre cultivares indica que os teores foliares dos macronutrientes nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre na 'AL Guarany 2002' foram superiores aos determinados para a 'Lyra' (tab. 3.2), o que demonstra maior capacidade de absorção desses nutrientes da cultivar 'AL Guarany 2002', uma vez

que por apresentar porte maior que a 'Lyra' está sujeita à maior diluição dos teores de nutrientes no tecido vegetal.

Tabela 3.2 – Teores de nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre e cobre na folha da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra.

Cultivar	N	K	Ca	S	Cu
	----- g kg ⁻¹ -----				mg kg ⁻¹
AL Guarany 2002	54,9 a	22,7 a	13,6 a	4,3 a	15 a
Lyra	52,7 b	20,1 b	11,3 b	4,1 b	10 b
CV(%)	4,7	11,9	11,9	6,4	7,9

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%

Segundo Nakagawa e Neptune (1971), aos 64 dias após a germinação, os níveis críticos de nitrogênio e potássio na folha da mamoneira são, respectivamente, 41 g kg⁻¹ e 46 g kg⁻¹. De acordo com essa classificação, os teores de nitrogênio determinados para ambas as cultivares no presente estudo foram elevados e os de potássio, baixos. Resultado semelhante é obtido ao se compararem os resultados com as faixas de suficiência estabelecidas por Malavolta et al. (1997). Considerando-se os padrões de referência estabelecido para a mamoneira por estes últimos autores, verifica-se, que também os teores de cálcio determinados não atingiram o nível crítico preconizado (15 g kg⁻¹) e, contrariamente, que os teores foliares de enxofre determinados superaram a faixa de suficiência (2,5-3,5 g kg⁻¹). Atribuem-se os valores restritivos de cálcio no tecido foliar determinados ao conteúdo inicial baixo do nutriente no solo (CQFS-RS/SC, 2004) e à ausência de calagem da área experimental. Assim, o aporte do nutriente ao solo restringiu-se ao cálcio contido no fertilizante fosfatado, o qual, mesmo nas doses mais elevadas, não promoveu suficiência do nutriente no tecido vegetal da mamoneira. É possível, ainda, que o padrão de comparação para cálcio utilizado (MALAVOLTA et al., 1997) não seja adequado para as cultivares utilizadas, superestimando a necessidade do nutriente da planta.

O teor foliar de cobre da cultivar AL Guarany 2002 foi 50% superior ao da cultivar Lyra (tab. 3.2), que se aproximou dos 8 e 7 mg kg⁻¹ obtidos, respectivamente, por Pacheco et al. (2006) e Léles (2008), para plantas adequadamente nutridas no nutriente.

Também a variação na dose de fósforo influenciou o teor foliar de nitrogênio na mamoneira. Os dados obtidos ajustaram-se a um modelo quadrático, com valor máximo correspondente à dose de 56 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Fig. 3.2).

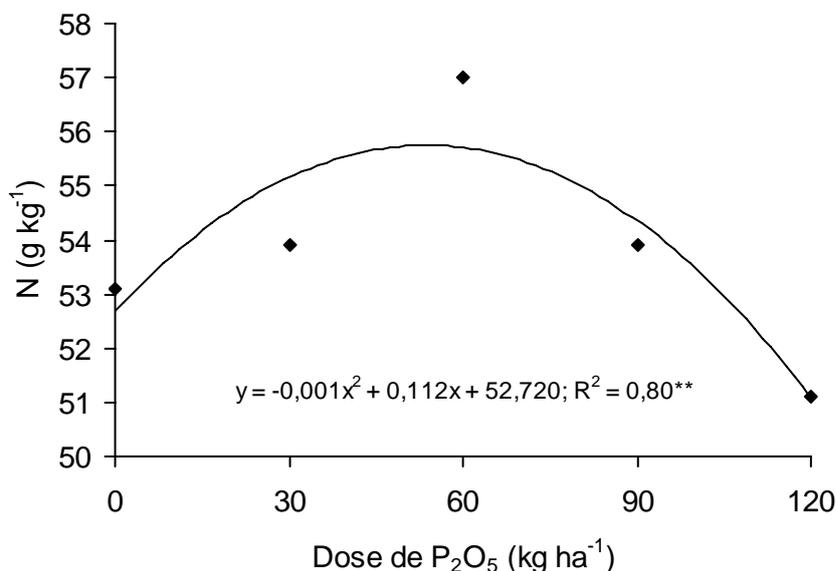


Figura 3.2 – Teor de nitrogênio na folha da mamoneira em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

A interação entre nitrogênio e fósforo na mamoneira foi avaliada por Jeschke et al. (1997), os quais observaram aumento no teor de nitrato na planta decorrente do acréscimo na concentração de fósforo em solução nutritiva. Este efeito foi atribuído à eficiência na absorção de ânions pelas plantas com o suprimento adequado de P, uma vez que esse transporte é efetuado contra um gradiente de potencial eletroquímico, requerendo, assim, energia na forma de ATP (MALAVOLTA et al., 1989).

O teor foliar de cálcio na mamoneira decresceu proporcionalmente ao aumento da dose de fósforo utilizada na adubação (Fig. 3.3), possivelmente em razão da ocorrência de efeito de diluição, decorrente do maior crescimento da planta quando adubada com doses maiores de fósforo. O resultado obtido difere daquele reportado por Machado et al. (2007), ao trabalharem com as mesmas cultivares de mamona, porém em solo com teor inicial do nutriente mais elevado. Cabe ressaltar, ainda, que devido ao adubo fosfatado empregado (superfosfato triplo) possuir 21% de CaO, o comportamento observado contrapõe-se à expectativa de aumento na

disponibilidade de cálcio no complexo de troca e na absorção pela mamoneira, em resposta ao aumento da dose utilizada na adubação, conforme previsto por Souza et.al. (1985).

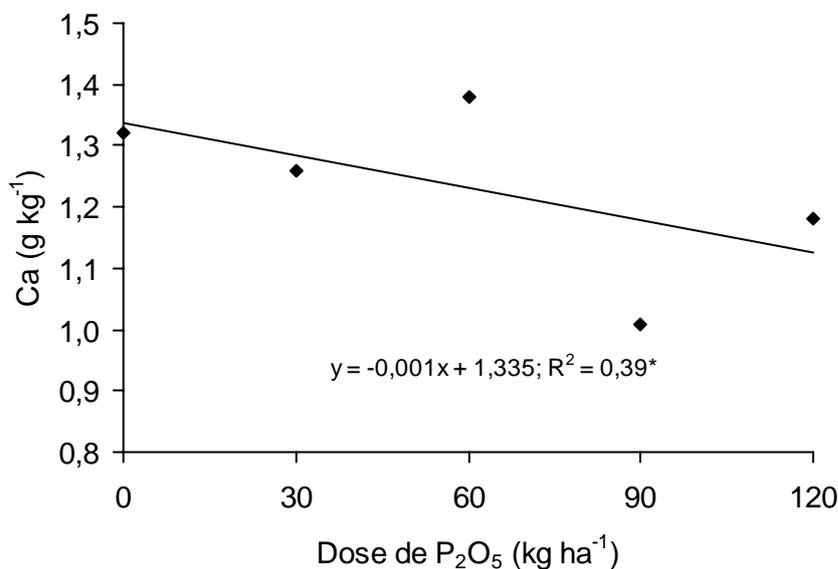


Figura 3.3 – Teor de cálcio na folha da mamoneira em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

Independentemente da dose de fósforo, o teor de boro no híbrido 'Lyra' foi superior ao da 'AL Guarany 2002' (tab. 3.3). Ademais, apenas a 'Lyra' sofreu influência da dose de fósforo utilizada na adubação; os dados ajustaram-se a um modelo linear decrescente (Fig. 3.4), indicando que, para esta cultivar, a variação no teor foliar de B acompanhou as variações no porte da planta, decrescendo à medida em que se elevou a dose de fósforo e, conseqüentemente, seu crescimento.

Tabela 3.3 – Teor de boro na folha da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

Cultivar	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	30	60	90	120
	----- mg kg ⁻¹ -----				
AL Guarany 2002	42 b	42 b	43 b	42 b	43 ^{ns}
Lyra	57 a	55 a	50 a	48 a	43

CV(%) = 7,3

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%; ns - não significativo.

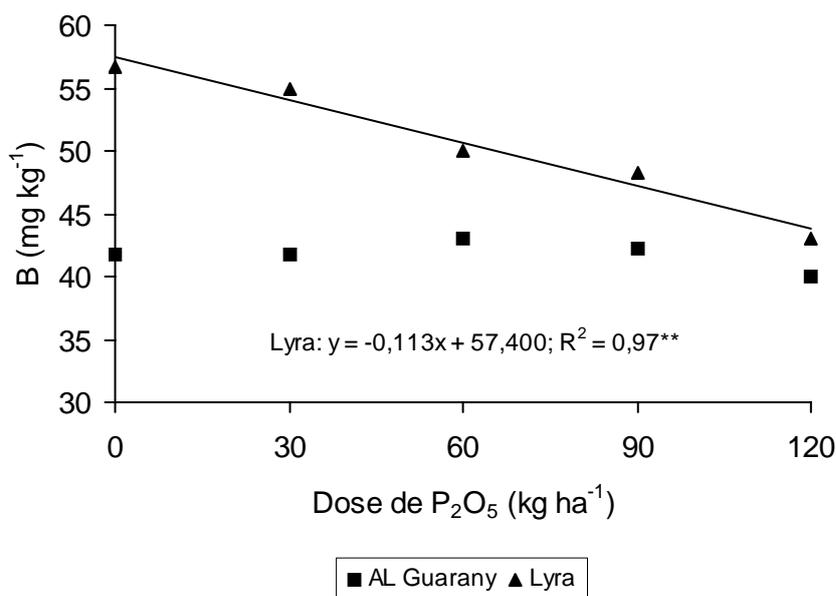


Figura 3.4 – Teor de boro na folha da mamoneira em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

Para ambas as cultivares, os teores foliares de boro observados ficaram dentro da faixa de suficiência indicada por Souza e Natale (1997), de 35 a 91 mg kg⁻¹ de B.

A Fig. 3.5 apresenta a resposta do teor de ferro no tecido foliar da mamoneira à variação na dose de fósforo. Os dados foram descritos por modelo quadrático com valor mínimo correspondente à dose de 65 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Por sua vez, Silva et al. (2008) determinaram redução na concentração do nutriente na mamoneira em resposta ao aumento da adubação fosfatada. Assim como o desequilíbrio em relação a outros micronutrientes, tais como: Mn, Cu e Mo, e pH elevado, o excesso de fósforo no solo e na planta são condições que predispõem à deficiência de ferro (ABREU et al., 2007). Possivelmente, o efeito diverso determinado neste estudo esteja associado ao pH do solo utilizado (5,8), que se encontra dentro da faixa de maior disponibilidade de Fe (4,0 a 6,0), bem como ao fato de os teores de fósforo atingidos no solo, mesmo nos níveis mais elevados de adubação, não terem comprometido a disponibilidade de ferro às plantas de mamona.

Os teores de ferro determinados no experimento foram bem menores que os reportados por Léles (2008), para a 'AL Guarany 2002' Latossolo Vermelho

distrófico, rico em ferro, do município de Botucatu, SP. Apesar deste resultado, não foram visualizados sintomas de deficiência do nutriente para nenhuma das cultivares avaliadas.

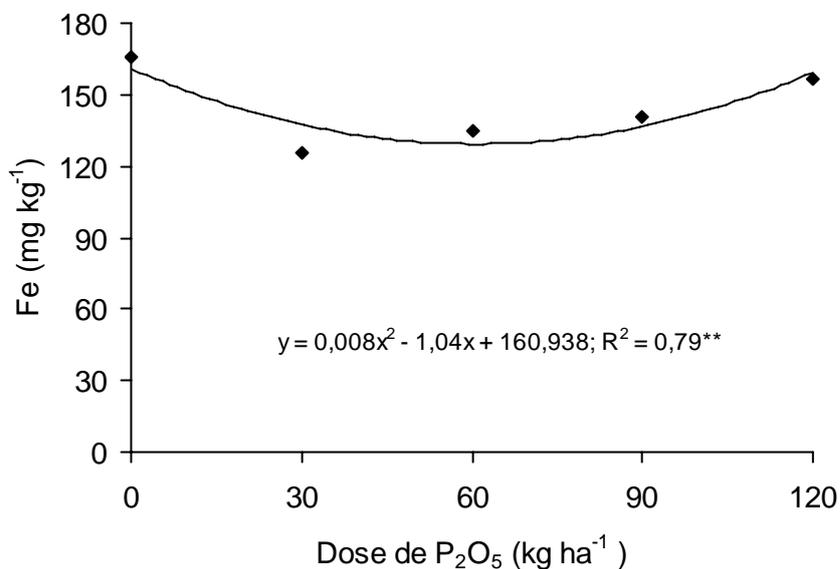


Figura 3.5 – Teor de ferro na folha da mamoneira em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

3.5.2 Crescimento e desempenho produtivo da mamoneira

As variáveis altura de planta e de inserção do primeiro cacho e produtividade de grãos foram influenciadas pela interação entre os fatores cultivar e adubação fosfatada. A massa de 100 grãos variou exclusivamente entre as cultivares e o rendimento grãos:casca não sofreu efeito dos tratamentos.

A cultivar AL Guarany 2002 sobressaiu-se em relação à 'Lyra' quanto à altura de planta (tab. 3.4), o que se explica pela diferença no porte das duas cultivares, sendo a 'AL Guarany 2002' de porte médio e a 'Lyra', de porte baixo (SAVY FILHO, 2005). Os resultados mostram, ainda, que apenas a partir da dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a 'AL Guarany 2002' atingiu o porte médio previsto por seus obtentores, entre 1,60m e 2,60m, indicando que o fósforo foi um fator limitante ao crescimento dessa cultivar no presente estudo. Independentemente da dose de fosfato utilizada, a cultivar Lyra não atingiu o porte médio a ela preconizado sob condições adequadas de cultivo (1,60m). Tal comportamento sugere que outros

fatores, possivelmente associados às condições edafoclimáticas do local de cultivo, bem como à época tardia de semeadura da mamoneira, restringiram o crescimento dessa cultivar.

Tabela 3.4 – Altura de planta da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

Cultivar	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	30	60	90	120
	----- m -----				
AL Guarany 2002	1,40 a	1,45 ^{ns}	1,75 a	1,73 a	1,65 a
Lyra	1,15 b	1,33	1,22 b	1,29 b	1,28 b
CV(%) = 7,2					

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%; ns - não significativo.

Da mesma forma, a altura de inserção do primeiro cacho, característica que reflete a precocidade da cultivar (SEVERINO et al., 2006), da 'AL Guarany 2002' foi maior que para a 'Lyra', expressando a variabilidade de seu ciclo, respectivamente, de 180 e 140 dias até a colheita dos cachos terciários (SAVY FILHO, 2005) (tab. 3.5).

Tabela 3.5 – Altura de inserção do primeiro cacho da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

Cultivar	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	30	60	90	120
	----- m -----				
AL Guarany 2002	0,44 a	0,67 a	0,68 a	0,55 a	0,52 a
Lyra	0,33 b	0,42 b	0,37 b	0,39 b	0,36 b
CV(%) = 11,1					

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

Apenas para a 'AL Guarany 2002' determinou-se influência da variação na dose de fósforo sobre as variáveis altura de planta e de inserção do primeiro cacho, sendo os dados obtidos ajustados por modelos quadráticos com valores máximos correspondentes às doses de 80 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Fig.

3.6 e Fig. 3.7). Segundo Weiss (1983), diferentes cultivares de qualquer espécie vegetal podem responder, de forma diferenciada, em crescimento e produção sob determinado nível nutricional, visto que plantas selecionadas para crescer em determinado nível de nutrientes foram adaptadas para produzir o máximo naquele nível. É por isso que raramente a mamoneira é cultivada em solos muito férteis, pois nessas condições ela tende a produzir grande massa vegetativa em detrimento à produção de grãos (SEVERINO et al., 2006).

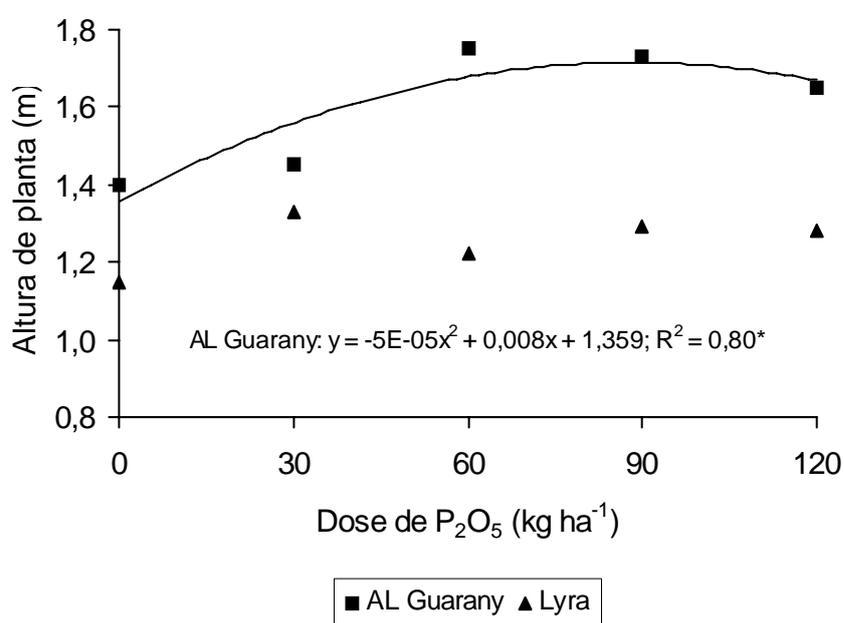


Figura 3.6 – Altura de planta da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

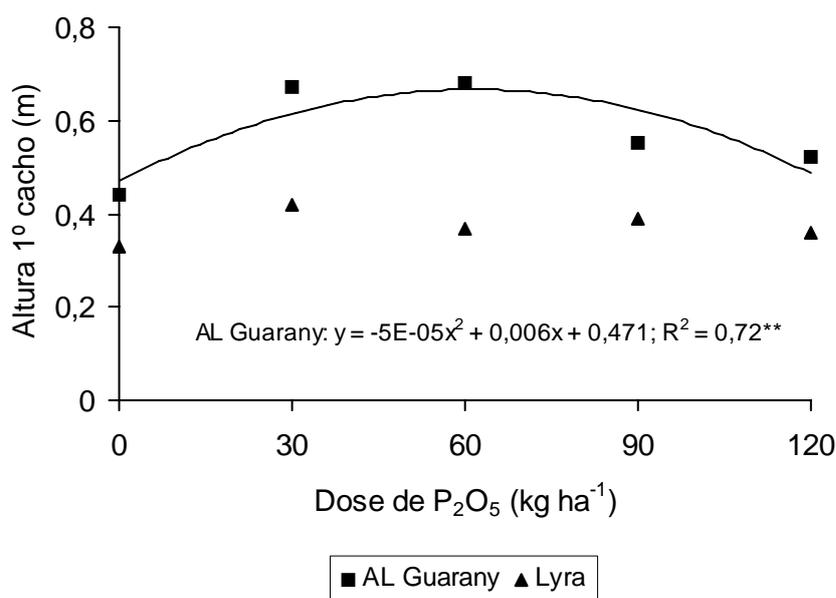


Figura 3.7 – Altura de inserção do primeiro cacho da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

As cultivares AL Guarany 2002 e Lyra diferiram entre si quanto à produtividade de grãos nas doses 30, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para a menor dessas doses, a produtividade da ‘Lyra’ foi superior à da ‘AL Guarany 2002’, o contrário ocorrendo para as doses de 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (tab. 3.6). Este comportamento é indicativo da maior exigência do nutriente pela ‘AL Guarany 2002’, relativamente, à ‘Lyra’, o que deve estar associado ao seu porte maior. Acrescenta-se que, em presença de adubação fosfatada, ambas as cultivares atingiram e até mesmo superaram seu potencial produtivo, 1000 a 2500 kg ha⁻¹, para a ‘AL Guarany 2002’, e 1600 kg ha⁻¹, para a ‘Lyra’ (SAVY FILHO, 2005).

Tabela 3.6 – Produtividade em grão da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

Cultivar	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	30	60	90	120
AL Guarany 2002	1098 ^{ns}	1457 b	2221 ^{ns}	2693 a	2758 a
Lyra	1023	1740 a	2109	2332 b	2130 b

CV(%) = 12

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%; ns - não significativo.

A resposta de ambas as cultivares à adubação fosfatada foi descrita por modelos quadráticos (Fig. 3.8).

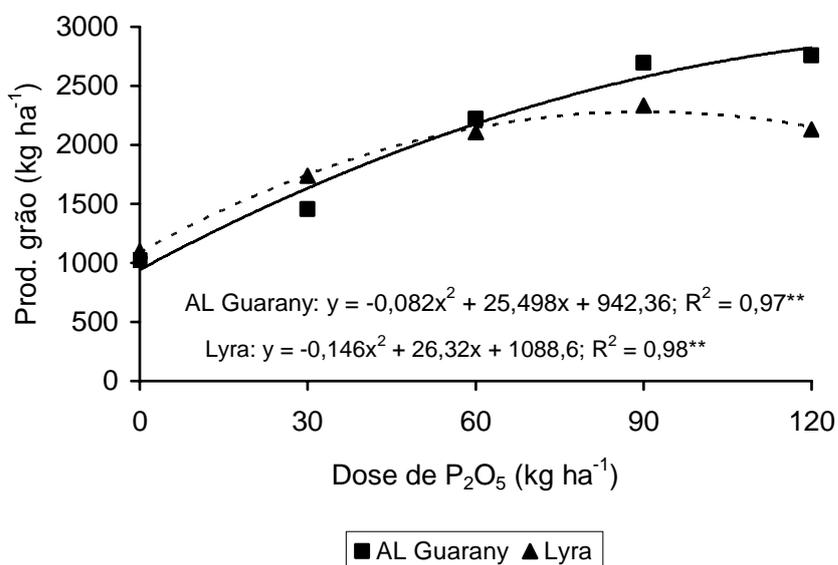


Figura 3.8 – Produtividade de grãos da mamoneira cultivares AL Guarany 2002 e Lyra em função da dose de fósforo utilizada na adubação.

A partir dos modelos matemáticos ajustados, estimaram-se as doses de máxima eficiência técnica, que foram, respectivamente, de 156 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as cultivares AL Guarany 2002 e Lyra. Também foram calculadas as doses de máxima eficiência econômica de 134 e 78 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, para a 'AL Guarany 2002' e a 'Lyra'. Ressalta-se que nesta estimativa, consideraram-se os preços unitário do adubo e do grão de mamona praticados no mês de novembro de 2008. As diferenças encontradas entre as doses correspondentes à máxima eficiência técnica e econômica foram relativamente baixas, em razão da grande valorização dos grãos de mamona (R\$80,00 saco⁻¹), visto que o preço do adubo também se encontrava em patamares elevados (R\$1950,00 t⁻¹ de superfosfato triplo).

As doses de máxima eficiência econômica calculada foram inferior aos 143 kg ha⁻¹ de P₂O₅ determinados por Souza et al. (1974), para a cultivar 'Campinas', em um momento histórico em que os preços dos fertilizantes também se encontravam em patamares bastante elevados. Porém, superaram os 47 kg de P₂O₅ ha⁻¹ determinados por Souza et al. (1976), em um período em que a cotação do produto agrícola era muito baixa e a dos fertilizantes, elevada, de forma a renda líquida para

a aplicação da maioria das doses de fertilizantes tendia a ser negativa. Destaca, porém, que, no mesmo trabalho, a resposta da cultura à adubação fosfatada foi bastante ampla, atingindo 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Recentemente, Ferro et al. (2008), em estudo realizado no estado de Alagoas, observaram, para as cultivares BRS 149 'Nordestina' e BRS 188 'Paraguaçu', menor resposta à aplicação de fósforo, com máxima eficiência técnica correspondente à dose de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Os autores associaram, entretanto, a baixa resposta ao nutriente à restrição na disponibilidade de cobre e manganês no solo utilizado, a qual foi intensificada pelo uso de doses maiores de fosfato.

Atribui-se a elevada magnitude de resposta de ambas as cultivares avaliadas à adubação fosfatada ao baixo teor inicial do nutriente no solo utilizado ($5,9 \text{ mg dm}^{-3}$), bem como à importância do nutriente para o desempenho produtivo de culturas oleaginosas, como a mamoneira (FERREIRA et al., 2004). O comportamento observado ratifica, ainda, proposições de Souza et al. (1974) e Nakagawa et al. (1986) de que o fósforo é o nutriente de maior relevância na produção da mamoneira.

Com relação à variável rendimento grão:casca, que expressa a relação entre o peso dos grãos e o peso total dos frutos, não se determinou efeito dos tratamentos de adubação fosfatada, nem mesmo distinção entre as cultivares avaliadas. O valor médio determinado foi de 74%, o qual classifica ambas as cultivares como de alto rendimento em grãos (NÓBREGA et al., 2001), superando inclusive as médias preconizadas para tais cultivares (SAVY FILHO, 2005), o que reflete a adequação do manejo da cultura, bem como do beneficiamento pós-colheita dos frutos. Em condições de cultivo bastante próximas às do presente estudo, Silva et al. (2004) determinaram rendimento em grãos de 72%, para a cultivar AL Guarany 2002.

As cultivares diferiram entre si quanto à massa de 100 grãos, sendo que os valores determinados para a 'AL Guarany 2002' (45,2 g) superiores aos obtidos para a cultivar Lyra (41,6 g), comportamento este que está associado a características dos grãos das duas cultivares. Acrescenta-se que os valores determinados para a 'AL Guarany 2002' foram bastante próximos aos 46 g, estabelecido como valor médio para esta cultivar.

Independentemente da cultivar, não se determinou efeito da dose de fósforo utilizada na adubação sobre a massa de 100 grãos da mamoneira, confirmando relato de Pacheco et al. (2008). Entretanto, Nakagawa et al. (1986), ao trabalharem

com um intervalo de doses de 0 a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, como termofosfato, determinaram aumento na massa de 100 grãos em resposta à adubação fosfatada. Os autores reportaram, porém, que a resposta dessa variável à aplicação de fósforo é diferenciada entre cultivares.

3.5.3 Atributos químicos do solo

A avaliação da fertilidade do solo em sucessão ao cultivo da mamoneira indicou efeito dos tratamentos exclusivamente sobre o teor de fósforo disponível, que aumentou proporcionalmente à dose de fósforo aplicada (Fig. 3.9). Ressalta-se, porém, que a despeito da ampla variação nas doses de P utilizadas, os teores disponíveis recuperados no solo após o cultivo da mamoneira foram baixos, praticamente não se alterando em relação ao teor inicial ($5,9 \text{ mg dm}^{-3}$). Este resultado reflete a elevada absorção do nutriente pela cultura e indica que o residual porventura existente foi convertido a formas de menor disponibilidade, não recuperadas pelo extrator utilizado.

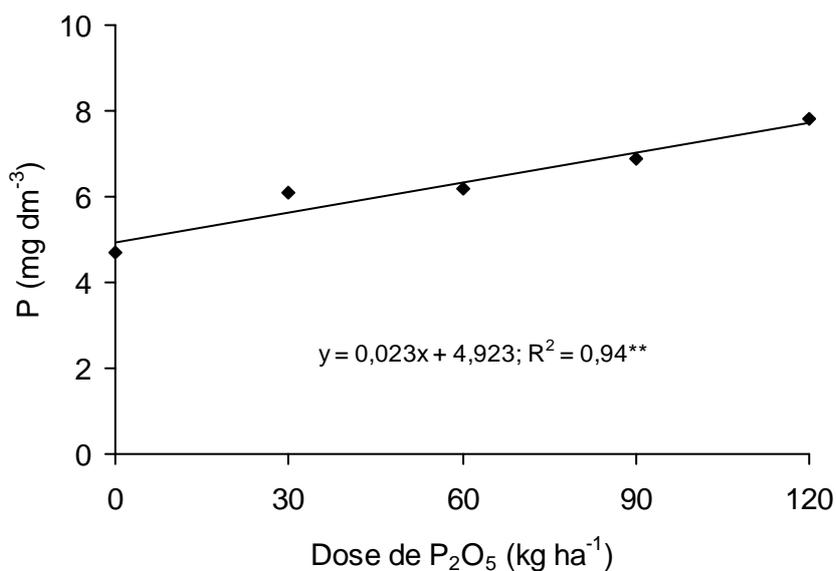


Figura 3.9 – Teor de fósforo no solo, após o cultivo da mamoneira, em função da dose utilizada na adubação.

Os teores médios dos demais atributos de solo avaliados após o cultivo da mamoneira são: $\text{pH}_{(\text{água})} = 5,6$; $\text{M.O.} = 16,0 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{K} = 65 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 2,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{Al} = 0,2 \text{ de cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

3.6 Conclusões

A adubação fosfatada altera os teores foliares de nitrogênio, cálcio, boro e ferro da mamoneira, sendo que, para boro, o efeito é diferenciado entre as cultivares AL Guarany 2002 e Lyra.

Os teores de potássio, enxofre e cobre no tecido foliar da cultivar AL Guarany 2002 são superiores ao da 'Lyra'.

O uso de até 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 promove o crescimento da mamoneira cultivar 'AL Guarany 2002'.

A cultivar AL Guarany 2002 é mais exigente em adubação fosfatada que a 'Lyra'.

A adubação fosfatada aumenta a produtividade de grãos de ambas as cultivares de mamoneira. Para a 'AL Guarany 2002', as doses de máxima eficiência técnica e econômica são, respectivamente, 156 e 134 kg ha^{-1} de P_2O_5 e para a 'Lyra', 90 e 78 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

O teor de fósforo disponível residual no solo aumenta com a dose do nutriente utilizada na adubação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mamoneira, tradicionalmente cultivada nas regiões Nordeste e Sudeste do País para a produção de óleo, com aplicações diversas e nobres na indústria, tem tido seu cultivo estimulado, nos últimos anos, em outras Regiões do País, para atender à demanda do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), que visa à substituição parcial de combustíveis fósseis por combustíveis derivados de óleos vegetais.

No Rio Grande do Sul, a despeito das condições edafoclimáticas favoráveis e dos incentivos governamentais recebidos, o cultivo da mamoneira ainda é bastante restrito. Em parte, a expansão e o desenvolvimento da cultura no Estado são limitados pela deficiência de informações de pesquisa sobre técnicas adequadas de produção da matéria-prima. Ademais, reconhece-se a necessidade de organização da cadeia produtiva e de aprimoramento do processo industrial.

Com relação à adequação do processo produtivo da mamoneira, o estabelecimento de recomendações de adubação específicas para as condições de clima e solo e cultivares utilizadas no Rio Grande do Sul tem-se mostrado fator crítico à expansão da cultura, visto ser bastante exigente em fertilidade do solo e responsiva à adubação, em razão principalmente, da demanda nutricional elevada.

Nesse contexto, esta dissertação, em que se avaliou o efeito das adubações nitrogenada e fosfatada para duas importantes e representativas cultivares de mamona no Estado (AL Guarany 2002 e o híbrido Lyra), contrastantes quanto ao porte e ciclo, contribui para o enriquecimento do acervo de informações sobre práticas culturais, indicando elevada resposta da cultura aos nutrientes nitrogênio e fósforo. No caso do nitrogênio, essa independeu da cultivar utilizada, chegando a patamares próximos a 80 kg ha^{-1} . Para o fósforo, porém, distinguiram-se diferenças entre as cultivares, cuja resposta foi maior para a 'AL Guarany 2002', que apresenta maiores porte e ciclo. Ademais, a resposta da cultura à adubação fosfatada foi maior relativamente ao nitrogênio, particularmente para a 'AL Guarany 2002', onde superou as doses avaliadas, de zero a 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Novos e diversificados estudos sobre adubação da mamoneira ainda são requeridos para confirmar e ampliar os resultados disponibilizados; neste caso, contemplando, além do efeito do nitrogênio e fósforo, o de outros nutrientes sobre a

nutrição e desempenho produtivo da cultura, bem como a influência da adubação sobre o teor de óleo nos grãos, principal produto da cultura.

5. REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A. de; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. dos. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES V., V. H.; BARROS, F. N.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 645-736.
- AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 63-76.
- AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. V. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1997. 52 p. (EMBRAPA – CNPA. Circular Técnica, 25).
- AZEVEDO, D. M. P. de; NÓBREGA, L. B. da; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 121-160.
- BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. L. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**, p.37-61. 2001.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Plano Nacional de Agroenergia**. Brasília, 2005. 120 p.
- CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. **Bragantia**, Campinas, v. 17, p. 243-259, 198-58.
- CANECCHIO FILHO, V.; ROCHA, J. L. V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira. III. Experimento com doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio. **Bragantia**, Campinas, v. 22, p. 765-75, 1963.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- DONEDA, A.; GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; SILVA, S. D.; SANTOS, G. F.; WEILER, D. A.; LONGHI, R.; SCHMALZ, C. R. Resposta da cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) a doses de N, P e K em sistema plantio direto no Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. 2007, Gramado. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 CD-ROM.
- EMBRAPA CLIMA TEMPERADO (CPACT). **Laboratório de Agrometeorologia**. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/agromet/>>. Acesso em: 30 outubro de 2008.
- FERREIRA, G.B.; SANTOS, A. C. M.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. A Deficiência de fósforo e potássio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais do...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

FERRO, J. H. de A.; SILVS, D. F. da; OLIVEIRA, M. W. de; TRINDADE, R. C. P.; COSTA, J. P. V. da; CALHEIROS, A. S. Avaliação do crescimento e da produtividade de duas variedades de mamona (*ricinus communis* L.) em função da adubação fosfatada no município de rio largo – Al. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. Energia e Ricinoquímica – **Anais...** Salvador: 2008 CD.

FREIRE, C.J. da S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário**. 2.ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 201p.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E.F. (Ed.). **Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.295-335.

HANWAY, J. L.; OLSON, R. A. Phosphate nutrition of corn, sorghum, soybeans, and small grains. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 681-692.

HOCKING, P. J. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.). **Annals of Botany**, v. 49, p. 51-62, 1982.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de publicações, 2004. 200 p. (Série cadernos de altos estudos, 1.).

JESCHKE, W. D.; KIRKBY, E. A.; PEUKE, A. D.; PATE, J. S.; HARTUNG, W. Effects of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.) **Journal of Experimental Botany**. v. 48, n. 306, p. 75-91, 1997.

KAMPRATH, E. J. Enhanced phosphorus status of maize resulting from nitrogen fertilization of high phosphorus soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 522-526, 1987.

LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C. da; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 61-67, 2005

LÉLES, E. P. **Interação de doses de calcário e zinco na mamoneira**. 2008. 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

LIMA, R. de L. S. de.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SILVA, M. I. L. da.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, p. 15-21, 2007.

MACHADO, J. P.; SCIVITTARO, W. B.; VALE, M. L. C. do; CASTILHOS, R. M. V. Efeito da adubação NPK na produtividade de grãos da mamoneira. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 1.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA-RS, 1. 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 1 CD- ROM.

MACHADO, J.P.; SCIVITTARO, W.B.; VALE, M.C.V.; PICOLOTO, R.; CASTILHOS, R.M.V. Estado Nutricional da Mamoneira em Resposta à Adubação NPK. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: CD-ROM.

MADAIL, J. C. M.; BELARMINO, L. C.; NEUTZLING, D.M. **Aspectos econômicos da mamona (*Ricinus communis* L.) e estudo da rentabilidade no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 38p. (Embrapa Clima Temperado, Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 32.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.

MAMONA, Agriannual, São Paulo, p. 48, 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

NAKAGAWA, J.; LEVORATO, E.; BOARETTO, A. E. Efeitos de doses crescentes de termofosfato na presença e ausência de micronutrientes em dois cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Científica**, São Paulo, v. 14, p. 55-64, 1986.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L.; JAEHN, A. Efeito isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio na mamoneira (*Ricinus communis*), cultivares "IAC-38" e "Campinas". **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 31, p. 233-241, 1974.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A.M.L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar "Campinas". **Anais da ESALQ**, v. 28, p. 323-337, 1971.

NEVES, E.M. **Teoria da produção**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Sociais Aplicadas. 1972. 43p. Mimeo.

NÓBREGA, M. B. de M.; ANDRADE, F. P. de; SANTOS, J. W. dos; LEITE, E. J. Germoplasma. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 257-281.

PACHECO, D.D.; GONÇALVES, N.P.; SATURNINO, H.M.; ANTUNES, P.D.; RIBEIRO. Produção e disponibilidade de nutrientes para a mamoneira (*Ricinus communis*) adubada com NPK. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**. V8, n.1, p. 153-160. 2008.

PACHECO, D.D.; SATURNINO, H.M.; GONÇALVES, N.P.; SANTOS, D.A.; LOPES, H.F.; SOUZA, R.P.D. de; DOURADO, I.C.; ANTUNES, P.D.; RIBEIRO, D.P. Diagnóstico nutricional para micronutrientes em mamona adubada com NPK em solo de chapada da bacia do rio do Jequitinhonha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Sergipe: Embrapa, 2006. CD-ROM.

PAULO, E. M.; BATAGLIA, O. C.; KASAI, F. S.; CAVICHIOLI, J. C. Deficiência de boro em mamona. **Bragantia**, Campinas, v. 48, p. 241-247, 1989.

RAIJ, B.V., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. (Eds). **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC - Boletim Técnico, 100)

- ROCHA, J. L. V.; CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira. V. Experiência com vários fosfatos em solo do Arenito Botucatu. **Bragantia**, Campinas, v. 23, p. 291-297, 1964.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Eds.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SAVY FILHO, A. Mamona. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. (Eds). 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico. 1996. p. 201. (Instituto Agrônômico, Boletim Técnico, 100).
- SAVY FILHO, A. Mamona. In: FAHL, J.I.; CAMARGO, M.B.P. de; PIZZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T. de; DEMARIA, I.C. & FURLANI, A.M.C. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1998. p.309-310. (Instituto Agrônômico, Boletim Técnico, 200).
- SAVY FILHO, A. Melhoramento da mamona. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 385-485.
- SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.
- SCIVITTARO, W.B. & PILLON, C.N. 2006. **Adubação e calagem para a cultura da mamona no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 8p. (Embrapa Clima Temperado, Comunicado Técnico, 150).
- SEMENTES ITAQUERÊ. **A cultura da mamona no cerrado brasileiro**. Primavera do Leste, MS: Sementes Itaquerê/Sementes Armani, 2004. (Fôlder)
- SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; FREIRE, W. S. de A.; CASTRO, D. A. de; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 563-568, 2006.
- SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; FERREIRA, G. B.; CARDOSO, G. D.; GONDIM, T. M. de S.; BELTRÃO, N. E. de M.; VIRIATO, J. R. **Crescimento e produtividade da mamoneira sob fertilização química em região semi-árida**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 19 p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 62).
- SILVA, T. R. B. da; LEITE, V. E.; SILVA, A. R. B. da; VIANA, L. H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1357-1359, 2007.
- SILVA, S.D. dos A. e; GOMES, C.B.; UENO, B.; ANTHONISEN, D.G.; GALHARÇA, S.P.; BAMMANN, I.; ZANATTA, Z.G.C.N. Avaliação de cultivares de mamona em pelotas - RS, safra 2003/04. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.
- SILVA, S. D. A.; ANDRES, A.; UENO, B.; FLORES, C.A.; GOMES, C.B.; PILLON, C.N.; ANTHONISEN, D.; MACHADO, E.B.; THEISEN, G.; MAGNANI, M.; WREGGE, M.S.; AIRES, R.F. **A cultura da mamona na região de clima temperado: informações preliminares**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 149). 56 p.

- SILVA, D. F.; FERRO, J. H. de A.; TRINDADE, R. C. P.; OLIVEIRA, M. W. de; COSTA, J. P. V. da; CALHEIROS, A. S. Estado nutricional e acúmulo de nutrientes em mamoneira submetidas a diferentes doses de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. Energia e Ricinoquímica – **Anais...** Salvador: 2008 CD.
- SOUZA, E. A.; BURATTO, N. R.; COUTINHO, E. L. M. LIMA, L. A. de. Adubação fosfatada na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* (L.) cv. Guarani). **Científica**, São Paulo, v. 13, p. 19-28, 1985.
- SOUZA, E. A.; FERREIRA, M. E.; BONO, G. M.; BANZATTO, D. A. Efeitos da fertilização nitrogenada, fosfatada e potássica na produção da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Científica**, v. 2, p. 162-168, 1974.
- SOUZA, E. A.; NATALE, W. Efeito do boro e zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, São Paulo, v. 2, p. 327-333, 1997.
- SOUZA, E. A.; NEPTUNE, A. M. L. Resposta da cultura de *Ricinus communis* L. à adubação e calagem. **Científica**, São Paulo, v. 4, p. 274-281, 1976.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 175 p.
- THEISEN, G.; ANDRES, A. Manejo de plantas daninhas. In: SILVA, S. D. dos A. e; CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; SCIVITTARO, W.B. **A cultura da mamona no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. p. 75-80.
- UENO, B. Manejo integrado de doenças. In: SILVA, S. D. dos A. e; CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; SCIVITTARO, W. B. **A cultura da mamona no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. p. 61-68.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 449 p.
- WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 660p.
- WREGE, M. S.; SILVA, S. D. A; GARRASTAZU, M.C.; STEINMETZ, S.; REISSER, C. Jr.; HERTER, F. G.; MATZENAUER, R. **Zoneamento agroclimático para mamona no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 28p. (Embrapa Clima Temperado, Documento, 192.
- ZONTA, E.P. & MACHADO, A.A. **SANEST – Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores**. 1995. 48p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados mensais de temperaturas máxima ($T_{\max.}$) e mínima ($T_{\min.}$) e de precipitação pluviométrica relativos ao período experimental. Pelotas, RS. Safra 2007-08.

Mês / ano	$T_{\max.}$ ----- °C -----	$T_{\min.}$ -----	Precipitação mm
Novembro / 2007	24,2	13,6	110,1
Dezembro /2007	28,9	17,2	31,7
Janeiro / 2008	28,7	18,5	96,7
Fevereiro / 2008	27,2	18,7	171,3
Março / 2008	27,7	17,9	126,7
Abril / 2008	24,7	14,8	47,4
Maio / 2008	20,9	11,9	181,0
Junho / 2008	17,0	8,4	68,9
Julho / 2008	19,4	11,1	59,0

APÊNDICE B – Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na folha +4 da mamoneira, cultivares AL Guarany 2002 e Lyra, em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação. Dados relativos a amostragem realizada por ocasião da emissão do primeiro cacho. Pelotas, RS. Safra 2007-08.

Dose de N kg ha ⁻¹	Repetição	----- g kg ⁻¹ -----					
		N	P	K	Ca	Mg	S
<i>Cultivar AL Guarany 2002</i>							
0	1	53,5	4,4	28,0	1,4	0,3	4,9
	2	50,9	3,6	25,8	1,3	0,3	4,2
	3	50,7	2,9	28,5	0,9	0,2	4,4
30	1	60,7	5,5	25,2	0,9	0,3	4,6
	2	55,7	4,8	29,7	1,2	0,3	4,6
	3	47,7	4,5	25,8	1,0	0,2	3,9
60	1	57,5	4,5	26,1	1,3	0,3	4,3
	2	53,8	4,1	25,2	1,4	0,3	4,4
	3	55,3	4,1	20,8	1,1	0,2	4,1
90	1	56,6	3,9	29,1	1,2	0,3	4,7
	2	51,8	3,1	20,6	1,3	0,3	4,0
	3	50,9	2,9	22,8	1,3	0,3	4,0
120	1	58,2	4,4	29,7	1,4	0,3	4,6
	2	48,5	3,0	19,5	1,4	0,3	4,2
	3	46,8	2,8	24,0	1,0	0,3	3,5
<i>Cultivar Lyra</i>							
0	1	40,0	5,3	24,7	1,5	0,4	4,5
	2	40,3	4,8	18,6	1,0	0,3	4,3
	3	49,7	4,0	18,6	0,9	0,3	3,9
30	1	53,0	5,8	21,9	1,0	0,3	5,0
	2	57,3	3,8	22,5	1,1	0,3	4,6
	3	56,2	5,3	22,2	0,6	0,2	3,5
60	1	37,5	5,0	22,9	1,3	0,3	4,8
	2	44,3	4,4	22,2	1,3	0,3	4,6
	3	44,4	3,7	21,4	1,0	0,3	4,0
90	1	35,3	3,1	25,0	1,1	0,3	4,7
	2	33,9	3,7	21,7	1,2	0,3	4,2
	3	32,4	2,3	18,4	1,2	0,3	3,7
120	1	48,3	3,8	20,0	1,2	0,3	4,0
	2	48,0	4,1	18,6	1,1	0,3	4,1
	3	48,5	3,5	20,0	1,1	0,3	3,9

APÊNDICE C – Teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na folha +4 da mamoneira, cultivares AL Guarany 2002 e Lyra, em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação. Dados relativos a amostragem realizada por ocasião da emissão do primeiro cacho. Pelotas, RS. Safra 2007-08.

Dose de N kg ha ⁻¹	Repetição	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		----- mg kg ⁻¹ -----				
<i>Cultivar AL Guarany 2002</i>						
0	1	39	17	174	124	48
	2	38	13	181	119	40
	3	40	14	188	113	40
30	1	44	16	133	90	49
	2	45	14	116	129	42
	3	36	13	150	118	37
60	1	44	12	120	142	45
	2	44	14	142	158	42
	3	40	14	140	150	37
90	1	44	17	174	147	50
	2	45	13	170	133	34
	3	36	14	177	120	34
120	1	43	16	164	130	45
	2	42	13	140	146	36
	3	36	13	116	138	34
<i>Cultivar Lyra</i>						
0	1	50	13	144	174	47
	2	50	10	156	149	41
	3	57	9	115	124	37
30	1	52	10	154	136	59
	2	56	11	131	113	48
	3	49	9	108	89	54
60	1	57	12	120	142	45
	2	58	11	120	197	41
	3	54	10	116	153	40
90	1	47	13	150	143	46
	2	47	9	137	125	39
	3	46	8	124	107	32
120	1	44	12	135	150	40
	2	44	11	131	145	44
	3	43	9	126	140	36

APÊNDICE D – Altura de planta, altura de inserção do primeiro cacho, relação grão:casca, produtividade em grãos e massa de 100 grãos da mamoneira, cultivares AL Guarany 2002 e Lyra, em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação. Pelotas, RS. Safra 2007-08.

Dose de N kg ha ⁻¹	Repetição	Altura de planta ----- m	Inserção 1° cacho -----	Relação grão:casca %	Produtividade em grãos kg ha ⁻¹	Massa 100 grãos g
<i>Cultivar AL Guarany 2002</i>						
0	1	1,15	0,62	0,73	1330	38,21
	2	1,23	0,57	0,71	1411	39,96
	3	1,07	0,45	0,74	1225	39,99
30	1	1,41	0,55	0,72	2419	46,54
	2	1,63	0,57	0,73	2447	42,95
	3	1,19	0,50	0,72	2044	40,59
60	1	1,80	0,78	0,73	2833	46,58
	2	1,42	0,53	0,68	2054	42,40
	3	1,57	0,45	0,70	1987	42,11
90	1	1,97	0,62	0,75	2954	45,15
	2	1,52	0,63	0,72	1992	41,13
	3	1,75	0,42	0,75	2387	39,43
120	1	1,80	0,58	0,74	2755	44,47
	2	1,64	0,57	0,73	1472	42,63
	3	1,48	0,44	0,74	2500	41,78
<i>Cultivar Lyra</i>						
0	1	1,17	0,35	0,78	2169	39,27
	2	1,12	0,28	0,76	2061	41,24
	3	1,02	0,32	0,76	2009	39,21
30	1	1,25	0,33	0,77	1970	40,90
	2	1,10	0,27	0,74	2230	42,67
	3	1,00	0,38	0,73	2267	39,88
60	1	1,23	0,38	0,72	2879	45,72
	2	1,17	0,28	0,71	2587	44,34
	3	1,13	0,33	0,74	2641	42,96
90	1	1,37	0,36	0,73	2425	45,91
	2	1,31	0,39	0,74	1971	43,58
	3	1,35	0,33	0,74	2224	42,81
120	1	1,06	0,34	0,76	2158	39,22
	2	1,23	0,32	0,73	2331	41,25
	3	1,18	0,36	0,78	2203	36,47

APÊNDICE E – Resultados da análise química do solo após a colheita da mamoneira, cultivares AL Guarany 2002 e Lyra, em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação. Pelotas, RS. Safra 2007-08.

Dose de N kg ha ⁻¹	Repetição	pH _(água)	MO g dm ⁻³	P ----- mg dm ⁻³ -----	K -----	Ca --- cmol _c dm ⁻³ ---	Mg ---
<i>Cultivar AL Guarany 2002</i>							
0	1	5,7	14	4,3	59	2,2	1,3
	2	5,5	17	3,6	49	2,2	1,1
	3	5,4	17	4,9	68	2,3	1,2
30	1	5,9	14	3,7	67	2,6	1,3
	2	5,9	16	3,0	56	2,2	1,2
	3	5,7	18	2,5	77	2,3	1,2
60	1	5,9	14	4,2	87	2,2	1,9
	2	5,6	16	4,5	68	1,9	0,9
	3	5,4	18	3,3	68	2,1	1,1
90	1	5,8	14	2,5	75	2,3	1,2
	2	5,8	16	4,5	71	2,1	1,0
	3	5,4	16	4,9	58	2,4	1,3
120	1	5,8	14	6,0	67	2,1	1,2
	2	5,6	14	5,6	56	2,3	1,1
	3	5,4	18	6,4	77	2,4	1,1
<i>Cultivar Lyra</i>							
0	1	6,0	17	4,8	83	2,7	1,4
	2	5,7	18	6,1	75	2,0	1,0
	3	5,6	17	7,4	52	2,7	1,4
30	1	5,9	17	4,8	56	2,9	1,5
	2	5,5	15	4,9	59	1,8	1,0
	3	5,7	19	5,5	60	2,8	1,5
60	1	5,8	14	5,4	56	2,0	1,1
	2	5,4	15	7,2	38	1,8	0,9
	3	5,4	15	6,2	58	2,5	1,3
90	1	5,9	15	6,4	64	2,3	1,3
	2	5,4	14	7,2	65	1,5	0,7
	3	5,6	20	6,8	66	3,0	1,6
120	1	5,7	15	8,0	66	1,8	1,3
	2	5,4	13	7,9	67	1,8	0,8
	3	5,5	18	8,7	59	2,4	1,3

APÊNDICE F – Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na folha +4 da mamoneira, cultivares AL Guarany 2002 e Lyra, em função da dose de fósforo utilizada na adubação. Dados relativos a amostragem realizada por ocasião da emissão do primeiro cacho. Pelotas, RS. Safra 2007-08.

Dose de P ₂ O ₅	Repetição	N	P	K	Ca	Mg	S	
kg ha ⁻¹		----- g kg ⁻¹ -----						
<i>Cultivar AL Guarany 2002</i>								
0	1	58,2	4,1	21,6	1,4	0,2	4,5	
	2	56,3	3,9	20,0	1,5	0,3	4,0	
	3	48,6	3,5	26,2	1,4	0,3	4,0	
30	1	58,1	4,4	25,8	1,5	0,3	4,7	
	2	50,7	3,7	20,6	1,2	0,3	4,4	
	3	51,2	3,6	18,4	1,3	0,3	3,7	
60	1	61,9	4,9	22,5	1,8	0,3	4,7	
	2	59,4	4,8	24,1	1,3	0,3	4,4	
	3	55,6	4,1	19,8	1,5	0,3	3,8	
90	1	58,3	4,7	21,3	1,3	0,3	5,1	
	2	57,1	4,2	25,1	1,1	0,2	4,2	
	3	48,7	4,2	23,9	1,2	0,3	4,0	
120	1	58,7	5,4	24,9	1,2	0,3	4,5	
	2	50,6	3,5	21,4	1,5	0,3	4,5	
	3	50,0	4,2	25,4	1,2	0,3	4,1	
<i>Cultivar Lyra</i>								
0	1	53,0	4,7	16,4	1,2	0,3	4,0	
	2	54,4	5,0	20,8	1,3	0,3	4,4	
	3	48,3	3,1	18,6	1,0	0,3	3,6	
30	1	57,5	4,9	22,8	1,5	0,3	4,5	
	2	54,8	5,1	21,7	1,1	0,3	3,5	
	3	51,1	4,1	18,9	1,0	0,3	3,8	
60	1	58,6	4,4	20,8	1,3	0,3	4,3	
	2	55,2	3,9	22,8	1,4	0,3	4,4	
	3	51,0	4,1	17,5	1,0	0,2	3,8	
90	1	51,4	4,3	18,6	1,0	0,3	4,3	
	2	56,3	5,1	20,3	1,1	0,3	4,6	
	3	51,5	3,9	18,9	0,9	0,3	3,8	
120	1	48,8	4,3	20,5	1,1	0,3	4,6	
	2	53,8	4,1	19,5	1,1	0,3	4,1	
	3	44,6	3,9	23,6	1,0	0,2	3,6	

APÊNDICE G – Teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na folha +4 da mamoneira, cultivares AL Guarany 2002 e Lyra, em função da dose de fósforo utilizada na adubação. Dados relativos a amostragem realizada por ocasião da emissão do primeiro cacho. Pelotas, RS. Safra 2007-08.

Dose de P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	Repetição	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		----- mg kg ⁻¹ -----				
<i>Cultivar AL Guarany 2002</i>						
0	1	45	17	163	163	51
	2	43	14	128	143	41
	3	37	14	167	122	35
30	1	47	16	130	139	47
	2	43	14	148	130	41
	3	35	13	118	135	33
60	1	43	17	124	139	48
	2	44	14	136	131	41
	3	42	13	152	146	31
90	1	44	17	154	139	51
	2	45	15	127	144	47
	3	38	14	170	161	36
120	1	46	17	172	149	49
	2	43	14	176	155	37
	3	39	15	128	143	38
<i>Cultivar Lyra</i>						
0	1	61	9	199	129	37
	2	58	9	179	125	41
	3	51	8	159	133	33
30	1	56	12	121	113	40
	2	51	11	129	139	45
	3	58	10	109	137	40
60	1	58	9	153	150	51
	2	50	10	134	190	44
	3	42	8	109	170	48
90	1	47	10	138	131	41
	2	50	12	129	99	44
	3	48	10	128	146	37
120	1	45	11	142	158	46
	2	44	9	154	143	43
	3	40	10	165	128	40

APÊNDICE H – Altura de planta, altura de inserção do primeiro cacho, relação grão:casca, produtividade em grãos e massa de 100 grãos da mamoneira, cultivares AL Guarany 2002 e Lyra, em função da dose de fósforo utilizada na adubação. Pelotas, RS. Safra 2007-08.

Dose de P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	Repetição	Altura de planta ----- m -----	Inserção 1° cacho -----	Relação grão:casca %	Produtividade em grãos kg ha ⁻¹	Massa 100 grãos g
<i>Cultivar AL Guarany 2002</i>						
0	1	1,67	0,46	0,73	1675	49,73
	2	1,27	0,39	0,71	1757	44,23
	3	1,27	0,47	0,68	1438	45,55
30	1	1,63	0,72	0,73	1835	45,73
	2	1,39	0,75	0,74	1820	43,17
	3	1,32	0,55	0,76	2067	41,83
60	1	1,82	0,77	0,73	3143	46,73
	2	1,75	0,62	0,78	3295	46,52
	3	1,67	0,65	0,74	2425	44,82
90	1	1,68	0,48	0,75	2617	48,45
	2	1,75	0,60	0,74	3197	44,39
	3	1,77	0,56	0,70	3266	45,36
120	1	1,65	0,57	0,71	3490	45,11
	2	1,55	0,48	0,71	3238	42,49
	3	1,74	0,52	0,76	3345	41,03
<i>Cultivar Lyra</i>						
0	1	1,15	0,33	0,74	1929	41,28
	2	1,20	0,35	0,75	1973	42,73
	3	1,11	0,31	0,75	1991	38,48
30	1	1,37	0,43	0,77	3012	44,18
	2	1,32	0,45	0,75	2361	39,61
	3	1,31	0,38	0,75	2846	40,92
60	1	1,40	0,37	0,77	2312	44,64
	2	1,17	0,37	0,74	1740	40,58
	3	1,10	0,36	0,74	2276	40,58
90	1	1,30	0,43	0,75	2327	44,57
	2	1,33	0,37	0,71	2145	40,76
	3	1,23	0,37	0,72	2025	43,98
120	1	1,42	0,36	0,75	2167	39,89
	2	1,14	0,39	0,74	2022	43,85
	3	1,28	0,33	0,74	2201	37,88

APÊNDICE I – Resultados da análise química do solo após a colheita da mamoneira, cultivares AL Guarany 2002 e Lyra, em função da dose de fósforo utilizada na adubação. Dados relativos à amostragem de solo realizada após o cultivo da mamoneira. Pelotas, RS. Safra 2007-08.

Dose de P_2O_5 $kg\ ha^{-1}$	Repetição	$pH_{(água)}$	MO $g\ dm^{-3}$	P ----- $mg\ dm^{-3}$ -----	K ----- $mg\ dm^{-3}$ -----	Ca ---- $cmol_c\ dm^{-3}$	Mg
<i>Cultivar AL Guarany 2002</i>							
0	1	5,4	14	2,8	65	1,9	1,0
	2	5,3	15	2,8	64	1,7	0,9
	3	5,7	18	3,3	62	2,7	1,4
30	1	5,6	14	4,2	60	2,0	1,0
	2	5,5	17	5,0	68	2,2	1,2
	3	5,9	16	4,9	67	3,0	1,6
60	1	5,6	15	5,8	63	1,8	1,0
	2	5,9	16	5,2	59	2,4	1,5
	3	5,5	18	4,5	56	2,6	1,3
90	1	5,7	15	5,9	81	2,0	1,1
	2	5,6	14	6,1	60	1,9	0,9
	3	5,4	16	6,3	68	2,1	1,0
120	1	5,9	15	6,6	70	2,7	1,5
	2	5,5	15	7,8	58	1,9	0,9
	3	5,4	16	6,8	62	2,6	1,3
<i>Cultivar Lyra</i>							
0	1	5,9	15	6,8	56	2,3	1,1
	2	5,6	14	6,1	56	2,0	1,6
	3	5,4	17	6,5	65	2,2	1,8
30	1	6,0	16	8,8	67	2,5	1,2
	2	5,8	13	6,2	64	2,0	1,1
	3	5,5	16	7,3	58	2,6	1,4
60	1	5,7	18	6,2	73	2,7	1,4
	2	5,5	14	7,9	72	2,3	0,9
	3	5,6	18	7,4	70	2,7	1,4
90	1	5,9	17	7,3	79	2,5	1,3
	2	5,9	14	7,4	83	2,1	1,2
	3	5,5	18	8,4	53	2,6	1,3
120	1	6,0	17	10,7	75	2,3	1,4
	2	5,4	15	6,2	64	2,2	1,0
	3	5,4	18	8,9	46	2,5	1,3