



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS**  
**NATURAIS COPEAG – COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**TESE**

**RESPOSTA DA FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO À ADUBAÇÃO FOSFATADA RESIDUAL E ÁGUA RESIDUÁRIA**

**JOSILDA DE FRANÇA XAVIER**

**CAMPINA GRANDE, PB**  
**DEZEMBRO– 2014**

**JOSILDA DE FRANÇA XAVIER**

**RESPOSTA DA FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO À  
ADUBAÇÃO FOSFATADA RESIDUAL E ÁGUA RESIDUÁRIA**

**Tese de Doutorado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola do Centro de  
Tecnologia e Recursos Naturais da  
Universidade Federal de Campina  
Grande, PB, em cumprimento às  
exigências para obtenção do título de  
Doutora.**

**Área de Concentração:** Irrigação e Drenagem

**Orientadores:** Prof. PhD. Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão (*in-memorian*)

**CAMPINA GRANDE, PB**

**DEZEMBRO – 2014**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

X3r

Xavier, Josilda de França.

Resposta da fisiologia e produção do pinhão-manso à adubação fosfatada residual e água residuária / Josilda de França Xavier. – Campina Grande, 2014.

121 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão (*in-memoriam*)".

Referências.

1. *Jatropha curcas* L. (pinhão-manso).
2. Reúso.
3. Fósforo.
4. Produtividade. I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. II. Beltrão, Napoleão Esberard de Macedo. III. Título.

CDU 633.85(043)

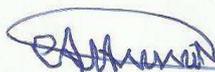
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO

JOSILDA DE FRANÇA XAVIER

RESPOSTA DA FISILOGIA E PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO À  
ADUBAÇÃO FOSFATADA RESIDUAL E ÁGUA RESIDUÁRIA

COMISSÃO EXAMINADORA

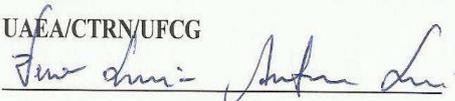
PARECER



APROVADO

Prof. Dr. Carlos Alberto V. de Azevedo – Orientador

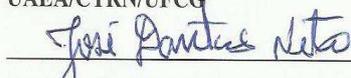
UAEA/CTRN/UFCG



APROVADA

Prof.<sup>a</sup>. Dra Vera Lucia A. de Lima – Examinador Interno

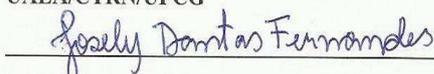
UAEA/CTRN/UFCG



APROVADO

Prof. Dr. José Dantas Neto - Examinador Interno

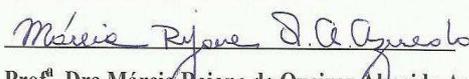
UAEA/CTRN/UFCG



APROVADO

Dr. Josely Dantas Fernandes – Examinador Externo

CCAA/DAA Examinador Externo



APROVADO

Prof.<sup>a</sup>. Dra Márcia Rejane de Queiroz Almeida Azevedo

CCAA/DAA Examinador Externo

Campina Grande – PB

Novembro- 2014

*“Agradeço todas as dificuldades  
que enfrentei, não fosse por elas,  
não teria saído do lugar.”*

*(Chico Xavier)*

## **DEDICATÓRIA**

*A meus queridos filhos, Fabiano Víctor e Caio Víctor, fonte de inspiração e motivação, cada um com sabedoria particular e que sempre me incentivaram com carinho, amor, compreensão e por entenderem minha ausência durante esta jornada.*

## *HOMENAGEM*

*A meus pais, José Xavier das Neves (in-memorian) e a minha mãe, Maria Neuza de França Xavier, por tudo que representam na minha formação moral e educacional e pela confiança e liberdade.*

## *AGRADECIMENTOS*

*A Deus, porque sem Ele nada teria acontecido; te agradeço, Senhor Deus, pela coragem, força e persistência para vencer os obstáculos e os momentos difíceis desta caminhada e pela certeza de que em todos os momentos O senhor nunca me abandonará.*

*A meus irmãos, Josinaldo e Ademir, e as minhas irmãs, Aldenoura e Simone; as cunhadas Fátima e Witcleide e cunhados Flávio e Washington, aos sobrinhos Bruno, Wendelly, Breno, Wilker, Brene e João Henrique, e a minha sobrinha Brenda, que sempre acreditaram em mim, e pelo apoio moral.*

*A Renato, que tanto me ensinou ao longo desses anos, pela cumplicidade, companheirismo e pelos momentos em que soube me ouvir e compreender.*

*Aos meus orientadores, Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão (in memoriam), pela orientação, dedicação, paciência, amizade, fornecimento de material bibliográfico e pela imensurável contribuição para que este trabalho fosse desenvolvido e concluído.*

*Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFPB), pela oportunidade de realizar este curso.*

*A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, que estiveram presentes durante esta trajetória.*

*Aos amigos e amigas do curso de Pós-Graduação, que contribuíram no fornecimento de materiais e na interação dos estudos.*

*Aos graduandos Patrício Gomes Leite, Daniele Ferreira de Melo Costa, Keviane Pereira Aragão, do Curso de Engenharia Agrícola da UFCG, pela grandiosa e importante ajuda durante a condução do experimento.*

*Aos amigos Adriano Santos, Lourival Brito e Rodrigues Pacifico e pela contribuição durante o experimento e às amigas Jacqueline Mendes e Aline Costa pela constante presença na minha vida, no apoio moral, intelectual e espiritual.*

*Em especial ao meu amigo Josely Fernandes pelo incentivo, fornecimento de materiais e contribuição e para a conclusão desta Tese.*

*Ao Secretário do curso de Pós-Graduação, Gilson Lima, e à Secretária Maria Aparecida (Cida), pela dedicação e ajuda constantes nos serviços burocráticos.*

*Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Francisco de Assis Oliveira (DOUTOR), Wilson Barros e José Maria, pela ajuda nas análises física e química das águas residuárias e do solo.*

*Ao Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB, pela realização das análises físicas e químicas das águas residuárias e do solo.*

*À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/Algodão), pela realização das análises do teor de óleo das sementes.*

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa.*



## RESPOSTA DA FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO À ADUBAÇÃO FOSFATADA RESIDUAL E ÁGUA RESIDUÁRIA

### RESUMO

O cultivo do pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) precisa ser aprimorado para torná-lo adequado à produção de matéria prima visando à produção de biodiesel. Conduzindo-se, deste modo, um experimento para estudar o efeito residual de níveis de adubação fosfatada associados aos efeitos de lâminas de irrigação com água residuária na fisiologia, na produção e na composição mineral da torta do pinhão-mansó no segundo ano do ciclo produtivo. O trabalho foi realizado em condições de ambiente protegido na Universidade Federal de Campina Grande, tendo-se início após o primeiro ciclo produtivo, podendo-se as plantas na qual se conservou os três ramos mais vigorosos a uma altura de 80 cm. O experimento foi conduzido em blocos casualizados no esquema de análise fatorial [5 x 4] + 1, cujos fatores foram cinco níveis de fósforo residual (0, 100, 200, 300 e 400 mg kg<sup>-1</sup> de solo) quatro lâminas de água residuária correspondentes à reposição da evapotranspiração da planta (50, 75, 100 e 125% da ETc) e uma testemunha com uma lâmina de 100% ETc irrigada com água de abastecimento e adubada com N e K, com três repetições. As irrigações foram realizadas obedecendo a um turno de rega de três dias; o volume de água aplicado em cada tratamento foi determinado através de balanço hídrico. Avaliaram-se a fisiologia e a produção durante o segundo ciclo produtivo e, após determinação do teor de óleo, caracterizou-se quimicamente a torta do pinhão mansó em função dos tratamentos. Os níveis de fósforo não exerceram influencia significativa durante os períodos de avaliação para clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenoide total. Quanto à produção, a adubação fosfatada residual influenciou no número de sementes, número de frutos, peso seco dos frutos e peso de 100 sementes, já as lâminas de irrigação influenciaram o número de cachos, número de sementes, peso seco dos frutos, número de frutos, largura de frutos, largura de sementes, comprimento de sementes e peso de 100 sementes. Dentre os minerais avaliados na composição da torta do pinhão-mansó o potássio, o cálcio e o fósforo foram os que apresentaram os maiores teores.

**Palavra-chave:** *Jatropha curcas* L, reúso, fósforo, produtividade

## **RESPONSE OF PHYSIOLOGY AND PRODUCTION JATROPHA THE PHOSPHATE FERTILIZER AND RESIDUAL WATER WASTEWATER**

### **ABSTRACT**

The cultivation of jatropha (*Jatropha curcas* L.) needs to be improved to make it suitable for the production of raw materials in order to produce biodiesel. Conducted herself thus an experiment to study the residual effect of phosphorus fertilization levels associated with the effects of irrigation levels with wastewater physiology, production and mineral composition of jatropha pie in the second year of the production cycle. The work was carried out in protected cultivation in the University Federal of Campina Grande, having started after the first production cycle, the plants pruning it has been preserved in the three most vigorous branches to a height of 80 cm. The experiment was conducted in a randomized block in the factorial analysis scheme [5 x 4] + 1, whose factors were five of residual phosphorus levels (0, 100, 200, 300 and 400 mg kg<sup>-1</sup> soil) four wastewater blades corresponding to the replacement of evapotranspiration of the plant (50, 75, 100 and 125% of ETc) and a control with a depth of 100% ETc irrigated with water supply and fertilized with N and K, with three replications. Irrigation was obeying a irrigation every three days; the volume of water applied to each treatment was determined by water balance. Evaluations of physiology and production during the second production cycle and, after determining the oil content was characterized chemically pie jatropha in the treatments. Phosphorus levels exerted no significant influence during the evaluation period for chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid full. Regarding production, the residual phosphorus fertilization influenced the number of seeds, number of fruits, dry fruit weight and weight of 100 seeds, since the irrigation levels influenced the number of clusters, number of seeds, dry fruit weight, number of fruit, fruit width, width of seed, length and weight of 100 seeds. Among the minerals evaluated in jatropha pie composition potassium, calcium and phosphorus were those with the highest levels.

**Key-words:** *Jatropha curcas* L, reuse, phosphorus, productivity

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>Tabela 1.</b> Recomendação de adubação para cultura do pinhão-manso, de acordo com a idade das plantas.....	29
<b>Tabela 2.</b> Composição de todos os tratamentos.....	44
<b>Tabela 3.</b> Características químicas do solo antes da instalação do experimento.....	45 46
<b>Tabela 4.</b> Característica física – hídrica do solo utilizado no experimento...	46
<b>Tabela 5.</b> Caracterização química das águas utilizadas nas irrigações, água de abastecimento e residuária doméstica tratada.....	47
<b>Tabela 6.</b> Valores médios das análises químicas (fertilidade/salinidade) do solo no final do experimento no primeiro ciclo.....	49
<b>Tabela 7.</b> Valores médios das análises químicas (fertilidade/salinidade) do solo no final do experimento no segundo ciclo.....	52
<b>Tabela 8.</b> Análise de variância da variável clorofila avaliada em campo, através do SPAD em (cm) ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos.....	58
<b>Tabela 9.</b> Análise de variância da variável clorofila <i>a</i> ( <i>Chl a</i> ) ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos....	66
<b>Tabela 10.</b> Análise de variância da variável clorofila <i>b</i> ( <i>Chl b</i> ) ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos.....	68
<b>Tabela 11.</b> Análise de variância da variável clorofila total ( <i>Chl totais</i> ) ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos.....	70
<b>Tabela 12.</b> Análise de variância de Carotenoide ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos.....	72
<b>Tabela 13.</b> Número de semente por planta (NSP), número de cachos por planta (NCP), peso seco dos frutos por planta (PSFP), número de frutos por planta (NFP), largura de fruto por planta (LFP), comprimento de fruto por planta (CFP), número de semente por	

	fruto (NSF) largura de semente por planta (LSP), comprimento de semente por planta, (CSP), peso de 100 sementes (PS100) e teor de óleo (TO) ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos.....	76
<b>Tabela 14.</b>	Análises dos contrastes para as variáveis: número de semente por planta (NSP), número de cachos por planta (NCP), peso seco dos frutos por planta (PSFP), número de frutos por planta (NFP), largura de frutos por planta (LFP), comprimento de frutos por planta (CFP), número de sementes por fruto (NSF) largura de sementes por planta (LSP), comprimento de sementes por planta, (CSP), peso de 100 sementes (PS100) e teor de óleo, (TO).....	78
<b>Tabela 15.</b>	Porcentagem dos minerais, potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) presentes torta do pinhão-manso obtidos através de espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva – EDX 720 ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos.....	92

## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Estrutura química das clorofilas <i>a</i> e <i>b</i> .....	33
Figura 2.	Croqui do experimento instalado no interior da casa de vegetação	44
Figura 3.	Reservatório com capacidade de armazenamento de 5.000L.....	47
Figura 4.	Reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).....	47
Figura 5.	Poda, corte do tipo bisel.....	50
Figura 6.	Desbaste dos brotos com 60 (DAP).....	50
Figura 7.	Frutos verdes.....	54
Figura 8.	Frutos maduros e secos.....	54
Figura 9.	Recipiente de inox para a extração do óleo das sementes.....	55
Figura 10.	Prensa hidráulica do tipo P 30 ST, 30 TON BOVENAU.....	55
Figura 11.	Torta do pinhão-manso prensada 20 toneladas.....	55
Figura 12.	Determinação indireta dos níveis de clorofila total de folhas do pinhão-manso, pelo índice SPAD em função de lâminas de irrigação (A), dos níveis de fósforo (B) e dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (C e D) em diferentes períodos de avaliação.....	59
Figura 13.	Determinação indireta dos níveis de clorofila total de folhas do pinhão-manso pelo índice ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos.....	61
Figura 14.	Determinação indireta dos níveis de clorofila total de folhas do pinhão-manso pelo índice SPAD ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos.....	63
Figura 15.	Largura de frutos por planta em função das lâminas de irrigação (A) e do desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (B).....	79
Figura 16.	Comprimento de fruto por planta em função das lâminas de irrigação (A) e do desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (B).....	80
Figura 17.	. Número de sementes por planta em função do desdobramento	

	níveis de fósforo dentro da lâmina de irrigação (A) e lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (B).....	81
Figura 18.	Largura de sementes por planta em função das lâminas de irrigação (A) e do desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (B).....	82
Figura 19.	Peso de 100 sementes em função dos diferentes níveis de fósforo (A) e dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (B) e lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo.....	83
Figura 20.	Comprimento de semente por planta em função do desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo	84
Figura 21.	Teor de óleo em função dos desdobramentos níveis de fósforo dentro de lâmina de irrigação (A) e lâminas de irrigação dentro de níveis de fósforo (B).....	85
Figura 22.	Número de frutos por planta em função dos níveis de fósforo (A), lâminas de irrigação (B) e dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (C) e lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (D).....	86
Figura 23.	. Número de sementes por planta em função dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (A) e lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (B). Número de cachos por planta em função das lâminas de irrigação (C) e do desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de irrigação (D).....	88
Figura 24.	Peso seco dos frutos por planta em função dos níveis de fósforo (A), lâminas de irrigação (B) e dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (C) e lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (D).....	90
Figura 25.	Teor percentual de potássio (K) e cálcio (Ca) na torta de pinhão-manso. As barras verticais mostram o desvio padrão da amostra (n= 3).....	93

Figura 26.	Teor percentual de fósforo (P) e enxofre (S) na torta de pinhão-manso. As barras verticais mostram o desvio padrão da amostra (n= 3).....	94
Figura 27.	Teor percentual de ferro (Fe) e manganês (Mn) na torta de pinhão-manso. As barras verticais mostram o desvio padrão da amostra (n= 3).....	95
Figura 28.	Teor percentual de zinco (Zn) e cobre (Cu) na torta de pinhão-manso. As barras verticais mostram o desvio padrão da amostra (n= 3).....	96

## SUMÁRIO

	Pág
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>1.0. INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2.0. OBJETIVOS</b> .....	20
2.1. Objetivo Geral.....	20
2.2. Objetivos Específicos.....	20
<b>3.0. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	21
3.1. A Planta do pinhão-manso.....	21
3.2. Botânica do pinhão-manso.....	23
3.3. Importância econômica do pinhão-manso.....	25
3.3.1. Torta do pinhão-manso.....	27
3.4. Adubação.....	28
3.5. Importância da adubação fosfatada na planta do pinhão-manso.....	29
3.6. Fotossíntese, clorofila e os vegetais.....	31
3.7. Processamento.....	33
3.8. Efeitos da luz.....	34
3.9. Fontes de poluição da água.....	34
3.10 Águas residuárias.....	35
3.11 Benefícios ambientais e de saúde pública na utilização do reuso de água para fins agrícola.....	38
3.12. Qualidade da água na agricultura.....	38
3.13. Leis, diretrizes, métodos de tratamento, condições e padrões de lançamento de efluentes.....	40
3.13.1. Das condições e padrões de lançamento de efluentes.....	41
3.13.2. Diretrizes para gestão de efluentes.....	42
<b>4.0. METODOLOGIA</b> .....	43
4.1. Local do experimento.....	43

4.2. Delineamento experimental e tratamentos do primeiro ano do ciclo do pinhão-manso.....	43
4.3. Condução do experimento e aquisição das mudas.....	44
4.4. Manejo de irrigação.....	46
4.4.1. Consumo de água (CA).....	48
4.5. Delineamento experimental e tratamentos do segundo ano do ciclo do pinhão-manso.....	48
4.6. Poda do pinhão-manso no final do primeiro ciclo.....	50
4.7. Variável fisiológica.....	53
4.7.1. Teores de clorofila (Chl <i>a</i> ), (Chl <i>b</i> ), clorofilas totais e carotenoides totais.....	53
4.8. Variáveis de produção.....	53
4.8.1. Número de semente por planta (NSP).....	53
4.8.2. Número de cachos por planta (NCP).....	53
4.8.3. Peso seco dos frutos por planta (PSFP).....	53
4.8.4. Número de frutos por planta (NFP).....	53
4.8.5. Largura de fruto por planta (LFP).....	53
4.8.6. Comprimento de fruto por planta (CFP).....	53
4.8.7. Número de semente por fruto (NSF).....	53
4.8.8. Largura de semente por planta (LSP).....	53
4.8.9. Comprimento de semente por planta (CSP).....	54
4.8.10. Peso de 100 sementes (PS100).....	54
4.8.11. Teor de óleo nas sementes (TO).....	54
4.8.12. Composição mineral da torta.....	54
4.9. Análise estatística.....	56
<b>5.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
5.1. Variável fisiológica.....	57
5.2. Variáveis de produção.....	73
5.3. Composição mineral da torta do pinhão-manso.....	91
<b>6.0. CONCLUSÃO.....</b>	<b>97</b>
<b>7.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>
<b>8.0. ANEXO.....</b>	<b>109</b>

## 1.0-INTRODUÇÃO

A produção de biomassa e sua utilização tem no Brasil, como combustível, longa tradição. Há mais de três décadas foi implantado o Programa Nacional de Álcool – PROÁLCOOL, para abastecer com etanol, de forma extensiva, veículos movidos a gasolina. Conforme Moeri (2005), este programa vem dando frutos: atualmente, o custo da produção do álcool brasileiro é o mais baixo do mundo competindo diretamente com o preço atual do óleo cru convencional.

O alto teor de óleo das sementes de pinhão-mansão, entre 35 e 38%, aliado à característica de queimar sem liberar fumaça fez dele um dos mais conhecidos biocombustíveis de origem tropical. O óleo extraído do pinhão-mansão apresenta, quando comparado com o diesel, 83,9% do poder calorífico do óleo diesel em um motor diesel, para gerar a mesma potência, além de ruído mais suave e poluição bem menor (STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997).

Segundo Carnielli (2003) o pinhão-mansão é uma planta oleaginosa viável para a obtenção de óleo com vista a produção de biodiesel, passível, porém, de levar três a quatro anos para atingir a idade produtiva; ainda considerada opção agrícola para áreas áridas, semiáridas e na recuperação de áreas degradadas, promove a integração do acesso à produção com renda (pela venda do óleo das sementes para fins combustíveis), é suprimento de energia (o óleo pode ser utilizado em motores e máquinas para a geração de eletricidade), contribui com o desenvolvimento rural (com o emprego da mão-de-obra familiar) e com consequente fixação do homem no campo, segurança alimentar, haja visto permitir o uso de culturas anuais alimentícias em consórcio, além de melhorias ambientais, como a formação de um microclima que favorece o desenvolvimento de outras culturas nas entrelinhas, entre outros.

A torta do pinhão-mansão é re-extraída com solventes orgânicos, em geral hexano, sendo o farelo residual ensacado para aproveitamento como fertilizante natural em virtude dos teores elevados de N, P e K e matéria orgânica que, quando desintoxicada, se transforma em ração animal e adubo para o solo e a casca pode ser usada como carvão vegetal (STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997); contudo, não pode ser utilizado como lubrificante em razão da baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios passíveis de provocar rápida resinificação; no entanto, pesquisas levaram à conclusão de que este óleo também pode ser utilizado como combustível nos motores

Diesel, o qual se comporta bem, sem qualquer tratamento prévio especial e com potência quase igual às conseguidas como gasolina porém o consumo é, evidentemente, maior, em virtude da diferença dos poderes caloríficos (BRASIL, 1985).

A recomendação de adubação de uma cultura depende das demandas nutricionais das plantas para o crescimento vegetativo e para a produção de frutos (LAVIOLA et al., 2007). Devem ser levadas em conta, ainda, a eficiência de aproveitamentos dos adubos aplicados e a fração de nutrientes fornecida pelo solo (PRESOTTI, 2001).

O suprimento adequado de fósforo é diferente dos demais nutrientes essenciais, desde o estágio inicial de crescimento da planta para garantir bom desenvolvimento (ZUCARELI et al., 2006). Neste sentido, Almeida Júnior et al. (2009) obtiveram, pesquisando doses de fósforo em mamona, cultura da mesma família do pinhão-manso, diferença significativa afirmando que o fósforo age no crescimento nos primeiros meses de cultivo.

O uso de águas residuárias tratadas no cultivo das oleaginosas poderá reduzir o custo de produção de biodiesel e colaborar para a redução da poluição do ambiente, aspectos de suma importância no mundo atual, além de gerar trabalho e renda. Os benefícios sociais: o grande mercado energético brasileiro e mundial, poderá dar sustentação a um imenso programa de emprego e renda, a partir da produção do biodiesel.

O reúso das águas residuárias tratadas é considerado excelente instrumento para a otimização dos recursos hídricos, cada vez mais ameaçados de escassez. Mais que isto, é uma maneira de desenvolvimento sustentável, cujos recursos hídricos podem ser aproveitados de forma permanente. Nas regiões áridas e semiáridas do planeta o reúso de efluentes de estação de tratamento de esgotos vem crescendo a cada dia, melhorando a qualidade de vida e as condições socioeconômicas das populações do meio rural, com o aumento da produtividade agrícola, recuperação de áreas degradadas ou improdutivas e, ainda, no que diz respeito ao meio ambiente, contribuindo para a conservação e preservação dos recursos hídricos, evitando a descarga de esgoto bruto nos mananciais. (MANCUSO, 2003).

O reúso e reciclo de águas servidas em indústrias vem ganhando espaço nos dias atuais, face à necessidade de redução dos custos finais de produção, numa época em que a economia globalizada condiciona as empresas a uma competitividade maior sendo, portanto, de extrema necessidade, o aumento de produtividade com consequente redução de custos.

## **2.0-OBJETIVOS**

### **2.1-Objetivo Geral**

Estudar o efeito residual de níveis de adubação fosfatada associados aos efeitos de lâminas de irrigação com água residuária na fisiologia, na produção e na composição mineral da torta do pinhão-manso no segundo ano do ciclo produtivo.

### **2.2-Objetivos Específicos**

- ✓ Analisar teores de clorofila pelo uso do medidor portátil de clorofila SPAD-502 [Soil-Plant Analysis Development (SPAD).
- ✓ Analisar os teores de clorofila (Chl *a*), (Chl *b*), totais e carotenoides no limbo foliar em função dos tratamentos.
- ✓ Determinar a lâmina de água residuária no solo mais favorável na produção das plantas do pinhão-manso, associada ao efeito residual das doses de adubação fosfatadas.
- ✓ Avaliar o efeito residual da adubação fosfatada mais favorável na produção das plantas do pinhão-manso, associada aos diferentes níveis de água residuária no solo.
- ✓ Avaliar, quantitativamente e qualitativamente, o teor de óleo das sementes e da torta do pinhão-manso.

### **3.0-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1-A Planta do pinhão-manso**

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) também é conhecido por vários nomes, como: pinhão-da-índia, pinhão-de-purga, pinhão-dos-barbados, pinhão-branco, pinhão-paraguaio, pinhão-croá e purgueira, entre outros. Trata-se de um arbusto grande, com altura variando entre dois a cinco metros, rústico (CÁCERES, PORTAS & ABRAMIDES, 2007). Com folhas verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma, apresenta floração monoica na mesma planta, mas com sexo separado (ARRUDA et al., 2004). Tominaga et al. (2007) descrevem o pinhão-manso como árvore cuja altura pode chegar a 6 ou até 12 m, com diâmetro do tronco acima de 20 cm, contendo látex.

O pinhão-manso é uma planta perene; suas folhas são decíduas, apresentando queda das folhas na estação seca as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas; é considerada uma espécie xerófita, com forte resistência à seca (DRUMMOND et al., 1984; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

A espécie apresenta características desejáveis, tais como: potencial de rendimentos de grãos e óleo, boa qualidade do óleo para a produção de biodiesel, adaptabilidade a diferentes regiões, precocidade e longevidade. Além disso, seu cultivo não concorre com a produção de alimentos (FREITAS et al., 2011) e a torta resultante da extração do óleo da semente pode ser aproveitada como fertilizante natural em virtude do alto teor de nitrogênio, fósforo e potássio (SOUZA et al., 2009).

O cultivo do pinhão-manso precisa porém, ser aprimorado para se tornar adequado à produção de matéria-prima para a produção de biodiesel. É necessário o estabelecimento de técnicas que propiciem colheita uniforme, com maior qualidade do óleo e redução dos custos de produção. Como o florescimento e a maturação dos frutos são muito desuniformes, os produtores precisam realizar diversas colheitas na lavoura durante a fase de produção, o que aumenta o custo da mão-de-obra e torna a cultura, sem dúvida, praticamente inviável economicamente (LAVIOLA et al., 2007). Uma alternativa para concentrar o ciclo de produção do pinhão-manso é o manejo de poda das plantas. A poda pode contribuir para a formação de planta com arquitetura adequada, reduzir a incidência de pragas e doenças e, quando associada à irrigação, incrementar o número de ramos produtivos (OLIVEIRA & BELTRÃO, 2010). A poda de produção é utilizada para a

regularização e uniformização da frutificação. Em pinhão-manso a poda dos ramos frutíferos pode aumentar a intensidade de brotação lateral em virtude da eliminação da dominância apical e, conseqüentemente, concentrar a produção, o que também facilita a colheita (SATURNINO et al., 2005).

O alto teor de óleo das sementes de pinhão-manso, entre 35 e 38%, aliado à característica de queimar sem liberar fumaça, fez dele um dos mais conhecidos biocombustíveis de origem tropical. Resultados com o óleo extraído do pinhão-manso, comparando-o com o diesel, o óleo tem 83,9% do poder calorífico do óleo diesel em um motor diesel, para gerar a mesma potência, ruído mais suave e poluição bem menor (STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997).

A semente é relativamente grande e quando secas, medem de 1,5 a 2 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura, tegumento rijo, quebradiço, de fratura resinosa. Debaixo do invólucro da semente existe uma película branca cobrindo a amêndoa, albúmen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados (BRASIL, 1985). Ressalta-se que a semente do pinhão-manso pesa de 0,551 a 0,797 g, pode ter, dependendo da variedade e dos tratos culturais, etc., de 33,7 a 45% de casca e de 55 a 66% de amêndoa. Nessas sementes são encontrados, segundo a literatura, 7,2% de água, 37,5% de óleo e 55,3% de açúcar, amido, albuminoides e materiais minerais, ou seja, 4,8% de cinzas e 4,2% de nitrogênio. Segundo Silveira (1934), cada semente contém 27,90 a 37,33% de óleo e na amêndoa se encontram de 5,5 a 7% de umidade e 52,54 a 61,72% de óleo. Para Braga (1976) as sementes de pinhão-manso possuem de 25 a 40% de óleo inodoro e fácil de extrair por pressão. Conforme Peckolt (sd), este óleo, com peso específico a +19°R = 0,9094 e poder calorífico superior a 9,350 kcal/kg (Brasil, 1985), é incolor, inodoro, muito fluido, porém se deixa precipitar a frio e se congela a alguns graus acima de zero; é solúvel na benzina e seus homólogos, insolúvel no álcool a 96 °C e solúvel em água.

O fruto capsular possui 1,5 a 3,0 cm de diâmetro; é trilocular com uma semente em cada cavidade. O fruto seco pesa em média 1,53 a 2,85 g sendo 53 a 62 % constituídos por sementes de 38 a 47 % por casca. As sementes são lisas e relativamente grandes; quando secas, medem de 1,5 a 2 cm de comprimento por 1,0 a 1,3 cm de largura, possuem tegumento rijo e quebradiço com uma película branca cobrindo a amêndoa, rica em óleo. (SATURNINO et al., 2005; DIAS et al., 2007).

Os frutos maduros apresentavam o epicarpo com coloração externa marrom-escuro e os frutos secos apresentavam o epicarpo de coloração preta e em fase de deiscência, mesocarpo seco e sementes de coloração preta, com presença de estrias (NUNES et al., 2008).

O Pinhão-mansão está sendo considerado opção agrícola para a região nordeste por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e com forte resistência à seca. Atualmente, esta espécie não está sendo explorada comercialmente no Brasil mas, segundo Carnielli (2003), é uma planta oleaginosa viável para a obtenção do biodiesel pois produz no mínimo duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, a qual pode se estender por 40 anos, de vez que, com a possibilidade do uso do óleo do pinhão-mansão para a produção do biodiesel, se vislumbram amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio, com esta cultura no semiárido nordestino.

Para Purcino & Drummond (1986) o pinhão-mansão é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel. Além de perene e de fácil cultivo, apresenta boa conservação da semente colhida, podendo tornar-se grande produtora de matéria-prima como fonte opcional de combustível. Para esses autores, esta é uma cultura que pode se desenvolver nas pequenas propriedades com a mão-de-obra familiar disponível, como ocorre com a cultura da mamona, na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da Região Nordeste. Além disto, como é uma cultura perene, pode ser utilizado na conservação do solo, pois o cobre com uma camada de matéria seca reduz, desta forma, a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta (PEIXOTO, 1973).

O plantio do pinhão-mansão já é tradicionalmente utilizado como cerca viva para pastos no Norte de Minas Gerais, com a vantagem de não ocupar áreas importantes para outras culturas e pastagens, além de favorecer o consórcio nos primeiros anos, visto que o espaçamento entre plantas é grande (PURCINO & DRUMMOND, 1986).

### **3.2-Botânica do pinhão-mansão**

O pinhão-mansão pertence à família *Euphorbiaceae*, a mesma da mandioca, seringueira e mamona. É uma árvore com superfície do tronco lisa e esverdeada, tem lenho pouco resistente e medula bastante desenvolvida; a ramificação pode ocorrer desde a base

e se bifurca normalmente, a cada inflorescência; os ramos têm cicatrizes que se formam em virtude da queda das folhas (TOMINAGA et al., 2007).

As folhas novas têm a cor vermelho-vinho, mas se tornam verdes e brilhantes ao crescer, caem na época de seca ou na estação fria e a planta entra em repouso; no começo da primavera ou da época das chuvas a planta rebrota e termina o período de repouso e, junto com as folhas novas, surgem às inflorescências; trata-se de uma planta monoica, com flores masculinas e femininas na mesma inflorescência. As flores são brancas e formam buquê com 10 a 20 flores femininas e mais de 50 masculinas. As flores femininas têm pedúnculo longo, são isoladas e se localizam nas ramificações enquanto as flores masculinas têm dez estames, cinco unidos na base e cinco unidos na coluna localizando-se nas pontas das ramificações (TOMINAGA et al., 2007).

A abertura das flores femininas na mesma inflorescência ocorre em dias diferentes. Após abertura da primeira flor as outras se abrem, diariamente, durante cerca de 11 dias consecutivos. A polinização é por insetos (abelhas, formigas, trips e moscas). Da flor ao fruto maduro são decorridos cerca de 60 dias (DIAS et al., 2007).

O fruto é capsular ovoide (diâmetro de 1,5 a 3,0 cm), trilocular, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, ou seja, que não se abre quando maduros, via de regra com uma semente por cavidade. A maturação não é uniforme observando-se, em um mesmo cacho, frutos verdes e amarelos quando maduros castanhos e por fim pretos; no geral, 53 a 62% do peso do fruto são representados pelas sementes e 38 a 47%, pela casca. O peso dos frutos varia de 1,5 a 3,0 gramas (BRASIL, 1985).

As sementes do pinhão-mansão possuem tegumento rijo e quebradiço que reveste a amêndoa de albúmen branco e oleaginoso e o embrião, constituído do eixo embrionário e de dois largos cotilédones, achatados e foliáceos. Segundo Dias et al. (2007) a semente é relativamente grande medindo, quando seca, entre 1,5 e 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura; seu peso varia de 0,5 a 0,8 g. De acordo com Peixoto (1973) a semente apresenta, em média, as proporções de 45% de casca e 55% de amêndoa. Braga (1973) citado por Arruda (2004) as sementes de pinhão-mansão apresentam uma faixa de variabilidade para teor de óleo na semente entre 25% a 40% (ARRUDA et al., 2004).

A poda é uma prática agrícola antiga, realizada em fruticultura, importante principalmente em planta com produção no ramo do ano, a exemplo da cultura do pinhão-mansão e para produzir os resultados esperados; é relevante que seja executada levando-se em consideração a fisiologia e a biologia da planta e seja aplicada com moderação e

oportunidade (VIEIRA JUNIOR & MELO, 2008). A poda pode contribuir para a formação de planta com arquitetura adequada, reduzir a incidência de pragas e doenças e, quando associada à irrigação, incrementar o número de ramos produtivos (OLIVEIRA & BELTRÃO, 2010). A poda de produção é utilizada para a regularização e a uniformização da frutificação. A poda dos ramos frutíferos em pinhão-manso pode aumentar a intensidade de brotação lateral em virtude da eliminação da dominância apical e, conseqüentemente, concentrar a produção, o que também facilita a colheita (SATURNINO et al., 2005).

### **3.3-Importância econômica do pinhão-manso**

As matérias-primas e os processos para a produção de biodiesel dependem da região considerada. As diversidades sociais, econômicas e ambientais geram distintas motivações regionais para sua produção e consumo. Portanto, implantar uma cultura oleaginosa com potencial para a produção de biodiesel em uma região de atividade econômica incipiente, de clima nem sempre favorável ao cultivo de gêneros alimentícios, que gere renda e combata a exclusão social, a miséria e o analfabetismo constitui-se, por si só, em um desafio para a capacidade humana de criar soluções economicamente viáveis e socialmente justas (FOSTER & MURTA, 2007).

No Brasil, a produção de biomassa e sua utilização como combustível tem longa tradição. Há mais de três décadas foi implantado o Programa Nacional de Álcool-ROALCOOL para abastecer com etanol, de forma extensiva, veículos movidos à gasolina. Segundo Moeri (2005) este programa vem dando frutos, atualmente, em razão da produção do álcool brasileiro ser o mais baixo do mundo, competindo, de forma direta, com o preço atual do óleo cru convencional; contudo, a produção de etanol não é, nem será, a única alternativa energética explorável no Brasil. Sua imensa extensão territorial, associada às excelentes condições edafoclimáticas e a grande diversidade de oleaginosas, entre elas a mamona e o pinhão-manso (que além de ser opção do semiárido brasileiro se apresentam também como alternativas para as demais regiões do país).

Como o florescimento e a maturação dos frutos são bastante desuniformes, os produtores precisam realizar diversas colheitas na lavoura durante a fase de produção, o que aumenta o custo da mão-de-obra e torna a cultura praticamente inviável economicamente (LAVIOLA et al., 2011).

O alto teor de óleo das sementes de pinhão-mansão, entre 35 e 38%, aliado à característica de queimar sem liberar fumaça, fez dele um dos biocombustíveis mais conhecidos, de origem tropical. Resultados com o óleo extraído do pinhão-mansão, comparando-o com o diesel: o óleo tem 83,9% do poder calorífico do óleo diesel em um motor diesel, para gerar a mesma potência, ruído mais suave e poluição bem menor (ADAM, 1953; STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997).

Segundo Brasil (1985) nos países importadores, basicamente Portugal e França, as sementes de pinhão-mansão sofrem o mesmo tratamento industrial que as bagas de mamona, isto é, cozimento prévio e esmagamento subsequente, em prensas tipo “expeller”, para a extração do óleo que, em seguida, é filtrado, centrifugado e clarificado, resultando em um produto livre de impurezas.

Além de produzir óleo, o pinhão-mansão também pode ser utilizado para outros fins, tais como: a) substituição parcial do arame em cercas vivas, já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas; b) pode ser usado como suporte para plantas trepadeiras, como a baunilha (*Vanilla aromática*), visto que o tronco possui casca lisa e macia e c) atua como fixador de dunas, na orla marítima (PEIXOTO, 1973).

Apesar do pinhão-mansão ser utilizado na indústria de fiação de lã, de tinta para escrever, tinta de impressão e tintas para pintura, utilizado como óleo de lustrar e, quando cozido, misturado com óxido de ferro, para envernizar móveis, seu maior emprego ainda é nas saboarias; já foi muito usado em candeeiro doméstico e em iluminação pública, principalmente na cidade do Rio de Janeiro (STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997).

As raízes da planta são consideradas diuréticas e antileucêmicas e as folhas são empregadas para combater doenças de pele; são eficazes também contra o reumatismo e possuem poder antissifilítico enquanto as sementes são utilizadas como vermífugo ou purgante, verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando as ingerem em excesso, o que pode ser perigoso e até fatal. Atribuem-se as propriedades tóxicas do pinhão-mansão a uma globulina, a curcusina, e também ao ácido jatrópico de toxicidade igual ou superior à da ricinina. A ingestão de uma única semente fresca pode causar vômito e diarreia (PEIXOTO, 1973).

### **3.3.1-Torta do pinhão-manso**

Estudos sobre o aproveitamento de coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel são bastante incipientes (NEIVA JÚNIOR et al., 2007), e merecem investigações de maior profundidade, já que muitas cadeias somente serão viáveis economicamente quando esses resíduos agregarem valor aos sistemas de produção.

A torta, que contém ainda aproximadamente 8% de óleo, é re-extraída com solventes orgânicos, geralmente hexano, sendo o farelo residual ensacado para aproveitamento como fertilizante natural, em virtude dos teores elevados de N, P, K e matéria orgânica que, quando desintoxicada, se transforma em ração animal, a casca pode ser usada como carvão vegetal (STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997), contudo, não pode ser utilizado como lubrificante em razão da baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios, que podem provocar rápida resinificação, no entanto, pesquisas levaram à conclusão de que este óleo pode também ser utilizado como combustível nos motores.

Diesel, o qual se comporta bem, sem qualquer tratamento prévio especial e com quase igual potência às conseguidas como gasolina; porém, o consumo é evidentemente maior devido à diferença dos poderes caloríficos (BRASIL, 1985). Penido Filho & Villano (1984), produziram biodiesel de pinhão-manso e de várias outras oleaginosas para uso em motores produzidos pela FIAT e obtiveram boas características no combustível.

A torta do pinhão-manso pode ser obtida após a extração mecânica do óleo das sementes e os farelos após a extração por solventes. Na extração por prensagem, o teor de óleo observado nas tortas depende da espécie processada e das especificações das prensas, e variam entre 15 e 27% para grãos como algodão, girassol, pinhão-manso e nabo forrageiro (NEIVA JÚNIOR, 2007; VAN CLEEF, 2008).

Os farelos geram um resíduo bastante inferior de óleos, da ordem de 1,5%, o que resulta em maior teor de proteína bruta (ANDERSON et al., 2000; RAKSHIT et al., 2008). Deve-se salientar que, apesar de ser menos eficiente na retirada da fração lipídica, a extração pó prensa constitui o sistema mais viável em pequena escala, por não depender das exigências de instalações e segurança inerentes ao processamento com uso de solvente.

### 3.4-Adubação

Segundo Malvolta (1985) o fósforo possui papel fundamental na vida das plantas por participar dos chamados compostos ricos de energia, como o trifosfato de adenosina (ATP) sendo absorvido pelas raízes como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , encontrando-se no xilema em maior proporção nessa forma. Malvolta (1989) afirma que as plantas não conseguem aproveitar mais que 10% do fósforo total aplicado, pois nos solos tropicais ácidos, ricos em ferro e alumínio, ocorre a adsorção deste elemento. Na planta, o fósforo estimula o crescimento das raízes, garantindo uma arrancada vigorosa.

Conforme Gonçalves (1995) a necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes de que as plantas precisam para um adequado crescimento.

Em geral, os solos brasileiros, em especial os do Nordeste, são ácidos e de baixa fertilidade natural, sobretudo em nitrogênio e fósforo, que limitam o rendimento das culturas (SOUZA et al., 2009). Limitações de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento das raízes e da parte aérea das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados, no decorrer de seu crescimento (GRANT et al., 2001).

O suprimento adequado de fósforo é diferente dos demais nutrientes essenciais, desde o estágio inicial de crescimento da planta, para garantir bom desenvolvimento (ZUCARELI et al., 2006). Neste sentido, Almeida Júnior et al. (2009) obtiveram, pesquisando doses de fósforo em mamona, cultura da mesma família do pinhão-manso, diferença significativa afirmando que o fósforo age no crescimento nos primeiros meses de cultivo.

O pinhão-manso sobrevive bem em solos pobres e secos, podendo desenvolver-se em áreas marginais e atuar na recuperação de áreas degradadas, porém para se obter altas produtividades, deve-se pensar em solos com boa fertilidade, corrigidos e com bom teor de umidade (TOMINAGA et al., 2007).

A recomendação de adubação de uma cultura depende das demandas nutricionais das plantas para o crescimento vegetativo e a produção de frutos (LAVIOLA et al., 2007). Devem ser levados em conta, ainda, a eficiência de aproveitamentos dos adubos aplicados e a fração de nutrientes fornecida pelo solo (PRESOTTI, 2001). A composição química,

tanto quanto o acúmulo de nutrientes em folhas e frutos, é uma informações imprescindível para se conhecer as exigências nutricionais de uma planta

O solo da cova de plantio deve conter elevado teor de nutrientes pois na fase de muda o sistema radicular do pinhão-mansão tem baixa eficiência de absorção; além disto, a planta entra em produção já no primeiro ano de cultivo e, quanto melhor for o seu estabelecimento inicial no campo maior será a produtividade inicial da cultura (DIAS et al., 2007). Esses autores recomendam adubação de produção em função da idade do pinhão-mansão (Tabela 1).

**Tabela 1-**Recomendação de adubação para a cultura do pinhão-mansão, de acordo com a idade das plantas

Idade da Planta (ano)	g/planta	Formulado
0 a 1	120 a 150	20-00-15
1 a 2	160 a 200	20-10-15
3 a 4	300 a 375	20-10-15
4 a 5*	600 a 750	20-10-15

\*A partir do 5º ano de cultivo seguir a recomendação de adubação para o 4º ano.

Fonte: Dias et al. (2007)

De acordo com Tominaga et al. (2007) a adubação de cobertura com nitrogênio deve ser feita após o pegamento das mudas, ou seja, cerca de dois ou três meses após o plantio, quando sua altura chega a quase 1 m. Recomenda-se aplicar 40 g de nitrogênio (N) por planta, na forma de ureia ou sulfato de amônio. A partir do segundo ano a adubação de cobertura deve ser feita logo após a primeira chuva e, dependendo do resultado da análise do solo, além do nitrogênio devem ser aplicados, também, fósforo e potássio (TOMINAGA et al., 2007).

### **3.5-Importância da adubação fosfatada**

O fósforo (P) é um dos elementos mais requeridos pela planta do pinhão-mansão em seu estágio inicial de crescimento (LAVIOLA; DIAS, 2008) visto que faz parte da estrutura das plantas, compondo membranas (fosfolipídios) RNA, DNA, ATP e ésteres de carboidratos, além de várias moléculas chave no seu metabolismo, responsáveis por acelerar a formação de raízes e a maturação dos frutos aumentarem os teores de

carboidratos, óleos, gorduras e proteínas e ainda auxiliar a fixação simbiótica do N (MALAVOLTA et al.,1997).

Para a planta do pinhão-mansão o fósforo é extremamente importante por influenciar também na formação das sementes, parte desta planta que mais interessa como matéria-prima (LAVIOLA; DIAS, 2008). O fornecimento de P para o pinhão-mansão nos primeiros anos de cultivo deve ser, então, em maior quantidade que o acumulado pela planta pois, segundo Novais e Smyth (1999) além dos solos brasileiros apresentarem baixo teor natural de P, este nutriente é rapidamente fixado pela fração argila, constituída, sobremaneira por óxidos de Fe e Al. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo das culturas podem resultar em restrições no seu desenvolvimento das quais a planta não se recupera posteriormente mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados (ARAÚJO et al., 2006).

A adubação fosfatada envolve diversos aspectos que carecer ser examinados, incluindo a avaliação da disponibilidade do fósforo em solos, a resposta de culturas à adubação fosfatada e economicidade dessa adubação, as recomendações feitas na prática e sua difusão em nível de agricultor (EMBRAPA,1999).

Segundo Muzzili & Oliveira (1982) para se quantificar as necessidades de determinado nutriente numa cultura é fundamental se dispor de informações sobre a quantidade do elemento absorvido pela planta para uma máxima produção, a quantidade deste elemento suprida pelo solo e a porcentagem potencial de sua reciclagem.

De acordo com Raij (1991) o fósforo é um elemento que apresenta baixa mobilidade no solo, no qual se encontram como íons ortofosfatos  $\text{HPO}_4^{2-}$  e  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  que são formas derivadas da dissociação do ácido ortofosfórico  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Essa mobilidade está diretamente relacionada ao poder de fixação do fósforo, que tem relevância no manejo da fertilidade do solo, visando à maior eficiência do uso de fertilizantes fosfatados. Ainda para Raij (1991) a absorção de fósforo pelas plantas depende principalmente da difusão do elemento na solução do solo, em torno das raízes. Esta difusão é afetada por diversas propriedades de solos que podem aumentar ou diminuir sua intensidade. Este fato explica porque devem existir, no solo, quantidades de fósforo disponível bem acima daquelas de que a planta necessita. Como reflexo da baixa disponibilidade dos adubos fosfatados, são baixos os níveis de fósforo na solução do solo, raramente atingindo  $0,1 \text{ g dm}^{-3}$  sendo, em geral, muito baixas.

### 3.6-Fotossíntese e clorofila

Todos os organismos fotossintéticos contêm um ou mais pigmentos orgânicos capazes de absorver a radiação visível que iniciarão as reações fotoquímicas da fotossíntese. Em plantas superiores os principais pigmentos fotossintéticos são as clorofilas (a e b) e os carotenoides (TAIZ & ZEIGER, 2006).

A fotossíntese é o processo através do qual as plantas transformam a energia solar em energia química. Os organismos fotossintetizantes utilizam a energia solar para a síntese de carboidratos a partir de dióxido de carbono e água, com a liberação de oxigênio. A energia armazenada nessas moléculas pode ser utilizada mais tarde para impulsionar processos celulares na planta e servir como fonte de energia para todas as formas de vida (TAIZ & ZEIGER, 2006). Condições elementares para a ocorrência do processo fotossintético constituem absorção de energia radiante pelos cloroplastos localizado nas células do mesófilo foliar, onde se encontram os receptores de radiação solar, as clorofilas, e os pigmentos acessórios, especializadas na absorção de luz (LARCHER, 2004).

A fotossíntese envolve reações com absorção de energia radiante (luz) direcionada para um centro de reação, onde se inicia uma série de reações que pode ser dividida em duas fases: 1) fase fotoquímica, para a captação de energia luminosa e sua transformação em energia química (ATP), para as reações endergônicas de formação de açúcares e em poder redutor (NADPH) para a redução do CO<sub>2</sub> atmosférico a carboidrato, mas também para outras reações que consomem ATP e NADPH e 2) Ciclo de Calvin, isto é as reações enzimáticas de incorporação do CO<sub>2</sub> atmosférico em compostos orgânicos, utilizando-se o ATP e o NADPH produzidos nas reações luminosas (PIMENTEL, 1998; TAIZ & ZEIGER, 2006).

A taxa fotossintética líquida resulta da troca de CO<sub>2</sub> entre a folha e o ar atmosférico visto que quando a planta realiza fotossíntese absorve CO<sub>2</sub> e, pelo processo respiratório libera CO<sub>2</sub>. Essas condições naturais esta relação de troca, a temperatura e o déficit de pressão de vapor, são os responsáveis pelo estabelecimento da fotossíntese, muito embora a indução de outros fatores possa alterar essas funções nas plantas (PRIOR et al., 1997).

O acesso do CO<sub>2</sub> atmosférico às células fotossintéticas do mesófilo ocorre através da abertura estomática ocorrendo também pó esta mesma via, perda de água no sentido da superfície interna hidratada da folha para a atmosfera. Desta forma, o controle da abertura

estomática é primordial para manter a máxima fotossíntese com a menor perda de água possível (PIMENTEL, 2004).

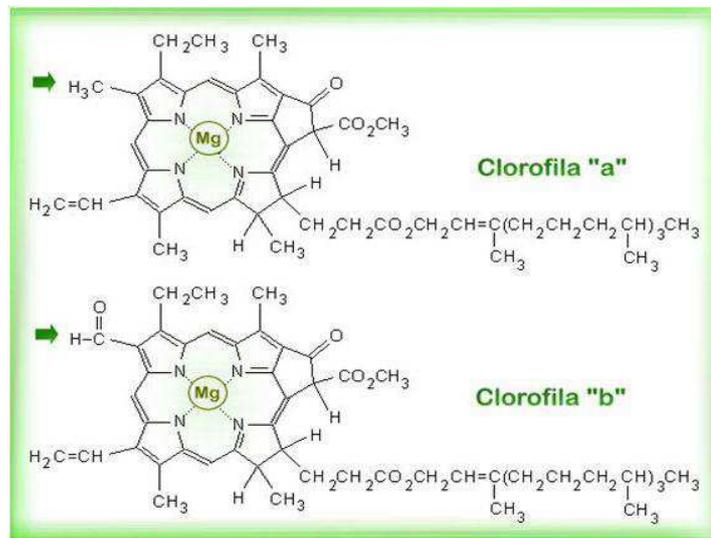
A análise do teor de clorofila é utilizada para avaliar o efeito das condições nutricionais do solo, encontrando-se correlação positiva entre o teor de nutrientes e o aumento da concentração dos pigmentos (SCOPEL, BABOSA & VIEIRA 2011).

Os teores de clorofila e carotenoides nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, dentro à sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa além do crescimento e adaptação a diversos ambientes (REGO; POSSAMAI, 2006).

Os pigmentos fotossintéticos presentes e sua abundância variam de acordo com a espécie. A clorofila *a* (Chl *a*) está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica. As bactérias fotossintetizantes são desprovidas de clorofila *a* e possuem, em seu lugar, a bacterioclorofila como pigmento fotossintético. A (Chl *a*) é o pigmento utilizado para realizar a fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético) enquanto os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, motivo por que são chamados de pigmentos acessórios. Os principais pigmentos acessórios também incluem outros tipos de clorofila: (Chl *b*), presente em vegetais superiores, algas verdes e algumas bactérias; (Chl *c*) em feofitas e diatomáceas e (Chl *d*), em algas vermelhas (TAIZ & ZIEGER, 2006).

As clorofilas são moléculas formadas por complexos derivados da porfirina, cujo átomo central é o Mg (magnésio) (Figura 1). Este composto é uma estrutura macrocíclica assimétrica totalmente insaturada constituída de quatro anéis de pirrol, os quais são numerados de 1 a 4 ou de “a” a “d”, de acordo com o sistema de numeração de Fisher (SCHOEFS, 2002). As clorofilas *a* e *b* se encontram na natureza, na proporção de 3:1, respectivamente, e diferem nos substituintes de carbono C-3. Na clorofila *a* o anel de porfirina contém um grupo metil (-CH<sub>3</sub>) no C-3 e a clorofila *b* (considerada um pigmento acessório) contém um grupo aldeído (-CHO) que substitui o grupo metil-CH<sub>3</sub>. A estabilidade da clorofila *b* se deve ao efeito atrativo de elétrons de seu grupo aldeído no C-3 (VON ELBE, 2000). A clorofila *b* é sintetizada através da oxidação do grupo metil, da clorofila *a* para um grupo aldeído. No entanto, muitos estudos têm sido realizados para elucidar a biossíntese da clorofila *b*, mas as rotas para a formação da clorofila *b* ou das proteínas envolvidas ainda não foram elucidadas (TANAKA et al., 1998). A clorofila *b* é

convertida em clorofila *a* através de uma enzima chamada clorofila *a* oxigenase, que catalisa a conversão do grupo metil ao grupo aldeído (XU et al., 2001).



**Figura 1.** Estrutura química das clorofilas *a* e *b*

### 3.7-Processamento

Os pigmentos clorofilianos podem ser extraídos da planta recém colhida porém o método mais usual é a extração após a secagem. Isto deve ser feito sob vácuo a baixas temperaturas, o mais rápido possível após a colheita, evitando sua exposição à luz. A clorofila *a* apresenta cor azul esverdeada em solução enquanto a clorofila *b*, uma cor amarelo-esverdeado. Esta diferença pode ser quantificada por três métodos: espectrofotometria, fluorimetria e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A fluorimetria é mais sensível do que a espectrofotometria e requer um volume menor de amostra podendo ser utilizada para determinações *in vivo*. O método por cromatografia é o mais preciso, porém não é adequado para análises de rotina (BARROSO, 1998). A atividade da clorofílase (enzima nativa) depende da presença de água, álcool, acetona e calor, além de uma temperatura ótima (60-82°C) diminuindo em temperaturas maiores (acima de 80°C, com a perda de atividade acima de 100°C) (VON ELBE, 2000). Em um processo de branqueamento de folhas através de imersão na água em ebulição, foi observada alta taxa de perda das clorofilas; no entanto, essa taxa foi reduzida quando o pH foi ajustado para 6 (FABOYA-00,1985).

### **3.8-Efeitos da luz**

Os pigmentos envolvidos na fotossíntese são as clorofilas *a* e *b*, os carotenoides e as ficobilinas. A clorofila *b*, os carotenoides e as ficobilinas, constituem os chamados pigmentos acessórios. A energia absorvida pelos pigmentos é transferida para sítios bem definidos localizados sobre as membranas tilacoides, os chamados centros de reação. Há dois centros de reação, um absorvendo em 680nm e outro em 700nm, os quais interagem entre si através de transportadores de elétrons. É a partir da molécula de clorofila, a qual absorve em 680nm no espectro visível, que os elétrons oriundos da água são transferidos para a cadeia transportadora de elétrons da fotossíntese (KLUGE, 2004).

As plantas se utilizam da radiação fotossinteticamente ativa (RFA ou PAR) compreendida entre 390 e 760nm (a chamada luz visível). Cada molécula de clorofila pode absorver apenas 1 quantum de energia de cada vez, o que favorece a excitação de determinado elétron de um dos átomos da molécula. Os elétrons que estão em orbitais no estado estável do átomo recebem a energia e podem se deslocar para orbitais mais distantes do núcleo, a uma distância que é proporcional à energia de um fóton que absorveu.

A molécula do pigmento encontra-se, então, no estado excitado, e é esta energia de excitação que é usada na fotossíntese. As clorofilas e outros pigmentos permanecem no estado excitado por períodos muito curtos (1 bilionésimo de segundo =  $10^{-9}$ ) e a energia é perdida por calor ou por fluorescência (ROMANO, 2001).

### **3.9-Fontes de poluição da água**

De modo geral, a poluição das águas pode ocorrer principalmente por esgotos sanitários, águas residuárias industriais, lixiviação e percolação de fertilizantes e pesticidas, precipitação de efluentes atmosféricos e disposição inadequada dos resíduos sólidos (STUDART & CAMPOS, 2001).

A poluição, entretanto, decorre de uma mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica do ar, água ou solo, ocasionada pelo homem ou por outras atividades antropogênicas que podem ser prejudiciais ao uso presente, futuro e potencial do recurso (BRANCO, 1991).

De acordo com Braga et al. (2002) os principais grupos de compostos causadores da poluição, são: Poluentes Orgânicos Biodegradáveis; Poluentes Orgânicos Recalcitrantes; Metais Pesados; Nutrientes; Organismos Patogênicos e Calor e Radioatividade.

### **3.10-Águas residuárias**

A aplicação de efluente de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição além de uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores benefícios desta forma de reúso estão associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (SILVA et al., 2009).

O uso de efluentes na irrigação é uma prática antiga em países como Austrália, Israel, Estados Unidos, Egito, Arábia Saudita, Tunísia, México, Chile e Peru (HUSSAR et al., 2005; RODRIGUES et al., 2009). No Brasil, o reúso de águas servidas não é relevante mas se registram vários exemplos de utilização de esgotos sanitários em irrigação, em geral de forma espontânea e não controlada, sobretudo em periferias das grandes cidades (MEDEIROS et al., 2007).

A utilização das águas residuárias tratadas na agricultura é importante não apenas por servir como fonte extra de água mas também de nutrientes para as culturas (SANDRI et al. 2007). Neste contexto, as plantas desempenham papel fundamental, extraindo macro e micronutrientes disponibilizados pelas águas residuárias, necessárias ao seu crescimento evitando acúmulo, a consequente salinização do solo e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas (RIBEIRO et al., 2009).

Os esgotos sanitários possuem mais de 99% de sua composição constituída por água, portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos. Os esgotos domésticos provêm, principalmente, de residências e de edificações públicas e comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas. Apesar de variarem em função das condições socioeconômicas das populações, do clima e dos hábitos, os esgotos domésticos têm características bem definidas e se compõem, basicamente, das águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem (VON SPERLING, 1996 & BRAGA et al., 2002).

Como fonte de água para irrigação o uso de efluente de esgoto tratado pode, diferir da água convencional, segundo Bouwer & Chaney (1974) e Feiginet al. (1991) em cinco aspectos básicos: apresentam uma variedade de compostos orgânicos naturais e

sintéticos, em geral não identificados individualmente; normalmente, são materiais orgânicos biodegradáveis, expressos em índices DBO e DQO. Os compostos orgânicos mais comuns existentes nos efluentes são: éter extraível, proteínas, carboidratos, taninos, ligninas, diferentes ácidos orgânicos (fúlvicos, húmicos e hematomefânicos), aminoácidos e surfactantes. O efluente também pode conter traços de substâncias tóxicas, como pesticidas, porém as informações disponíveis não indicam ocorrência de problemas de saúde relatadas pela presença de certos compostos orgânicos na água municipal reciclada.

De acordo com Mancuso e Santos (2003) o conceito de reúso de água se constitui num conjunto de processos e operações caracterizados como sedimentação, desinfecção e filtração, passíveis de serem realizados isoladamente ou por meio de várias combinações, obtendo-se maior ou menor grau de tratamento tornando possível, então, a reutilização da água. É clássico o caso da cidade de Londres, que capta água dos rios Tamisa e Lea, este último usado pela cidade de Stevenage visando ao afastamento de seus esgotos, nos quais são lançados após o tratamento. É bastante conhecida no Brasil uma sucessão de cidades localizadas no vale do rio Paraíba, onde existe uma sucessão de cidades que coletam seus esgotos e os despejam neste rio.

Segundo o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR 2010) ainda não há intensamente, normalização específica para os sistemas de reúso da água, mas o que se tem praticado é a adoção dos padrões internacionais ou mesmo a adoção de orientações técnicas produzidas por instituições privadas. Para uma prática segura de reúso, os padrões a serem estabelecidos devem englobar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, os quais ainda podem sofrer influência de crenças e preconceitos que a população possa ter sobre a questão, passível até de determinar negativamente a aceitação da água de reúso.

Há, no Brasil falta de tradição na reciclagem dos resíduos gerados, particularmente do efluente de esgoto; todavia, nos anos recentes a aplicação de resíduos orgânicos na agricultura tem recebido atenção considerável pelo aumento crescente do requerimento de energia para produção de fertilizantes minerais e em razão dos custos e problemas ambientais associados aos métodos alternativos de disposição de resíduos (CHAE & TABATABAI, 1986) o que tem levado a um aumento expressivo do número de publicações relacionadas à utilização de resíduos orgânicos no solo.

Embora a aplicação de resíduos ao solo esteja se tornando mais difundida como regulamento das autoridades para proteger a qualidade de água, ainda não está bem claro

se o solo é, de fato, o local mais apropriado para receber todos os resíduos gerados pela ação antrópica (CAMERON et al., 1997).

Dentre os principais sistemas de disposição de água residuária no solo (irrigação, infiltração/percolação e escoamento à superfície) a irrigação de culturas tem sido o método mais acessível e eficiente particularmente nos países em desenvolvimento onde não há uma política para o custo de tratamento da água residuária (FEIGIN et al., 1991).

A reutilização de efluentes tratados e/ou parcialmente tratados na irrigação de culturas agrícolas e/ou florestas, ao invés de se descarregá-los nos cursos d'água, supõe-se que uma alternativa popular de rápida expansão nos últimos anos, seria apropriada por várias razões:

(i) nos locais onde culturas necessitam serem irrigadas e os recursos hídricos são escassos, como é o caso de regiões semiáridas, os efluentes têm sido uma fonte suplementar d'água para sustentabilidade da agricultura irrigada;

(ii) a agricultura irrigada requer grandes quantidades de água que são utilizadas apenas uma vez visto que, basicamente, a irrigação é um uso consumível e, em contrapartida, o requerimento d'água para irrigação apresenta a maior parte do total de água demandada, sobretudo nas regiões secas;

(iii) o uso de efluente de esgoto tratado na agricultura pode ser proveitoso não só como fonte d'água, mas também dentro de certas limitações, de outros recursos adicionais encontrados nas águas residuárias (BOUWER & IDELOVITCH, 1987);

(iv) as águas residuárias não mantêm só as águas de superfície, mas também sua disposição no solo implica em reciclagem, em que “poluentes” passam a ser nutrientes para o crescimento das plantas (BOUWER & CHANEY, 1974; VAZQUEZ-MONTIEL et al., 1996);

(v) a irrigação é relativamente flexível com despeito ao requerimento da qualidade da água. Algumas culturas podem ser irrigadas com água de baixa qualidade, sem maiores riscos enquanto alguns problemas de qualidade de água podem ser superados por práticas agrônômicas sustentáveis (BOUWER & IDELOVITCH, 1987).

### **3.11-Benefícios ambientais e de saúde pública na utilização do reúso de água para fins agrícola**

Sistemas de reúso de água para fins agrícolas adequadamente planejados e administrados proporcionam melhorias ambientais e melhorias de condições de saúde, dentre as quais (HESPANHOL, 2003) se tem:

- minimização das descargas de esgotos em corpos de água;
- preservação dos recursos subterrâneos principalmente em áreas em que a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos;
- permite a conservação do solo pela acumulação de húmus e aumenta a resistência à erosão;
- aumenta a concentração de matéria orgânica do solo possibilitando maior retenção de água;
- contribui sobretudo em áreas carentes, visando o aumento da produção de alimentos, elevando, assim, os níveis de saúde, a qualidade de vida e as condições sociais da população, associadas aos esquemas de reúso.

### **3. 12-Qualidade da água na agricultura**

A qualidade da água de irrigação é determinante não somente em função de suas características físicas, químicas e biológicas como também da adequação ao uso específico a que se destina (AYERS & WESTCOT, 1999). Tal necessidade exige conhecimento prévio não só de suas propriedades, mas também dos efeitos e riscos à saúde e ao meio ambiente.

A quantidade de sais adicionados à água através do uso doméstico e industrial, varia de acordo com a localidade podendo chegar de 100 e 800 mg L<sup>-1</sup>; em uma mesma localidade as variações são pequenas mas mesmo em concentrações relativamente baixas em algumas situações são suficientes para alterar a qualidade da água de aceitável para restritiva, do ponto de vista agrícola (FEIGIN et al., 1991).

Bouwer & Chaney (1974) relatam que os sais dissolvidos em águas residuárias interagem com o solo por meio de troca iônica, dispersão e floculação de argilas. Quando presentes no solo ou na água, eles podem reduzir a disponibilidade de água para as

culturas, afetando o rendimento (AYERS & WESTCOT, 1999). Maiores concentrações de sais na solução do solo podem ocorrer se a quantidade de água residuária adicionada (mais a precipitação) não for muito maior que a evapotranspiração (BOUWER & CHANEY, 1974).

Para Ayers & Westcot (1999) na utilização de esgotos na agricultura devem ser levado em consideração às características físico-químicas e biológicas das águas que se refletem na produtividade e na qualidade das culturas, na manutenção da fertilidade do solo e na proteção do homem e do meio ambiente. Entre os contaminantes de esgotos que podem degradar a qualidade dessas águas estão os sais, os nutrientes e os traços de elementos químicos, relacionados com os principais problemas no solo, como salinidade, permeabilidade, toxicidade de íons específicos e concentração de nutrientes.

Os esgotos sanitários possuem teores de macro e micronutrientes suficientes para o atendimento da demanda da maioria das culturas; assim, a irrigação das culturas, através de corpos d'água que recebem lançamentos de esgotos sanitários, pode ser considerada fertirrigação (NUVOLARI, 2003). Para as culturas sensíveis, o máximo recomendado de cloretos na água de irrigação é  $210 \text{ mg L}^{-1}$ . Teores de  $99 \text{ mg L}^{-1}$  de cloretos na água de irrigação não acarretam qualquer efeito prejudicial enquanto teores acima de  $351 \text{ mg L}^{-1}$  podem causar problemas graves (MANCUSO & SANTOS, 2003).

O nível de cloretos no efluente secundário é maior que o encontrado na água para abastecimento. O tratamento de esgotos padrão não remove o cloro do efluente devido à elevada solubilidade dos compostos de cloro. As tecnologias de dessalinização para remover cloro são muito caras e, comumente, os níveis de cloro nos efluentes municipais secundários permanecem abaixo daqueles considerados prejudiciais para a maioria das culturas agrícolas; no entanto, altas concentrações deste elemento no efluente de esgoto como em outras fontes de água, podem atingir águas subterrâneas (FEIGIN et al., 1991). O cloreto não é retido ou adsorvido pelas partículas do solo, através do qual se desloca facilmente com sua água, porém é absorvido pelas raízes e translocado às folhas, nas quais se acumula pela transpiração, este problema é mais intenso nas regiões de climas mais quentes, cujas as condições ambientais favorecem a alta transpiração.

### **3.13-Leis, diretrizes, métodos de tratamento, condições e padrões de lançamento de efluentes**

Segundo Almeida (2011) em 1973, a Organização Mundial de Saúde (OMS), publicou “*Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Public Health Safeguards*”, cujas diretrizes enfocavam métodos de tratamento de efluentes visando à proteção da saúde pública. Mais tarde, em 1989, essas diretrizes foram atualizadas após estudos epidemiológicos, com o título “*Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*” e novos critérios foram propostos para o uso da água de reúso na agricultura e na aquicultura.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA, no uso das competências que lhes são conferidas pelo inciso VII do art. 8º da Lei Nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, Anexo à Portaria no 168, de 13 de junho de 2005, resolve:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para a gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução Nº. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

Parágrafo único. O lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto nesta Resolução quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

Art. 2º A disposição de efluentes no solo mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Art. 3º Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento, mediante fundamentação técnica:

I - acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições do corpo receptor; ou

II - exigir tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo corpo receptor.

### **3.13.1-Das condições e padrões de lançamento de efluentes**

Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

I - condições de lançamento de efluentes:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- e) óleos e graxas:
  1. Óleos minerais: até 20 mg/L;
  2. Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- f) ausência de materiais flutuantes; e
- g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

### **3.13.2-Diretrizes para gestão de efluentes**

Art. 24. Os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos deverão realizar o automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa dos mesmos.

§ 1º O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e procedimentos para a execução e averiguação do automonitoramento de efluentes e avaliação da qualidade do corpo receptor.

§ 2º Para fontes de baixo potencial poluidor, assim definidas pelo órgão ambiental competente, poderá ser dispensado o automonitoramento, mediante fundamentação técnica.

Art. 25. As coletas de amostras e as análises de efluentes líquidos e em corpos hídricos devem ser realizadas de acordo com as normas específicas, sob a responsabilidade de profissional legalmente habilitado.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997) lançou a Norma 13.969, que dispõe sobre providências e cuidados, bem como fornece instruções a respeito do esgoto de origem doméstica. A Norma determina que esse tipo de esgoto deve ser reutilizado para fins em que não haja exigência de água potável, desde que seja sanitariamente segura. Os usos possíveis seriam: irrigação de jardins, lavagem de pisos e veículos, descarga de vasos sanitários, manutenção paisagística dos lagos e canais com água (ABNT, 1997).

Outra lei importante é a Lei nº 9.605, de 1998, a chamada Lei da Natureza ou dos Crimes Ambientais, cujo texto declara como crime o ato de causar poluição hídrica em cursos de água de abastecimento público. A Lei dos Crimes Ambientais forneceu o incentivo decisivo para o reúso quando instituiu a obrigação de se tratar os efluentes.

## **4.0-METODOLOGIA**

### **4.1-Local do experimento**

O experimento foi realizado com a planta do pinhão-manso em condições de ambiente protegido da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, cujas coordenadas geográficas são latitude sul 7°13'11", longitude oeste 35°53'31" e altitude 547,56m. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) o município apresenta precipitação total média anual de 802,7mm, temperatura máxima de 27,5°C, mínima de 19,2°C e umidade relativa do ar de 70%. De acordo com a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (COELHO & SONCIN, 1982) o clima é o tipo "CSa", classificado como mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco, com duração de quatro a cinco meses e chuva de outono e inverno.

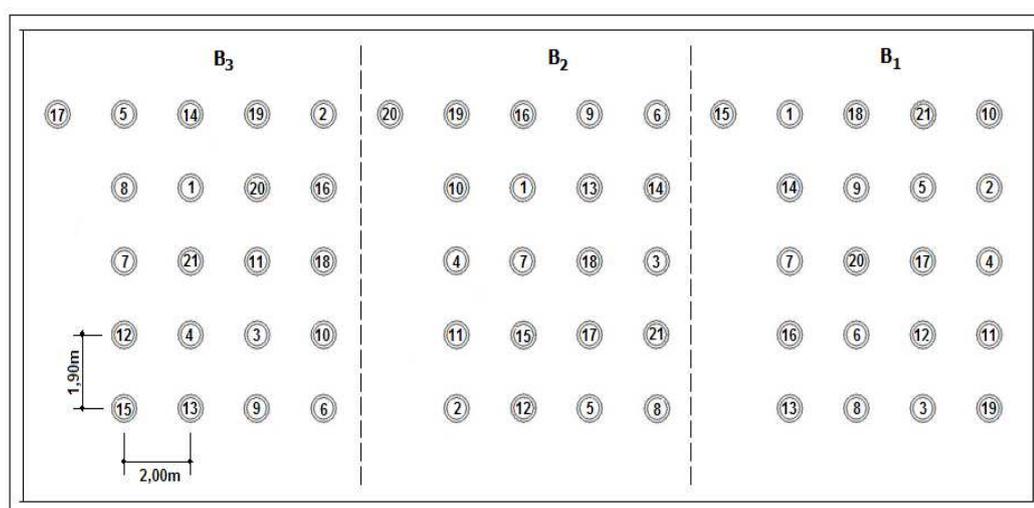
### **4.2-Delineamento experimental e tratamentos do primeiro ano do ciclo do pinhão-manso**

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de análise fatorial [5 x 4] + 1, cujos fatores foram cinco níveis de fósforo (NF1 = 0 mg/kg de solo; NF2 = 100 mg/kg de solo; NF3 = 200 mg/kg de solo; NF4 = 300 mg/kg de solo; NF5 = 400 mg/kg de solo) quatro lâminas de água residuária correspondentes à reposição da evapotranspiração da planta (L1 = 50% ETc; L2 = 75% ETc; L3 = 100% ETc; L4 = 125% ETc) e uma testemunha com uma lâmina L = 100% ETc com água de abastecimento e com adubação N e K, com três repetições, perfazendo o total de 63 parcelas experimentais (Tabela 2). O espaçamento foi de 1,90 x 2,00m entre as plantas x linhas e os blocos foram espaçamento das parcelas experimentais dentro do bloco e 1,60 m entre blocos; na Figura 1, é verificada a distribuição do experimento.

**Tabela 2.** Composição dos tratamentos

TRATAMENTOS				
T 1 = NF1 L1	T 5 = NF2 L1	T 9 = NF3 L1	T 13 = NF4 L1	T 17 = NF5 L1
T 2 = NF1 L2	T 6 = NF2 L2	T 10 = NF3 L2	T 14 = NF4 L2	T 18 = NF5 L2
T 3 = NF1 L3	T 7 = NF2 L3	T 11 = NF3 L3	T 15 = NF4 L3	T 19 = NF5 L3
T 4 = NF1 L4	T 8 = NF2 L4	T 12 = NF3 L4	T 16 = NF4 L4	T 20 = NF5 L4

T21 = TESTEMUNHA = L = 100% ETc com água de abastecimento e adubação só com N e K



**Figura 2.** Croqui do experimento instalado no interior da casa de vegetação

### 4.3-Condução do experimento e aquisição das mudas

As mudas do pinhão-mansão foram adquiridas no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba Campus II, Lagoa Seca- PB.

O transplante para os vasos definitivos ocorreu aos 30 DAS (dias após a semeadura). Para atingir a capacidade de campo do solo foram realizadas irrigações com turno de rega de 2 (dois) dias aplicando-se 2 L de água de abastecimento e aos 60 (DAS) foram iniciados os tratamentos com as lâminas de água residuária (L1 = 50% ETc; L2 = 75% ETc L3 = 100% ETc e L4 = 125% ETc) sendo que (L3 = 100% ETc) com água de abastecimento.

Foram utilizados lisímetros de drenagem no total de 63 (sessenta e três parcelas), com capacidade de 200 L (D = 0,58 m e h = 75 cm), o sistema de drenagem foi composto

de tela de nylon, 5,0 cm de brita, 5,0 cm de areia, mangueira e dois coletores utilizando-se (garrafa PET 2 L).

Em cada lisímetro foram colocados 230 kg de solo devidamente peneirado, adubado e corrigido, conforme resultados da análise química. Cada parcela experimental corresponde a um lisímetro perfurado na parte inferior para permitir a drenagem.

Para suas análises físico-químicas o solo, foi destorroado e peneirado antes do transplântio e no final do experimento. As análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande, e de acordo com a metodologia de Novais et al, (1999). As análises foram as seguintes: condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CE), pH, P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H + Al, matéria orgânica (MO), N-total (Tabela 3). O solo utilizado foi caracterizado através das análises como franco-argilo-arenoso.

**Tabela 3.** Características químicas do solo antes da instalação do experimento

pH	CE	Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )								(mg dm <sup>-3</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )
		H <sub>2</sub> O	(dS m <sup>-1</sup> )	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H		
1:2,5	CE	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H	Al	T	P	MO
5,16	0,08	1,01	0,83	0,05	0,18	2,07	3,11	0,40	5,58	0,59	0,03

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do DEAg/CTRN/UFCG Campina Grande-PB. MO - matéria orgânica; S - Soma de bases trocáveis do solo e T - S+ H +Al – Capacidade de troca catiônica total.

A partir das análises químicas do solo foram realizadas adubações com nitrogênio, cloreto de potássio e microelementos, de acordo com as recomendações para planta, com base no alumínio trocável, em fundação de uma só vez; 30 dias antes do transplântio foi incorporado, ao solo, carbonato de cálcio para correção da acidez.

As análises físico-hídricas do solo para manejo da irrigação foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande-PB, de acordo com as metodologias propostas pela (EMBRAPA, 1979). Para determinação da retenção de umidade no solo procedeu-se segundo metodologia de RICHARDS (1947), em que o ponto de murcha permanente (PMP), corresponde à água retida no solo a um potencial matricial de -1,5 MPa e a capacidade de campo (CC) à água retida a um potencial de -0,033 MPa utilizando-se membrana e câmara de pressão, na Tabela 4.

**Tabela 4.** Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento

Características físico- hídricas	Unidade	Valor
Areia	g Kg <sup>-1</sup>	83,72
Silte	g Kg <sup>-1</sup>	11,88
Argila	g Kg <sup>-1</sup>	5,20
Classificação textual	-	Areia
Densidade do solo (ds)	g cm <sup>-3</sup>	1,52
Densidade das partículas (dp)	g cm <sup>-3</sup>	2,74
Porosidade	%	44,52
Capacidade de Campo (CC)	g kg <sup>-1</sup>	82,6
Ponto de Murcha (PM)	g kg <sup>-1</sup>	20,9
Água Disponível (DP)	gkg <sup>-1</sup>	61,7

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/CTRNUFCG) Campina Grande-PB.

#### 4.4-Manejo de irrigação

O manejo de irrigação ocorreu após o solo ter atingido a capacidade de campo obedecendo a um turno de rega de 3 (três) dias, quando se utilizou água residuária de esgoto bruto proveniente do Riacho Bodocongó, que adentra ao longo da área experimental (UFCG), Campina Grande-PB.

A água residuária foi coletada diretamente do Riacho Bodocongó, com o seguinte procedimento: foi colocada, no leito do riacho, uma manilha com 3 metros de profundidade com 5,0 cm de brita para o pré-tratamento e capacidade para 1000 L, moto bomba anauger submersa ('bomba sapo') com potência de 370 W, tubulação de recalque com mangueira de polietileno ¾ e reservatório com capacidade de 5.000 L (Figura 3) com ('bomba sapo') submersa com potência de 370 W, onde era armazenada a água e em seguida enviada para uma caixa em fibra de vidro, em que por gravidade, a água residuária era enviada para o reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) (Figura 4).



**Figura 3.** Reservatório com capacidade de armazenamento de 5.000L



**Figura 4.** Reator UASB

Os parâmetros analisados das águas utilizadas nas irrigações durante a pesquisa seguiram as recomendações da metodologia Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Caracterização química das águas utilizadas nas irrigações, água de abastecimento e residuária doméstica tratada

Determinações	Água Abastecimento	Água residuária Tratada
pH	7,3	8,43
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,30	1,40
P-Total (mg L <sup>-1</sup> )	Ausente	3,53
K (mg L <sup>-1</sup> )	5,43	19,53
N Total (mg L <sup>-1</sup> )	Ausente	29,40
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	20	83,93
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	15,5	26,53
Na (mg L <sup>-1</sup> )	35,57	129,76
Zn (mg L <sup>-1</sup> )	Ausente	0,01
Cu (mg L <sup>-1</sup> )	Ausente	0,06
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	Ausente	0,01
Mn (mg L <sup>-1</sup> )	Ausente	0,02
RAS*	8,45	14,26

\*Razão adsorção de sódio  $RAS = \frac{Na}{\sqrt{Ca+Mg}}$

Antes de se iniciar as irrigações todos os lisímetros foram colocados em capacidade de campo; na primeira irrigação aplicou-se, em todos os lisímetros/tratamentos, um volume de água de 10 litros; posteriormente, o manejo das irrigações foi realizado através de balanço hídrico utilizando-se planilha eletrônica.

#### **4.4.1-Consumo de água (CA)**

O consumo de água (CA) pelas plantas durante o experimento foi determinado através de balanço hídrico (volume aplicado – volume drenado) aplicando-se a Equação 1.

$$CA = \Sigma VA - \Sigma VD \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

CA = consumo de água em L;

$\Sigma VA$  = somatório do volume aplicado em L;

$\Sigma VD$  = somatório do volume drenado em L.

#### **4.5-Delineamento experimental e tratamentos do segundo ano do ciclo do pinhão-manso**

O experimento continuou no segundo ano, com todos os tratamentos que foram adotados no primeiro ano do ciclo do pinhão-manso, mas vale salientar que ocorreram algumas ressalvas, entre elas: avaliou-se o efeito residual do Fósforo (P) e se realizaram novas adubações com Potássio (K) e Nitrogênio (N). Portanto, para verificar o efeito residual do Fósforo (P) e dos demais macronutrientes do solo, foram realizadas as Análises de Fertilidade do Solo, no final do primeiro ano do ciclo do pinhão-manso (Tabela 6). O procedimento para a coleta do solo se deu da seguinte maneira: coletou-se o solo dos 21 tratamentos fazendo uma amostra composta de cada tratamento, em seguida, foram secadas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneiras com malha de 2 mm, conforme metodologia recomendada pela EMBRAPA (1979); enfim as análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade/UFCG.

**Tabela 6.** Valores médios das análises químicas (fertilidade/salinidade) do solo no final do experimento no primeiro ciclo

Tratamentos	pH	CE	Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )								(mg dm <sup>-3</sup> )	
	H <sub>2</sub> O1:2,5	(ds m <sup>-1</sup> )	pH	CE	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H	Al	T
T <sub>1</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	8,0	0,09	2,37	3,63	0,24	0,28	6,52	0,00	0,00	6,52	2,14	
T <sub>2</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	7,58	0,38	2,61	3,76	0,67	0,26	7,30	0,00	0,00	7,30	2,07	
T <sub>3</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,80	0,15	3,53	3,87	0,33	0,33	8,06	0,00	0,00	8,06	2,35	
T <sub>4</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	8,43	0,17	3,84	3,25	0,38	0,32	7,79	0,00	0,00	7,79	1,83	
T <sub>5</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	7,61	0,28	2,32	3,02	0,56	0,28	6,18	0,00	0,00	6,18	5,11	
T <sub>6</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	8,30	0,12	2,67	3,04	0,30	0,30	5,71	0,00	0,00	5,71	4,95	
T <sub>7</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,67	0,14	3,65	2,88	0,26	0,32	7,11	0,00	0,00	7,11	4,92	
T <sub>8</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	8,43	0,12	3,14	2,93	0,33	0,35	6,75	0,00	0,00	6,75	4,99	
T <sub>9</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	7,83	0,20	2,61	3,15	0,48	0,33	6,57	0,00	0,00	6,57	5,40	
T <sub>10</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	8,11	0,14	2,82	3,74	0,41	0,32	7,29	0,00	0,00	7,29	5,41	
T <sub>11</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,60	0,12	3,61	2,47	0,25	0,35	6,68	0,00	0,00	6,68	5,40	
T <sub>12</sub> = AR L <sub>4</sub> = 25%	8,50	0,09	3,04	3,03	0,22	0,32	6,61	0,00	0,00	6,61	5,33	
T <sub>13</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	6,75	0,56	2,42	2,88	0,90	0,26	6,46	0,51	0,00	6,97	5,44	
T <sub>14</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	8,47	0,13	3,11	3,29	0,33	0,32	7,05	0,00	0,00	7,05	5,43	
T <sub>15</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,46	0,16	3,44	2,64	0,35	0,35	6,78	0,00	0,00	6,78	5,43	
T <sub>16</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	8,30	0,08	3,45	3,57	0,23	0,32	7,57	0,00	0,00	7,57	5,43	
T <sub>17</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	8,24	0,12	2,81	3,24	0,30	0,35	6,70	0,00	0,00	6,70	5,36	
T <sub>18</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	8,15	0,11	3,21	3,51	0,30	0,33	7,35	0,00	0,00	7,35	5,35	
T <sub>19</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,45	0,14	3,86	3,02	0,37	0,35	7,60	0,00	0,00	7,60	5,37	
T <sub>20</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	8,60	0,11	3,46	3,51	0,24	0,30	7,51	0,00	0,00	7,51	5,43	
T <sub>21</sub> = AAT L <sub>3</sub> = 100%	7,40	0,14	2,03	3,42	0,30	0,16	5,91	0,00	0,00	5,91	0,01	

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/UFCG), S - Soma de bases trocáveis do solo, T - S+ H +Al = Total da Soma de bases trocáveis do solo Hidrogênio mais Alumínio, AR = Água Residuária, AAT = Água de abastecimento testemunha

#### 4.6-Poda do pinhão-manso no final do primeiro ciclo

Ao final do primeiro ciclo do pinhão-manso as plantas foram submetidas a 90 dias de estresse hídrico, para que perdessem o maior número de folhas proporcionando assim, uma concentração maior de nutrientes, no caule e nas raízes.

A poda foi realizada a 80 cm de altura considerando a partir de 5cm da superfície do solo dentro dos lisímetros, foram escolhidos os ramos mais vigorosos e eliminados os demais; em cada planta foram deixados três ramos, o corte foi do tipo bisel (Figura 5) e em seguida nos mesmos colocados antifúngico (Ridomil Gold MZ). As podas foram realizadas com auxílio de serrote, ao término de cada poda da planta o serrote era lavado com água corrente para evitar a transmissão de doença de uma planta para outra. Com 60 dias da poda (DAP) foi realizado o desbaste dos brotos deixando-se, em cada racemo, três brotos, totalizando nove (9) brotos por planta (Figura 6).



**Figura 5.** Poda, corte do tipo bisel



**Figura 6.** Desbaste dos brotos com 60 (DAP)

No dia seguinte ao da poda, foi realizada adubação com Potássio (K) com 60g de KCl/vaso; o Nitrogênio (N) foi de 120g/vaso parcelado em seis (6) vezes sendo 20g/vaso a cada 30 dias.

A altura de planta foi definida considerando-se o ramo principal, mensurando-o do colo da planta até o ápice; o diâmetro caulinar foi aferido a 5 cm da superfície do solo e área a foliar foi estimada segundo recomendações de Severino et al. (2007).

Foram realizadas sete avaliações durante o ciclo (365 dias) do pinhão-manso, em que a primeira avaliação ocorreu após 60 dias da poda (DAP) e as seguintes a cada 45 dias (DAP), também foram realizadas as análises químicas (fertilidade/salinidade) do solo no final do experimento no segundo ciclo do pinhão-manso (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores médios das análises químicas (fertilidade/salinidade) do solo no final do experimento no segundo ciclo

Tratamentos	pH	CE	Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )								(mg dm <sup>-3</sup> )	
	H <sub>2</sub> O1:2,5	(ds m <sup>-1</sup> )	pH	CE	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H		Al
T <sub>1</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	7,10	0,67	2,50	1,70	1,18	0,40	5,78	0,0	0,0	5,78	1,75	
T <sub>2</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	8,10	0,34	3,20	2,00	0,72	0,30	6,22	0,0	0,0	6,22	1,27	
T <sub>3</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,39	0,22	3,24	1,62	0,51	0,35	5,72	0,0	0,0	5,72	1,12	
T <sub>4</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	8,37	0,33	3,23	2,23	0,70	0,35	6,51	0,0	0,0	6,51	4,86	
T <sub>5</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	7,50	0,63	2,07	1,62	1,45	0,35	5,14	0,0	0,0	5,14	4,93	
T <sub>6</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	8,23	0,24	3,23	2,51	0,62	0,28	6,62	0,0	0,0	6,62	5,32	
T <sub>7</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,43	0,23	3,16	2,19	0,48	0,30	6,13	0,0	0,0	6,13	4,43	
T <sub>8</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	8,36	0,22	2,5	2,96	0,53	0,32	6,32	0,0	0,0	6,32	4,42	
T <sub>9</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	6,90	0,62	1,73	2,34	1,45	0,44	5,96	0,0	0,0	5,96	5,31	
T <sub>10</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	7,70	0,47	2,37	2,15	0,90	0,35	5,77	0,0	0,0	5,77	5,32	
T <sub>11</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,40	0,21	3,43	1,89	0,53	0,35	6,20	0,0	0,0	6,20	5,32	
T <sub>12</sub> = AR L <sub>4</sub> = 25%	8,35	0,28	3,28	2,11	0,70	0,33	6,42	0,0	0,0	6,42	5,32	
T <sub>13</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	7,46	0,83	2,45	2,21	1,82	0,38	6,86	0,0	0,0	6,86	5,32	
T <sub>14</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	8,10	0,35	2,20	2,35	0,82	0,32	5,69	0,0	0,0	5,69	5,32	
T <sub>15</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,33	0,25	2,83	2,22	0,58	0,32	5,95	0,0	0,0	5,95	5,32	
T <sub>16</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	8,10	0,21	2,77	2,28	0,46	0,32	5,83	0,0	0,0	5,83	5,32	
T <sub>17</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	7,80	0,95	2,78	2,75	1,91	0,46	7,90	0,0	0,0	7,90	5,33	
T <sub>18</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	7,32	0,58	2,33	2,69	1,36	0,37	6,75	0,0	0,0	6,75	5,32	
T <sub>19</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	8,10	0,44	2,41	2,74	0,82	0,33	6,30	0,0	0,0	6,30	4,24	
T <sub>20</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	8,10	0,29	2,02	2,26	0,63	0,23	5,14	0,0	0,0	5,14	5,33	
T <sub>21</sub> = AAT L <sub>3</sub> = 100%	7,66	0,36	1,60	1,70	0,67	0,23	4,98	0,0	0,0	4,98	1,29	

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/UFCG), S - Soma de bases trocáveis do solo, T - S+ H +Al = Total da Soma de bases trocáveis do solo Hidrogênio mais Alumínio, AR = Água residuária, AAT = Água de abastecimento testemunha

#### **4.7-Variável fisiológica**

A primeira avaliação ocorreu aos 60 dias após a poda e as demais a cada 45 dias, totalizando 330 dias.

##### **4.7.1-Teores de clorofila (Chl *a*), (Chl *b*), clorofilas totais e carotenoides totais**

As determinações dos teores das clorofilas foram realizadas pelo método descrito por Lichtenthaler (1987) e pelo uso do medidor portátil de clorofila SPAD-502 [Soil-Plant Analysis Development (SPAD) Section. Minolta Camer Co., Ltd, Japão.

As leituras dos teores de clorofila avaliadas pelo uso do medidor portátil de clorofila SPAD-502, foram realizadas em diferentes posições da folha da planta do pinhão-manso, em campo sendo: ápice e terço médio das laterais. De cada amostra foram realizadas três repetições de leituras obtendo-se a média como valor final; já para a determinação das análises de clorofila (Chl *a*), (Chl *b*) totais e carotenoides, em laboratório, utilizou-se método descrito por Lichtenthaler (1987). O material foi retirado da folha a aproximadamente 2 cm de diâmetro, pesado em balança analítica tendo, como média, 0,1g de matéria fresca, picotado e imersa em 10 mL de acetona a 80%, durante 72 horas com agitações regulares; em seguida foram realizadas as análises de quantificações com Espectrofotômetro Digital UV-1000A nos comprimentos de onda de 470, 645 e 663nm. As leituras foram realizadas aos 60 dias após a poda (DAP) e as seguintes a cada 45 dias (DAP) totalizando sete análises no final do experimento.

#### **4.8-Variáveis de produção**

4.8.1-Número de sementes por planta (NSP),

4.8.2-Número de cachos por planta (NCP),

4.8.3-Peso seco dos frutos por planta (PSFP),

4.8.4-Número de frutos por planta (NFP),

4.8.5-Largura de frutos por planta (LFP),

4.8.6-Comprimento de frutos por planta (CFP),

4.8.7-Número de sementes por fruto (NSF),

4.8.8-Largura de sementes por planta (LSP),

4.8.9-Comprimento de sementes por planta (CSP),

4.8.10-Peso de 100 sementes (PS100),

4.8.11-Teor de óleo das sementes (TO) e

4.8.12-Composição mineral da torta.

A colheita dos frutos foi realizada diariamente, a partir dos 150 dias após a poda (DAP), devido à heterogeneidade da maturação apresentada quando os frutos estavam totalmente maduros.

Os frutos de cada planta foram coletados (Figuras 7 e 8) contados e separados das cascas das sementes; posteriormente, colocados para secar ao ar livre. No final da produção obteve-se o número médio de frutos por tratamento; após o processo de secagem foram realizadas pesagens com balança de precisão (0,01g), separadamente casca e semente e obtido o peso médio dos frutos. Finalizado o experimento obteve-se o peso médio dos frutos de toda sua produção.



**Figura 7.** Frutos verde



**Figura 8.** Frutos maduros e secos

O teor de óleo nas sementes (expresso em %) foi determinado no Laboratório Avançado de Tecnologia Química da EMBRAPA - CNPA, em Campina Grande-PB, mediante o uso da técnica Ressonância Magnética Nuclear (RMN) em espectrofotômetro; de cada amostra foram realizadas três repetições de leitura obtendo-se a média como valor final.

Para se obter a torta do pinhão-mansó foram pesados 100g de sementes com casca que foram colocadas em um conjunto de peças de inox (Figura 9) e prensadas em uma prensa hidráulica do tipo “P30 ST 30TON BOVENAU” (Figura 10) até atingir 20 toneladas para extrair o máximo de óleo das tortas (Figura 11).



**Figura 9.** Recipiente de inox para a extração do óleo das sementes



**Figura 10.** Prensa hidráulica do tipo P 30 ST, 30 TON BOVENAU



**Figura 11.** Torta do pinhão-mansó prensada 20 toneladas

A torta foi moída e o material final foi pesado balança de precisão (0,01g) e incinerado em mufla a uma temperatura de 600<sup>0</sup>C, para obtenção das cinzas. As amostras das cinzas da torta do pinhão-manso foram analisadas em espectrofotômetro de fluorescência de raios-X do modelo – EDX 720; a determinação do perfil mineral foi realizada por energia dispersiva; os minerais analisados foram: potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu). Os minerais quantificados foram expressos em percentagem; em geral, a análise quantitativa por EDXRF é realizada pelo método da curva de calibração obtida com muitos padrões. O padrão de calibração utilizado, fornecido junto com o equipamento EDX-720, é uma liga metálica composta de alumínio, estanho, magnésio, ferro e cobre; desta forma, é possível determinar a composição do material analisado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas.

#### **4.9-Análise Estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F, procedendo-se à análise de regressão polinomial em função dos efeitos isolados e dos desdobramentos das variáveis níveis de fósforo e lâmina de irrigação. A escolha do modelo de regressão foi realizada considerando-se o valor do coeficiente de determinação (> 0,60) e sua significância pelo Teste F. Quando verificada interação significativa entre fatores versus testemunha procedeu-se ao contraste através do pacote estatístico Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2000).

## **5.0-RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1-Variável fisiológica**

Na Tabela 8, se encontra o resumo da análise de variância para determinar a clorofila em campo, através do medidor do SPAD ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos dos 60 aos 330 DAP.

Verifica-se que o fator níveis de fósforo (P) ocasionou efeitos significativos a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade aos 195, 240 e 285 DAP; para os períodos 105 e 150 o efeito foi a nível de ( $p < 0,05$ ) (Tabela 8).

Os resultados do fator lâmina de água residuária (L) citados na Tabela 8, influenciaram na clorofila; percebe-se aos 195 DAP que ocorreu efeito significativo a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade constatando-se, aos 285 DAP, efeito significativo a nível de ( $p < 0,05$ ) de probabilidade.

Pelo resumo da análise de regressão da clorofila (SPAD) Tabela 8, observa-se que o modelo linear foi ajustado a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade nos seguintes períodos de avaliação: 105 e 150 DAP, quando avaliado o fator níveis de fósforo, foi observado, para a fonte de variação lâmina de água residuária, modelo linear com efeito a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade, nas seguintes avaliações 60 e 285 DAP.

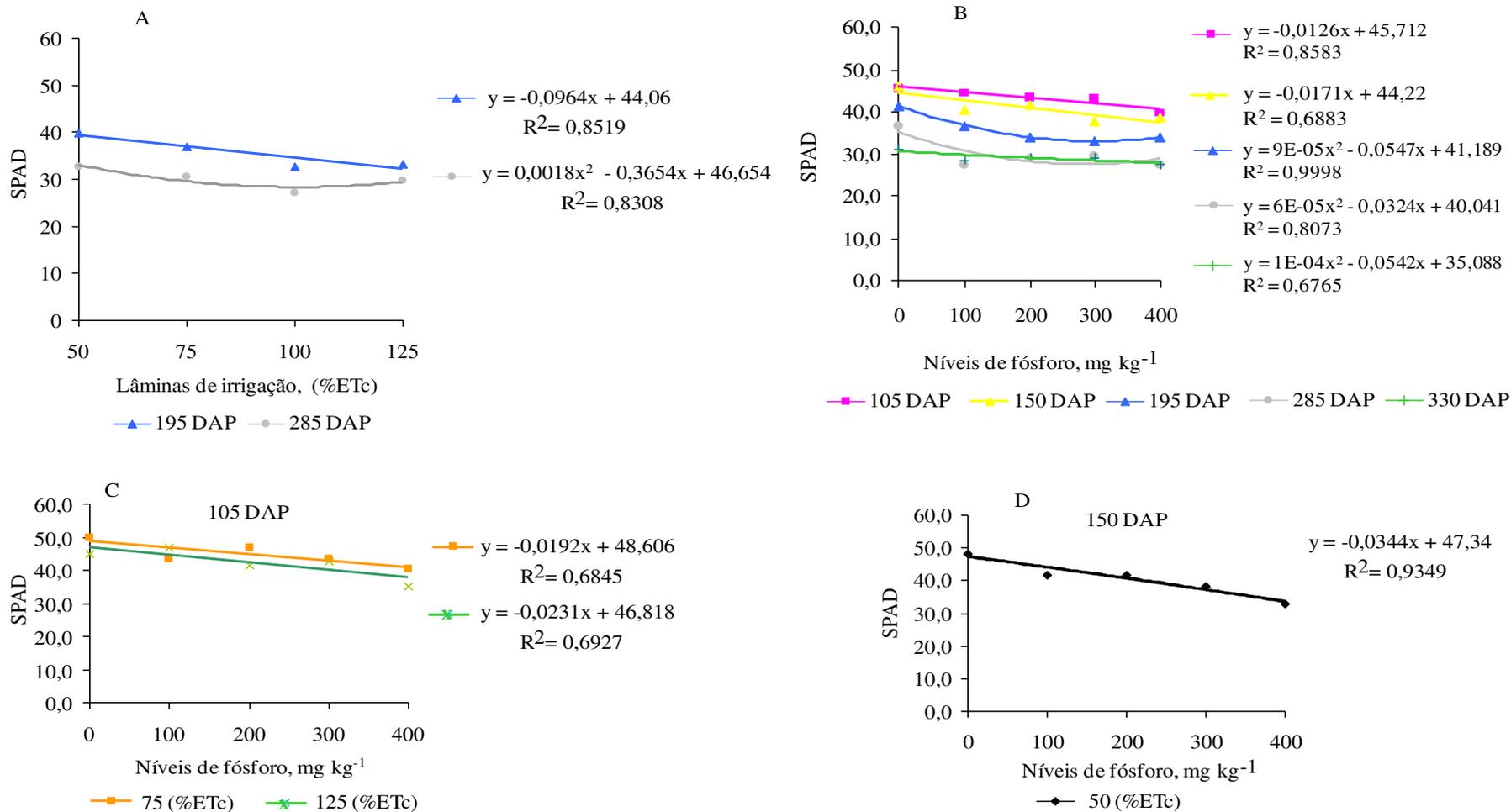
Na Tabela 8 estão os resultados das interações dos níveis de fósforo dentro de lâmina observando-se que o modelo linear apresentou efeito a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade ao se estudar (P dentro de  $L_2$  e  $L_4$ ) aos 105 e 240 DAP, (P dentro de  $L_1$  e  $L_2$ ) aos 150 DAP, (P dentro de  $L_2$  e  $L_3$ ) aos 195 e 285 DAP, (P dentro de  $L_3$ ) aos 195 e (P dentro de  $L_4$ ) aos 105 DAP, além do o modelo quadrático com efeito de ( $p < 0,05$ ) nas interações (P dentro de  $L_1$ ) aos 195 e 285 e (P dentro de  $L_4$ ) aos 195 DAP.

Comparando as interações lâminas dentro de fósforo observa-se, na Tabela 8, que o modelo linear foi ajustado a nível de ( $p < 0,05$ ) de probabilidade para as interações (L dentro de  $P_1, P_2$  e  $P_4$ ) aos 60, 195 e 330 DAP, respectivamente; em comparação da interação lâmina dentro de fósforo, o melhor ajuste foi do modelo quadrático na interação (L dentro de  $P_5$ ) aos 195 e 285 DAP, cujo efeito foi significativo a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade, respectivamente.

**Tabela 8.** Análise de variância da variável clorofila, avaliada em campo através do SPAD em (cm) ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)						
		Dias Após Poda (DAP)						
		60	105	150	195	240	285	330
Níveis de Fósforo (P)	4	15,86 <sup>ns</sup>	55,48*	127,47*	137,30**	55,13**	170,54**	22,36 <sup>ns</sup>
Linear	1	11,10 <sup>ns</sup>	190,51**	351,57**	411,81**	126,48**	309,44**	57,54 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	3,23 <sup>ns</sup>	15,83 <sup>ns</sup>	55,08 <sup>ns</sup>	137,34**	51,48*	152,57**	0,47 <sup>ns</sup>
Desvio	2	24,56 <sup>ns</sup>	7,78 <sup>ns</sup>	51,62 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	21,27 <sup>ns</sup>	110,09**	15,51 <sup>ns</sup>
Lâminas de água (L)	3	39,46 <sup>ns</sup>	19,85 <sup>ns</sup>	16,07 <sup>ns</sup>	171,08**	28,58 <sup>ns</sup>	170,54*	59,92 <sup>ns</sup>
Linear	1	65,89*	23,89 <sup>ns</sup>	8,36 <sup>ns</sup>	438,50**	49,77 <sup>ns</sup>	109,44*	2,76 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	15,60 <sup>ns</sup>	11,53 <sup>ns</sup>	30,38 <sup>ns</sup>	45,24 <sup>ns</sup>	16,43 <sup>ns</sup>	77,06*	31,97 <sup>ns</sup>
Desvio	1	36,89 <sup>ns</sup>	24,14 <sup>ns</sup>	9,46 <sup>ns</sup>	29,51 <sup>ns</sup>	19,55 <sup>ns</sup>	37,87 <sup>ns</sup>	145,04 <sup>ns</sup>
P x L	12	12,69 <sup>ns</sup>	17,89 <sup>ns</sup>	40,65 <sup>ns</sup>	17,18 <sup>ns</sup>	12,74 <sup>ns</sup>	14,49 <sup>ns</sup>	37,05 <sup>ns</sup>
P dentro L <sub>1</sub>	1	-	-	352,94** (L)	144,48** (Q)	-	154,29** (Q)	-
P dentro L <sub>2</sub>	1	-	110,59* (L)	186,50* (L)	139,53** (L)	79,38* (L)	220,32** (L)	-
P dentro L <sub>3</sub>	1	-	-	-	143,01** (L)	-	109,82* (L)	-
P dentro L <sub>4</sub>	1	-	160,54** (L)	-	73,60* (Q)	76,48* (L)	-	-
L dentro de P <sub>1</sub>	1	-	-	-	-	-	-	232,81* (L)
L dentro de P <sub>2</sub>	1	-	-	-	165,00** (L)	-	-	-
L dentro de P <sub>3</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>4</sub>	1	64,27* (L)	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>5</sub>	1	-	-	-	82,16* (Q)	-	138,72** (Q)	-
Fatorial vs. Testemunha	1	45,41 <sup>ns</sup>	8,63 <sup>ns</sup>	3,060 <sup>ns</sup>	9,48 <sup>ns</sup>	4,22 <sup>ns</sup>	6,92 <sup>ns</sup>	7,62 <sup>ns</sup>
Tratamentos	20	18,97 <sup>ns</sup>	25,24 <sup>ns</sup>	52,45 <sup>ns</sup>	63,90**	23,17*	54,37**	36,07 <sup>ns</sup>
Blocos	2	7,77 <sup>ns</sup>	24,94 <sup>ns</sup>	146,75*	181,08**	95,71**	5,98 <sup>ns</sup>	42,41 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	14,62	19,77	39,14	18,44	12,41	17,42	40,49
CV (%)		8,56	10,27	15,33	12,01	9,57	13,89	21,58
Média geral (cm)		44,69	43,27	40,81	35,76	36,82	30,05	29,03

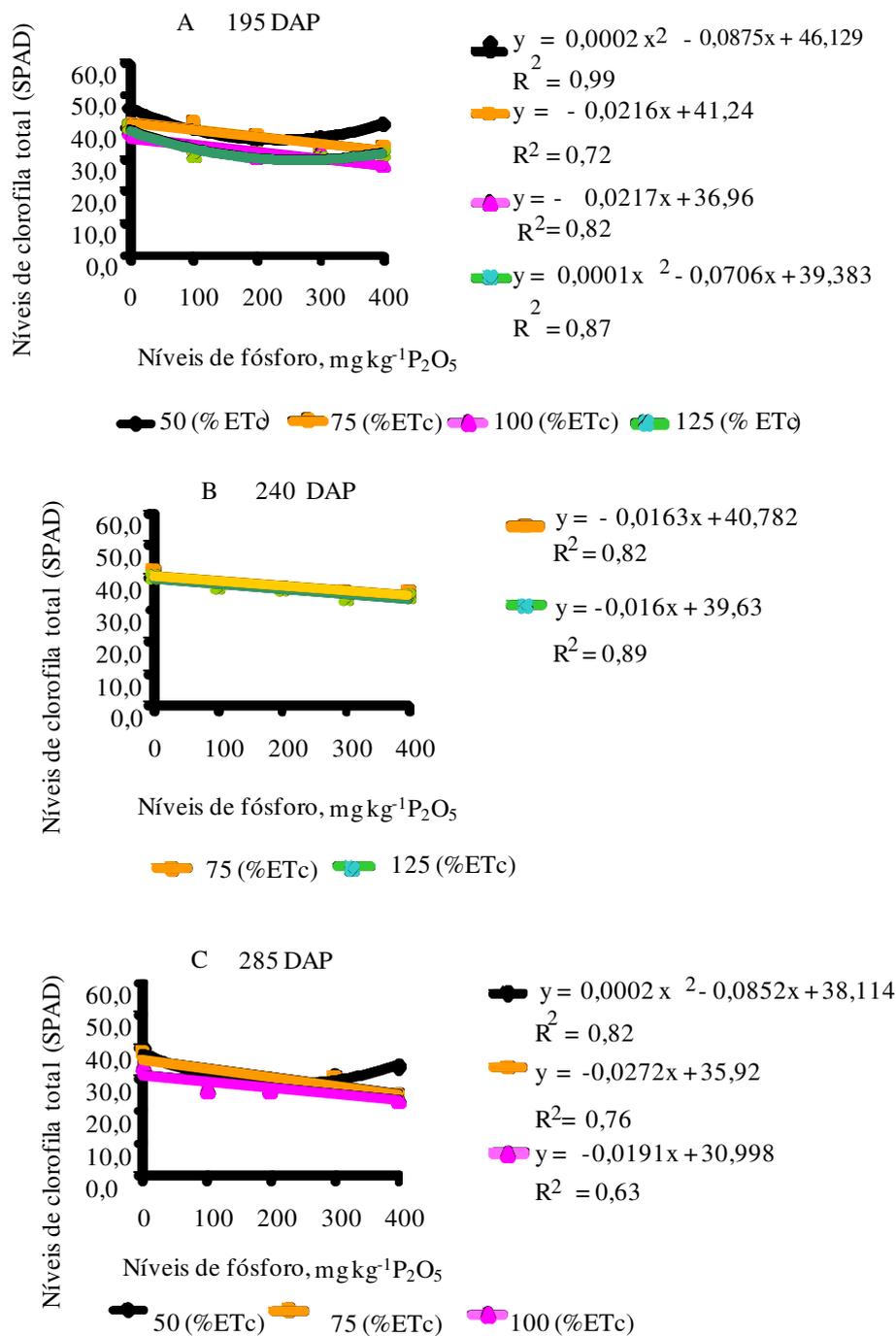
GL – grau de liberdade; <sup>ns</sup> não significativo; \*\* significativo a nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); \* significativo a nível de 5% de probabilidade (0,01 ≤ p < 0,05) pelo teste F; CV= coeficiente de variância; Q = Quadrática; L = Regressão linear.



**Figura12.** Determinação indireta dos níveis de clorofila total de folhas do pinhão-mansão, pelo índice SPAD em função de lâminas de irrigação (A), dos níveis de fósforo (B) e dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (C e D) em diferentes períodos de avaliação.

Analisando a Figura 12 verifica-se aos 195 DAP e 285 DAP, efeito isolado de lâminas de irrigação para níveis de clorofila (SPAD). Neste primeiro período de avaliação os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear apresentado uma redução na taxa de clorofila, da ordem de 0,0964 por unidade de ETc (%). Quanto aos 285 DAP, o menor nível de clorofila 28,106 foi observado com a aplicação de 101,5 % da ETc Figura 12 (A). Para o efeito isolado de níveis de fósforo constatou-se redução no nível de clorofila, de 0,0126 e 0,0171, por unidade de fósforo aplicado  $\text{mg kg}^{-1}$  aos 105 e 150 DAP, respectivamente; para os demais períodos de avaliação, 195, 285 e 330 DAP, os dados se ajustaram a regressões polinomiais quadráticas cujas menores médias foram estimadas com a aplicação de 303,88; 270,0 e 271  $\text{mg kg}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , respectivamente Figura 12 (B).

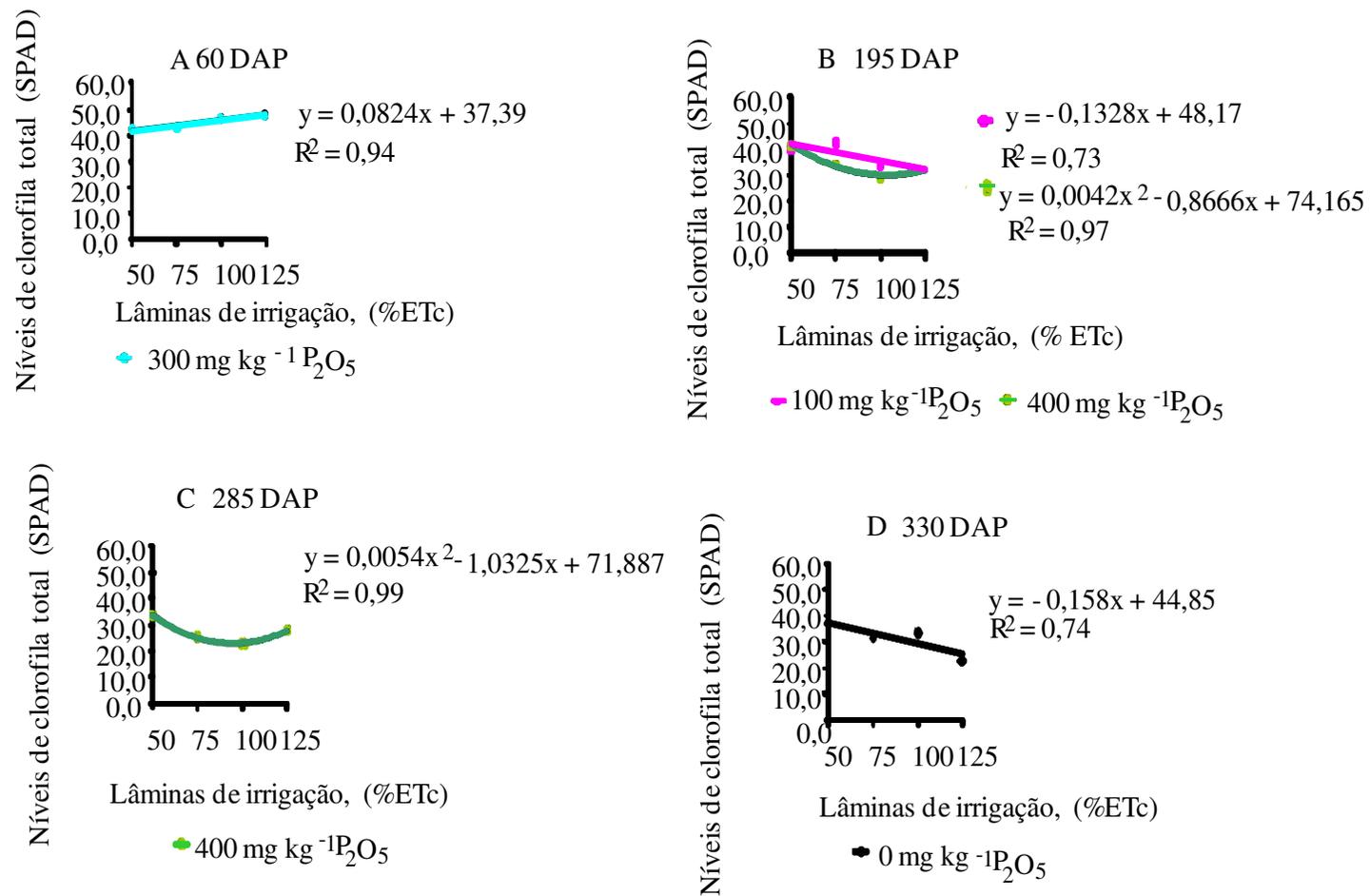
Quanto ao desdobramento de níveis de fósforo dentro de lâminas de irrigação, aos 105 DAP, verificou-se redução nos níveis de clorofila de 0,0192 e 0,0231 por unidade de fósforo aplicado  $\text{mg kg}^{-1}$  com 75% e 125% da ETc, respectivamente Figura 12 (C). Comportamento semelhante também foi observado aos 150 DAP, ou seja, o índice SPAD diminuiu em função dos níveis de fósforo aplicado com 50% da ETc Figura 12 (D).



**Figura 13.** Determinação indireta dos níveis de clorofila total de folhas do pinhão-mansão pelo índice ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos

Analisando a Figura 13 observa-se aos 195 DAP, 240 DAP e 285 DAP, efeito isolado dos níveis de fósforo para níveis de clorofila (SPAD); para o período 195 DAP de avaliação os dados se ajustaram ao modelo de regressão polinomial linear com 75 e 100% ETc, apresentado declínio na taxa de clorofila, da ordem de 0,0216 e 0,0217 por unidade de fósforo aplicado Figura 13 (A). Ainda observando a mesma Figura 13 (A), constata-se que

o menor nível de clorofila (36,559) foi registrado com 125% ETc e 218,75mg kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; aos 240 DAP, quando foram aplicadas as lâminas de irrigação com 75 e 125% ETc, os níveis de clorofila total apresentaram resposta linear negativa cujas taxas de declínio unitário foram de 0,0163 e 0,016 por mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado, respectivamente; já aos 285 DAP Figura 13 (C), com 75 e 100% da ETc, os níveis de clorofila mais uma vez decresceram com a aplicação do fósforo; contudo, repondo 50% da ETc, verificou-se ajuste dos dados ao modelo de regressão polinomial quadrático, em que o menor valor de clorofila foi de 29,04 com a aplicação de 213 mg kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



**Figura 14.** Determinação indireta dos níveis de clorofila total de folhas do pinhão-mansão pelo índice SPAD ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos.

Observa-se, aos 60 DAP, que as lâminas de irrigação influenciaram linearmente nos níveis de clorofila total das folhas do pinhão-mansão quando adubado com  $300 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  Figura 14 (A) pelo índice SPAD com acréscimo de 0,0824 mm por unidade percentual da ETc.

Verifica-se, na Figura 14 (B), aos 195 DAP, houve influência das lâminas de irrigação ajustando as médias de níveis de clorofila ao modelo linear quando se adubou com  $100 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  e quadrática com a aplicação de  $400 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ . Nesta maior nível de fósforo aplicado o menor nível de clorofila total correspondeu à lâmina de irrigação de 103,17 % ETc; aos 285 DAP, os dados também se ajustaram ao modelo quadrático cujo menor nível de clorofila foi de 22,53 SPAD com a lâmina 95,601% ETc e  $400 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  Figura 14 (C). Por fim, aos 330 DAP o nível de clorofila decresceu na taxa de 0,158 SPAD por unidade de lâmina aplicada na ausência de adubação fosfatada Figura 14 (D).

Na Tabela 9, se encontram os resultados da análise de variância da variável clorofila *a* (*Chl a*) ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos, dos 60 aos 330 DAP, verificando-se que o fator níveis de fósforo (P) não influenciou nenhum dos períodos de avaliação do segundo ciclo do pinhão-mansão para a variável clorofila *a* (*Chl a*); já para o fator lâminas de água (L) se observa efeito significativo a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade aos 60 DAP, quando ajustadas as médias ao modelo de regressão linear a nível de ( $p < 0,01$ ); aos 150 DAP, apesar de não haver influência significativa do fator lâmina, o teor de clorofila aumentou linearmente em função da aplicação das lâminas de irrigação.

Nesta Tabela estão os resultados das interações entre níveis de fósforo dentro de lâminas; observa-se que o modelo linear apresentou efeito a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade quando se estudou (P dentro de  $L_2$ ) aos 285 DAP e se constatado que houve efeito significativo a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade com o modelo linear nas interações (P dentro de  $L_1$  e  $L_4$ ) aos 150 DAP, além de que o modelo quadrático tinha significância de ( $p < 0,05$ ) aos 60 DAP.

Ao se comparar as interações lâminas dentro de fósforo observa-se, na Tabela 9, efeito significativo a nível ( $p < 0,05$ ) para a interação (L dentro de  $P_4$ ) no período de 150 DAP. Verificou, também, que o modelo quadrático foi ajustado à interação (L dentro de  $P_4$ ) aos 330 DAP e que o efeito foi significativo a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade, enquanto na interação (L dentro de  $P_5$ ) aos 150 da DAP o modelo que melhor se ajustou foi o linear a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade.

**Tabela9.** Análise de variância da variável clorofila *a* (*Chl a*) ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)						
		Dias Após Poda (DAP)						
		60	105	150	195	240	285	330
Níveis de Fósforo (P)	4	6,88 <sup>ns</sup>	8,99 <sup>ns</sup>	2,74 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	5,53 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>
Linear	1	0,203 <sup>ns</sup>	22,94 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	4,07 <sup>ns</sup>	9,62 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	10,26 <sup>ns</sup>	11,54 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	9,17 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
Desvio	2	8,52 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	5,26 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>
Lâminas de água (L)	3	37,83 <sup>**</sup>	17,49 <sup>ns</sup>	7,48 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>ns</sup>	5,04 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>
Linear	1	8,43 <sup>**</sup>	35,09 <sup>ns</sup>	19,59 <sup>*</sup>	2,41 <sup>ns</sup>	8,27 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	0,42 <sup>ns</sup>	14,79 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>	3,88 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Desvio	1	27,65 <sup>*</sup>	2,59 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	6,66 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>
P x L	12	6,65 <sup>ns</sup>	8,12 <sup>ns</sup>	8,42 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>*</sup>	5,70 <sup>ns</sup>	2,57 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>
P dentro L <sub>1</sub>	1	28,65 <sup>*</sup> (Q)	-	20,58 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	-
P dentro L <sub>2</sub>	1	-	-	-	-	-	16,52 <sup>**</sup> (L)	-
P dentro L <sub>3</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
P dentro L <sub>4</sub>	1	-	-	19,25 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	-
L dentro de P <sub>1</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>2</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>3</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>4</sub>	1	-	-	21,02 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	4,15 <sup>*</sup> (Q)
L dentro de P <sub>5</sub>	1	-	-	35,91 <sup>**</sup> (L)	-	-	-	-
Fatorial vs Testemunha	1	0,70 <sup>ns</sup>	22,12 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	4,38 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Tratamentos	20	11,08 <sup>ns</sup>	10,40 <sup>ns</sup>	6,80 <sup>*</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	5,37 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>
Blocos	2	9,60 <sup>ns</sup>	19,07 <sup>ns</sup>	7,58 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	41,63 <sup>**</sup>	5,97 <sup>*</sup>	3,61 <sup>*</sup>
Resíduo	40	6,41	10,26	2,99	1,69	5,72	1,50	0,93
CV (%)		25,76	46,88	40,55	72,99	41,74	35,85	84,52
Média geral (cm)		9,83	6,80	4,26	1,78	5,73	3,42	1,14

GL – grau de liberdade; <sup>ns</sup> não significativo; <sup>\*\*</sup> significativo a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); <sup>\*</sup> significativo a nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) pelo teste F; CV= coeficiente de variância; Q = Quadrática; L = Regressão linear

Resumo das análises de variância da variável clorofila *b* (*Chl b*) ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos, dos 60 aos 330 dias após a poda (DAP) Tabela 10.

Verifica-se na Tabela 10 que o fator níveis de fósforo (P) não influenciou nenhum dos períodos de avaliação do segundo ciclo pinhão-mansão para a variável clorofila *b* (*Chl b*); por outro lado observa-se o fator lâminas de água (L) que houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de probabilidade aos 60, 105 e 240 DAP, enquanto para o fator lâminas da água (L) encontrou-se modelo linear a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade aos 105 DAP.

Na Tabela 10, se encontram os resultados das interações dos níveis de fósforo dentro de lâmina, ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos dos 60 aos 330 dias após a poda (DAP). Verifica-se que o modelo linear foi o que apresentou efeito a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade ao se estudar (P dentro de L<sub>2</sub>) aos 150 DAP, constatou-se, também, efeito significativo a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade com o modelo quadrático na interação (P dentro de L<sub>4</sub>) aos 330 DAP.

Comparando as interações lâminas dentro de fósforo observa-se na Tabela 10, efeito significativo a nível ( $p < 0,05$ ) para as interações (L dentro de P<sub>2</sub>) no período de 285 DAP (L dentro de P<sub>3</sub>), aos 105 e 285 (L dentro de P<sub>4</sub>) 105 e 150 (L dentro de P<sub>3</sub>) 240 DAP. Verificou-se nesta tabela, que o modelo quadrático foi ajustado à interação (L dentro de P<sub>4</sub>) aos 330 DAP a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade.

**Tabela 10.** Análise de variância da variável clorofila *b* (*Chl b*) ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)						
		Dias Após Poda (DAP)						
		60	105	150	195	240	285	330
Níveis de Fósforo (P)	4	6,96 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	2,97 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
Linear	1	4,52 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	4,26 <sup>ns</sup>	4,68 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	2,28 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	4,09 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	3,05 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
Desvio	2	9,62 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	2,28 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>	2,16 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
Lâminas de água (L)	3	4,43 <sup>*</sup>	7,29 <sup>*</sup>	2,59 <sup>ns</sup>	2,75 <sup>ns</sup>	4,73 <sup>*</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Linear	1	10,86 <sup>ns</sup>	16,54 <sup>*</sup>	2,34 <sup>ns</sup>	2,85 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	2,19 <sup>ns</sup>	3,55 <sup>ns</sup>	3,41 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	5,02 <sup>ns</sup>	4,84 <sup>*</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
Desvio	1	2,24 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>	4,54 <sup>ns</sup>	8,50 <sup>*</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>
P x L	12	5,19 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	2,36 <sup>ns</sup>	5,42 <sup>ns</sup>	1,88 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
P dentro L <sub>1</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
P dentro L <sub>2</sub>	1	-	-	19,11 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	-
P dentro L <sub>3</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
P dentro L <sub>4</sub>	1	-	-	-	-	-	-	1,07 <sup>**</sup> (Q)
L dentro de P <sub>1</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>2</sub>	1	-	-	-	-	-	6,76 <sup>*</sup> (L)	-
L dentro de P <sub>3</sub>	1	-	15,15 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	5,81 <sup>*</sup> (L)	-
L dentro de P <sub>4</sub>	1	-	10,91 <sup>*</sup> (L)	11,40 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	1,20 <sup>**</sup> (Q)
L dentro de P <sub>5</sub>	1	-	-	-	-	7,88 <sup>*</sup> (L)	-	-
Fatorial vs Testemunha	1	1,20 <sup>ns</sup>		1,42 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Tratamentos	20	5,23 <sup>ns</sup>		2,47 <sup>ns</sup>	4,16 <sup>ns</sup>	2,12 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
Blocos	2	4,41 <sup>ns</sup>		4,18 <sup>ns</sup>	6,17 <sup>ns</sup>	3,37 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	4,95	2,40	2,49	4,01	1,51	1,05	0,09
CV (%)		41,96	46,37	75,23	146,67	52,72	59,84	44,03
Média geral (cm)		5,30	3,34	2,09	1,36	2,33	1,71	6,71

GL – grau de liberdade; <sup>ns</sup> não significativo; <sup>\*\*</sup> significativo a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); <sup>\*</sup> significativo a nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) pelo teste F; CV= coeficiente de variância; Q = Quadrática; L = Regressão linear

Apresentam-se, na Tabela 11, os resumos das análises de variância da variável clorofila total (*Chl totais*) ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos, dos 60 aos 330 DAP.

Verifica-se, na referida Tabela, que o fator níveis de fósforo (P) não influenciou nenhum dos períodos de avaliação do segundo ciclo do pinhão-manso para a variável clorofila total (*Chl totais*); já para o fator lâminas de água (L) observa-se efeito significativo de ( $p < 0,05$ ) aos 60 DAP ajustando-se suas médias ao modelo linear; aos 150 DAP o teor de clorofila total apresentou resposta linear ( $p < 0,05$ ) com a aplicação das lâminas de irrigação.

Ainda se observa na Tabela 11 para a interação fósforo dentro de lâmina, que houve efeito significativo de ( $p < 0,05$ ) para o modelo linear nas (P dentro de L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>) aos 150 dias da DAP, e (P dentro de L<sub>2</sub>) aos 285 DAP; desta vez ( $p < 0,01$ ) de probabilidade enquanto para a interação (P dentro de L<sub>1</sub>) aos 60 DAP e (P dentro de L<sub>4</sub>) aos 330 DAP, o efeito significativo de ( $p < 0,05$ ) para o modelo quadrático.

Quando se comparando as interações lâminas dentro de fósforo observou-se efeito significativo de ( $p < 0,05$ ) para as seguintes interações (L dentro de P<sub>2</sub>) aos 60 e 285 DAP e (L dentro de P<sub>5</sub>) aos 240 da DAP com ajuste linear; além do efeito significativo ( $p < 0,05$ ) na interação (L dentro de P<sub>4</sub>) com o modelo matemático quadrático, aos 330 DAP; já na interação (L dentro de P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>) o efeito foi significativo ( $p < 0,01$ ) para o modelo linear aos 150 DAP.

**Tabela 11.** Análise de variância da variável clorofila total (*Chl totais*) ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)						
		Dias Após Poda (DAP)						
		60	105	150	195	240	285	330
Níveis de Fósforo (P)	4	23,21 <sup>ns</sup>	11,00 <sup>ns</sup>	5,86 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	10,69 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>
Linear	1	2,80 <sup>ns</sup>	17,46 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	11,19 <sup>ns</sup>	3,69 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	27,32 <sup>ns</sup>	19,96 <sup>ns</sup>	4,30 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	16,56 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>
Desvio	2	31,37 <sup>ns</sup>	3,30 <sup>ns</sup>	8,88 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	7,50 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>
Lâminas de água (L)	3	63,63 <sup>*</sup>	14,90 <sup>ns</sup>	15,62 <sup>ns</sup>	4,27 <sup>ns</sup>	17,06 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
Linear	1	157,22 <sup>**</sup>	3,44 <sup>ns</sup>	40,76 <sup>*</sup>	10,52 <sup>ns</sup>	13,71 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	0,68 <sup>ns</sup>	32,85 <sup>ns</sup>	5,70 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	7,26 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Desvio	1	33,05 <sup>ns</sup>	8,67 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	30,21 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>
P x L	12	19,98 <sup>ns</sup>	10,88 <sup>ns</sup>	12,14 <sup>ns</sup>	6,49 <sup>ns</sup>	12,32 <sup>ns</sup>	4,77 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>
P dentro L <sub>1</sub>	1	83,24 <sup>*</sup> (Q)	-	38,78 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	-
P dentro L <sub>2</sub>	1	-	-	-	-	-	27,88 <sup>**</sup> (L)	-
P dentro L <sub>3</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
P dentro L <sub>4</sub>	1	-	-	41,68 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	5,16 <sup>*</sup> (Q)
L dentro de P <sub>1</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>2</sub>	1	64,90 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	-	14,88 <sup>*</sup> (L)	-
L dentro de P <sub>3</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>4</sub>	1	-	-	63,38 <sup>**</sup> (L)	-	-	-	4,93 <sup>*</sup> (Q)
L dentro de P <sub>5</sub>	1	-	-	63,03 <sup>**</sup> (L)	-	44,52 <sup>*</sup> (L)	-	-
Fatorial vs Testemunha	1	0,06 <sup>ns</sup>	13,96 <sup>ns</sup>	4,86 <sup>ns</sup>	2,91 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
Tratamentos	20	26,18 <sup>ns</sup>	11,67 <sup>ns</sup>	11,04 <sup>ns</sup>	4,93 <sup>ns</sup>	12,21 <sup>ns</sup>	3,34 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>
Blocos	2	14,30 <sup>ns</sup>	14,05 <sup>ns</sup>	20,11 <sup>ns</sup>	11,39 <sup>ns</sup>	68,65 <sup>**</sup>	5,10 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	16,35	14,42	7,05	6,08	9,14	3,55	0,74
CV (%)		26,72	37,55	42,51	78,40	37,49	36,73	47,52
Média geral (cm)		15,13	10,11	6,24	3,14	8,06	5,13	1,81

GL – grau de liberdade; <sup>ns</sup> não significativo; <sup>\*\*</sup> significativo a nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); <sup>\*</sup> significativo a nível de 5% de probabilidade (0,01 ≤ p < 0,05) pelo teste F; CV= coeficiente de variância; Q = Quadrática; L = Regressão linear

Apresentam-se, na Tabela 12, os resumos das análises de variância da variável Carotenoide ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos dos 60 aos 330 DAP.

Verifica-se na Tabela 12, que o fator níveis de fósforo (P) não influenciou nenhum dos períodos de avaliação do segundo do ciclo pinhão-mansão para a variável carotenoide total, mas para os modelos matemáticos de regressão só ocorreu efeito significativo ( $p < 0,05$ ) no período de 105 DAP ajustando-se linearmente, enquanto para o fator lâminas de água (L) observa-se efeito significativo de ( $p < 0,05$ ) aos 105 e 195 DAP enquanto o modelo matemático que melhor se ajustou a este fator, foi o linear, aos 60, 105 e 150 dias da DAP, quando houve efeito significativo de ( $p < 0,05$ ).

Analisando a Tabela 12 observa, para interação fósforo dentro de lâmina, que houve efeito ( $p < 0,05$ ) para as interações (P dentro de L<sub>1</sub>) nos períodos 105, 150, 195 e 285, (P dentro de L<sub>2</sub>) aos 285 e (P dentro de L<sub>4</sub>) aos 150 DAP observando-se que o modelo que melhor se ajustou foi o linear, para a interação (P dentro de L<sub>3</sub>) no período 195 (DAP) e na interação (P dentro de L<sub>4</sub>) aos 330 DAP ocorreu efeito ( $p < 0,05$ ) ambas com o modelo quadrático.

Comparando as interações lâminas dentro de fósforo observou-se que houve efeito ( $p < 0,05$ ) para as seguintes interações (L dentro de P<sub>1</sub>) aos 195 e 285 DAP e (L dentro de P<sub>5</sub>) aos 105 da DAP com o modelo quadrático. Ainda na Tabela 12 verificou-se na interação (L dentro de P<sub>2</sub>) o efeito ( $p < 0,05$ ) aos 60 da DAP com o modelo linear.

**Tabela 12.** Análise de variância de Carotenoide ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)						
		Dias Após Poda (DAP)						
		60	105	150	195	240	285	330
Níveis de Fósforo (P)	4	0,12 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	5,86 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
Linear	1	0,0007 <sup>ns</sup>	4,38 <sup>*</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	0,37 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	4,30 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Desvio	2	0,05 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	8,88 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
Lâminas de água (L)	3	1,19 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>*</sup>	15,62 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>*</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
Linear	1	2,83 <sup>*</sup>	3,27 <sup>*</sup>	40,76 <sup>*</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	0,42 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	5,70 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
Desvio	1	0,32 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>**</sup>	2,60 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
P x L	12	0,30 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	12,14 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>**</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
P dentro L <sub>1</sub>	1	-	4,89 <sup>*</sup> (L)	3,78 <sup>*</sup> (L)	0,60 <sup>*</sup> (L)	-	0,76 <sup>*</sup> (L)	-
P dentro L <sub>2</sub>	1	-	-	-	-	-	0,77 <sup>*</sup> (L)	-
P dentro L <sub>3</sub>	1	-	-	-	0,80 <sup>*</sup> (Q)	-	-	-
P dentro L <sub>4</sub>	1	-	-	41,68 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	0,28 <sup>*</sup> (Q)
L dentro de P <sub>1</sub>	1	-	-	-	0,79 <sup>*</sup> (Q)	-	0,53 <sup>*</sup> (Q)	-
L dentro de P <sub>2</sub>	1	2,86 <sup>*</sup> (L)	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>3</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-
L dentro de P <sub>4</sub>	1	-	-	-	-	-	-	0,79 <sup>**</sup> (Q)
L dentro de P <sub>5</sub>	1	-	3,34 <sup>*</sup> (Q)	2,38 <sup>**</sup> (L)	-	-	-	-
Fatorial vs Testemunha	1	0,65 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	4,86 <sup>ns</sup>	7837,82 <sup>**</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>*</sup>	4213,74 <sup>**</sup>
Tratamentos	20	0,41 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	11,04 <sup>ns</sup>	392,08 <sup>**</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	210,78 <sup>**</sup>
Blocos	2	0,14 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	11,20 <sup>ns</sup>	6,20 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>*</sup>	1,04 <sup>**</sup>	1,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	0,42	0,67	7,05	5,88	0,93	0,12	0,82
CV (%)		35,77	38,20	42,51	77,77	49,51	30,43	37,50
Média geral (cm)		1,82	2,15	6,24	3,1	1,95	1,14	2,42

GL – grau de liberdade; <sup>ns</sup> não significativo; <sup>\*\*</sup> significativo a nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); <sup>\*</sup> significativo a nível de 5% de probabilidade (0,01 ≤ p < 0,05) pelo teste F; CV= coeficiente de variância; Q = Quadrática; L = Regressão linear

## 5.2-Variáveis de produção

A produção depende de vários fatores e seu potencial produtivo só é manifestado se todos os fatores estiverem otimizados, dentre os quais se citam o clima da região, a qualidade da semente, o sistema de produção, a fitossanidade, a fertilidade do solo, além de outros.

Na Tabela 13 se encontra o resumo das análises de variância referente ao número de sementes por planta (NSP), do número de cachos por planta (NCP), do peso seco dos frutos por planta (PSFP), do número de frutos por planta (NFP), à largura de frutos por planta (LFP), do comprimento de frutos por planta (CFP), do número de sementes por fruto (NSF), à largura de sementes por planta (LSP), do comprimento de sementes por planta, (CSP), do peso de 100 sementes (PS100) e do teor de óleo (TO) ao final dos 330 dias da poda (DAP).

De acordo com os resultados da ANOVA, Tabela 13 e com base nos resultados que fator níveis de fósforo (P) ocasionou o efeito significativo a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade para as variáveis número de sementes por planta (NSP), peso seco dos frutos por planta (PSFP), número de frutos por planta (NFP) e peso de 100 sementes (PS100), Rocha et al., (2010) constataram que o aumento do peso de sementes mostrou variabilidade genética significativa entre as plantas do pinhão-mansão; esses resultados corroboram os encontrados nesta pesquisa. Nery et al. (2013) encontraram, na sua pesquisa, resultados sobre a fitomassa de sementes a nível de ( $p < 0,01$ ).

Observam-se na Tabela 13, os resultados influenciados pelo fator lâminas de água residuária (L) a nível de ( $p < 0,05$ ) de probabilidade foi o número de cachos por planta (NCP) e a nível ( $p < 0,01$ ) número de sementes por planta (NSP), peso seco dos frutos por planta (PSFP), número de frutos por planta (NFP), largura de frutos por planta (LFP), largura de sementes por planta (LSP), comprimento de sementes por planta, (CSP) e peso de 100 sementes (PS100). Fernandes (2010) observou que o número de frutos por planta (NFP) não diferenciou significativamente entre fontes de adubação no primeiro ano, já no segundo ciclo de produção do pinhão-mansão, esta variável foi influenciada pelas fontes de adubação. Sousa et al. (2012), encontraram, em sua pesquisa, efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para peso de frutos quando utilizaram lâminas de reposição hídrica, cujo resultado corrobora com os encontrados nesta pesquisa.

Observa-se ainda na Tabela 13 que o modelo linear foi o que melhor se ajustou a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade para número de sementes por planta (NSP) e número de frutos por planta (NFP) quando testada a regressão no fator níveis de fósforo, já para peso seco dos frutos por planta (PSFP) e peso de 100 sementes (PS100) quando submetido aos níveis de fósforo observou-se efeito a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade, sendo o melhor modelo o quadrático. Nery et al. (2013), encontraram em sua pesquisa, resultados do peso médio do fruto e peso médio da semente que também foram significativamente afetados pelos tratamentos ( $P < 0,01$ ) esses resultados corroboram com os encontrados nesta pesquisa.

Considerando o contraste lâmina de água dentro de fósforo, constata-se que todas as médias variáveis de produção estudadas ajustaram-se ao modelo linear, exceto as variáveis número de frutos por planta (NFP) e teor de óleo (TO), como também ocorreu efeito significativo a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade para todas as variáveis com exceção para o comprimento de fruto por planta (CFP) que foi ( $p < 0,05$ ).

Quando ao desdobramento fósforo dentro do fator lâmina, verificou-se que o modelo linear se ajustou a nível ( $p < 0,05$ ) nas seguintes variáveis, número de sementes por frutos (NSF) na interação (P dentro de  $L_1$ ), número de sementes por planta (NSP), número de frutos por plantas (NFP) para (P dentro de  $L_3$ ) e teor de óleo (TO) para (P dentro de  $L_1$  e  $L_4$ ). Também foi constatado na Tabela 13, o modelo quadrático foi o que se ajustou a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade para as variáveis, peso de 100 sementes (PS 100) dentro da interação (L dentro de  $P_1$ ). Já analisando (L dentro de  $P_2$ ) as variáveis número de semente por planta (NSP), número de frutos por planta (NFP) e peso de 100 sementes (PS 100) tiveram efeito significativo a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade.

Para as interações lâminas dentro de fósforo observa-se na Tabela 13, que o modelo linear ajustado a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade ocorreu para as interações (L dentro de  $P_1$ ) na variável largura de frutos por planta (LFP), (L dentro de  $P_2$ ) comprimento de sementes por planta (CSP), (L dentro de  $P_3$ ) peso seco dos frutos por planta (PSFP) e (L dentro  $P_4$ ) peso de 100 sementes (PS100). Analisando-se as interações lâminas dentro de fósforo, observa-se que houve efeito a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade (L dentro de  $P_1$ ) para número comprimento fruto por planta (CFP), número de sementes por fruto (NSF) e largura de sementes por planta (LSP).

Para a interação (L dentro de  $P_2$ ) peso seco dos frutos por planta (PSFP), (L dentro de  $P_3$ ) número de sementes por planta (NSP), número de cachos por planta (NCP), número de

fruto por planta (NFP) e peso de 100 sementes (PS100) e modelo ajustado foi quadrático. Ainda na Tabela 13, o modelo quadrático para a variável teor de óleo (TO) (L dentro de P<sub>2</sub>) onde a mesma apresentou uma significância a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade. Nery et al. (2013) também encontrou resultados sobre o teor de óleo das sementes semelhante aos achados neste pesquisa. Teixeira (1987), constatou ao avaliar o teor e a composição do óleo de sementes de *Jatropha spp.*, que o teor de óleo das sementes avaliadas variou de 23 a 34%, justificando tais diferença sem função da localidade, tratos culturais e variedades. De acordo com Peixoto (1973), as sementes do pinhão-manso têm peso médio de 0,72g por planta, bem inferior ao obtido nesta pesquisa. Do peso total dos frutos, 66,77% são sementes e 33,23% correspondem às cascas. Os resultados deste estudo corroboram com os encontrados por Peixoto (1973), uma vez que pelas médias observadas, para as sementes e as cascas representaram, respectivamente, cerca de 68% e 32% do peso total dos frutos.

**Tabela 13.** Número de sementes por planta (NSP), número de cachos por planta (NCP), peso seco dos frutos por planta (PSFP), número de frutos por planta (NFP), largura de fruto por planta (LFP), comprimento de fruto por planta (CFP), número de sementes por fruto (NSF) largura de sementes por planta (LSP), comprimento de sementes por planta, (CSP), peso de 100 sementes (PS100) e teor de óleo (TO) ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)										
		Variáveis de Produção										
		NSP <sup>(3)</sup>	NCP <sup>(3)</sup>	PSFP <sup>(1)</sup>	NFP <sup>(3)</sup>	LFP	CFP	NSF	LSP	CSP	PS100 <sup>(2)</sup>	TO
Níveis de Fósforo (P)	4	37,81*	0,41 <sup>ns</sup>	158,80*	12,51*	1,73 <sup>ns</sup>	3,26 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	19184567,9*	7,88 <sup>ns</sup>
Linear	1	100,28**	0,47 <sup>ns</sup>	259,33*	31,50**	0,0004 <sup>ns</sup>	5,94 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	29494001,8*	13,26 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	36,36 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	222,29*	13,04 <sup>ns</sup>	2,15 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	45973909,4*	7,54 <sup>ns</sup>
Desvio	2	7,34 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	76,80 <sup>ns</sup>	2,76 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,75*	0,74 <sup>ns</sup>	635180,2 <sup>ns</sup>	5,35 <sup>ns</sup>
Lâminas de água (L)	3	61,24**	0,97*	500,53**	22,96**	13,80**	4,21 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,81**	3,21**	47358804,9**	11,71 <sup>ns</sup>
Linear	1	174,63**	2,87**	1433,57**	65,40**	31,15**	10,99*	0,02 <sup>ns</sup>	2,22**	3,84**	60198674,5**	1,34 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	9,08 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	44,16 <sup>ns</sup>	3,45 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	14126423,3 <sup>ns</sup>	7,31 <sup>ns</sup>
Desvio	1	0,02 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	23,85 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	10,12*	1,57 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	5,39**	67751317,0**	26,49*
P x L	12	10,88 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	45,62 <sup>ns</sup>	3,94 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	2,18 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	11549070,4 <sup>ns</sup>	8,58 <sup>ns</sup>
P dentro L <sub>1</sub>	1	-	-	-	-	-	-	0,67*(L)	-	-	45988966,1*(Q)	30,20*(L)
P dentro L <sub>2</sub>	1	48,02*(Q)	-	-	16,85*(Q)	-	-	-	-	-	43510013,6*(Q)	-
P dentro L <sub>3</sub>	1	78,02*(L)	-	233,45*(Q)	27,22*(L)	-	-	-	-	-	-	-
P dentro L <sub>4</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,80*(L)
L dentro de P <sub>1</sub>	1	-	-	-	-	13,88**(L)	10,29*(L)	5,52*(L)	1,22*(L)	-	-	-
L dentro de P <sub>2</sub>	1	-	-	348,48*(L)	-	-	-	-	-	3,63**(L)	-	45,63**(Q)
L dentro de P <sub>3</sub>	1	61,83*(L)	1,39*(L)	485,52*(L)	26,42*(L)	-	-	-	-	-	43768422,8*(L)	-
L dentro de P <sub>4</sub>	1	63,05*(L)	-	360,89*(L)	25,28*(L)	7,99*(L)	-	-	1,03*(L)	-	66684306,5*(L)	-
L dentro de P <sub>5</sub>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22776209,1*(Q)	-
Fat. vs. Testemunha	1	137,44*	3,88**	594,92**	46,83**	0,62 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	0,73*	0,02 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	91806475,3**	4,48 <sup>ns</sup>
Tratamentos	20	30,15**	0,60*	163,96**	10,65**	3,36*	2,66 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,33*	1,05*	22460500,3**	8,70 <sup>ns</sup>
Blocos	2	55,77*	1,19*	315,92**	18,34*	3,10 <sup>ns</sup>	7,62*	0,28 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	1,61*	14594107,8 <sup>ns</sup>	31,45**
Resíduo	40	11,09	0,27	55,82	3,81	1,48	2,29	0,10	0,16	0,46	695999,5	5,68
CV (%)		28,67	20,01	33,22	27,28	6,34	5,87	11,97	3,86	4,03	28,33	8,93
Média geral (cm)		11,84	2,69	22,95	7,29	19,57	26,19	2,60	10,77	16,84	9410,46	27,31

L – grau de liberdade; <sup>ns</sup> não significativo; \*\* significativo a nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); \* significativo a nível de 5% de probabilidade (0,01 ≤ p < 0,05) pelo teste F; CV= coeficiente de variância; Q =

Quadrática; L = Regressão linear; <sup>(1), (2), (3)</sup> Dados transformados em  $\frac{(Y + 0,5)^{0,53} - 1}{0,53}$ ;  $\frac{(Y + 0,5)^{2,5} - 1}{2,5}$ ;  $\sqrt{x}$ , respectivamente.

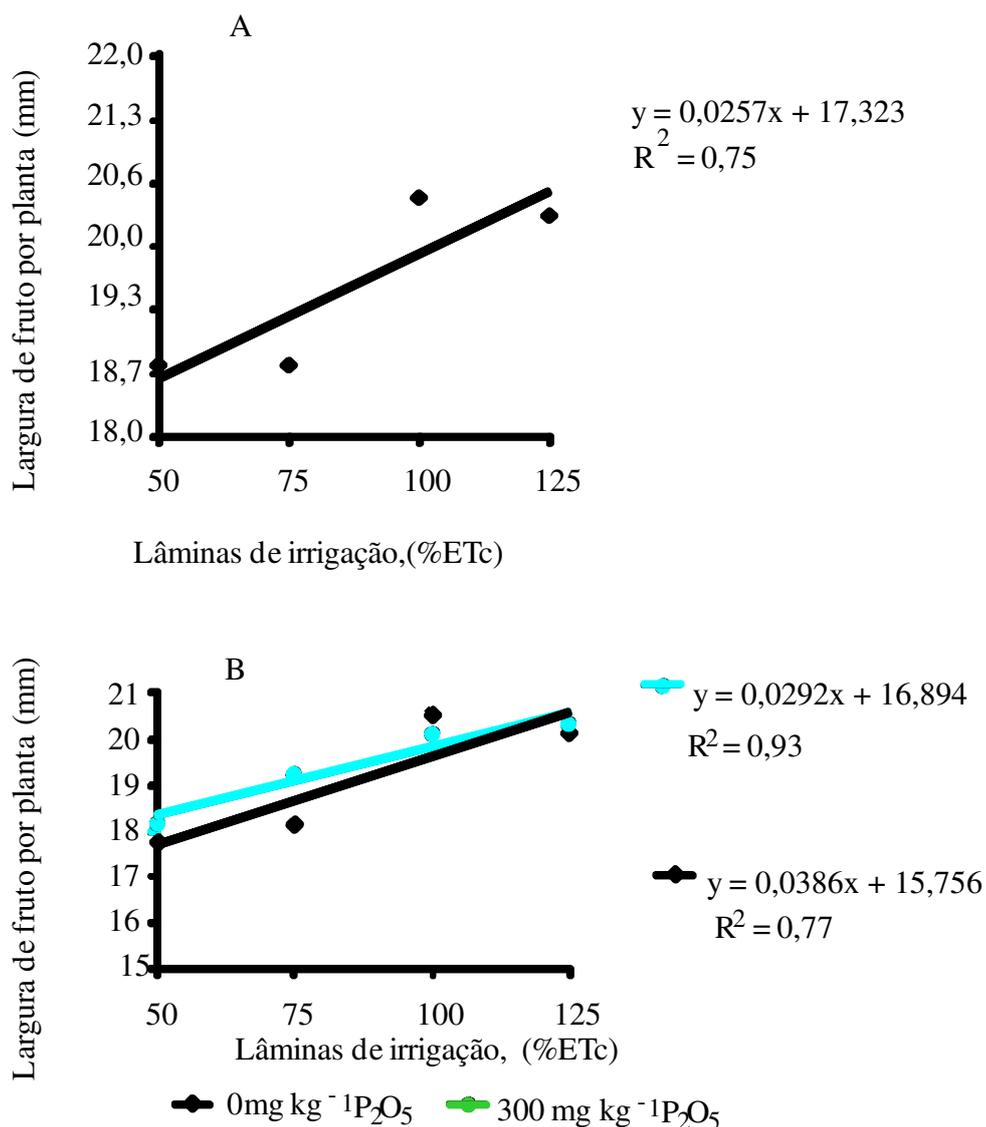
Analisando o contraste das testemunhas *versus* tratamentos, percebe-se que houve efeito significativo a nível ( $p < 0,01$ ) de probabilidade para as variáveis número de cachos por planta (NCP), peso seco dos frutos por planta (PSFP) nos tratamentos testemunha *versus* T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>15</sub>, T<sub>16</sub>, T<sub>19</sub> e T<sub>20</sub>. Para o número de frutos por planta (NFP) só houve efeito significativo no contraste da testemunha *versus* T<sub>17</sub>. Já para variável peso de 100 sementes (PS100) o efeito ocorreu nos tratamentos testemunhas *versus* T<sub>6</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>13</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>17</sub> e T<sub>20</sub> (Tabela 14).

Analisando a Tabela 14 dos contrastes ao final do ciclo da planta do pinhão-manso, observou-se efeito significativo a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade para as variáveis número de sementes por planta (NSP), número de cachos por planta (NCP), peso seco dos frutos por planta (PSFP) e número de sementes por fruto (NSF) quando o contraste ocorreu nos tratamentos testemunha *versus* T<sub>4</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>17</sub> e T<sub>18</sub>. Através dos resultados das análises da Tabela 14 o contraste foi significativo a nível ( $p < 0,05$ ) de probabilidade para o número de frutos por planta (NFP) nos tratamentos testemunha *versus* T<sub>4</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>13</sub>, T<sub>15</sub> e T<sub>20</sub>; já para o peso de 100 sementes (PS100), nos tratamentos testemunha *versus* T<sub>2</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>16</sub> e T<sub>18</sub>.

**Tabela 14.** Análises dos contrastes para as variáveis: número de semente por planta (NSP), número de cachos por planta (NCP), peso seco dos frutos por planta (PSFP), número de frutos por planta (NFP), largura de frutos por planta (LFP), comprimento de frutos por planta (CFP), número de sementes por fruto (NSF) largura de sementes por planta (LSP), comprimento de sementes por planta, (CSP), peso de 100 sementes (PS100) e teor de óleo, (TO)

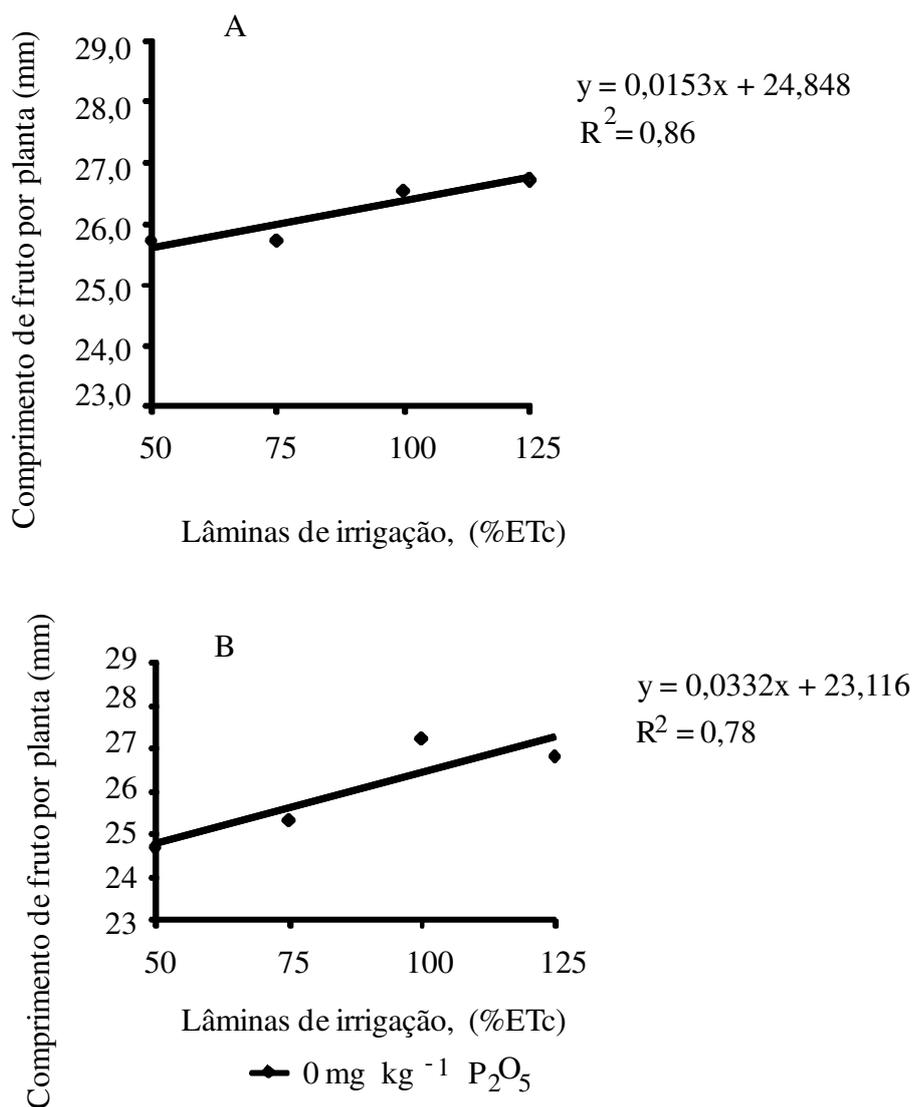
Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)										
		Variáveis de produção										
		NSP	NCP	PSFP	NFP	LFP	CFP	NSF	LSP	CSP	PS 100	TO
Testemunha vs T <sub>1</sub>	1	11,07 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	42,18 <sup>ns</sup>	4,66 <sup>ns</sup>	-	-	0,01 <sup>ns</sup>	-	-	3771666,7 <sup>ns</sup>	-
Testemunha vs T <sub>2</sub>	1	10,64 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	37,10 <sup>ns</sup>	3,92 <sup>ns</sup>	-	-	0,08 <sup>ns</sup>	-	-	37201944,6 <sup>*</sup>	-
Testemunha vs T <sub>3</sub>	1	6,12 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	33,65 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	-	-	0,13 <sup>ns</sup>	-	-	20549728,6 <sup>ns</sup>	-
Testemunha vs T <sub>4</sub>	1	91,96 <sup>*</sup>	3,25 <sup>**</sup>	429,59 <sup>*</sup>	28,64 <sup>*</sup>	-	-	0,73 <sup>*</sup>	-	-	22026565,9 <sup>ns</sup>	-
Testemunha vs T <sub>5</sub>	1	39,78 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>**</sup>	161,82 <sup>ns</sup>	14,47 <sup>ns</sup>	-	-	0,28 <sup>ns</sup>	-	-	41436779,7 <sup>*</sup>	-
Testemunha vs T <sub>6</sub>	1	53,04 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>*</sup>	185,59 <sup>ns</sup>	18,02 <sup>ns</sup>	-	-	0,32 <sup>ns</sup>	-	-	125799782,8 <sup>**</sup>	-
Testemunha vs T <sub>7</sub>	1	145,14 <sup>**</sup>	3,90 <sup>**</sup>	852,04 <sup>**</sup>	49,19 <sup>**</sup>	-	-	0,54 <sup>*</sup>	-	-	16251254,6 <sup>ns</sup>	-
Testemunha vs T <sub>8</sub>	1	107,95 <sup>**</sup>	2,96 <sup>**</sup>	740,37 <sup>**</sup>	38,91 <sup>**</sup>	-	-	0,37 <sup>ns</sup>	-	-	53177734,2 <sup>*</sup>	-
Testemunha vs T <sub>9</sub>	1	9,67 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	26,12 <sup>ns</sup>	2,17 <sup>ns</sup>	-	-	0,80 <sup>*</sup>	-	-	136876626,2 <sup>**</sup>	-
Testemunha vs T <sub>10</sub>	1	122,67 <sup>**</sup>	3,69 <sup>**</sup>	409,53 <sup>*</sup>	43,63 <sup>**</sup>	-	-	0,37 <sup>ns</sup>	-	-	107179728,9 <sup>**</sup>	-
Testemunha vs T <sub>11</sub>	1	122,76 <sup>**</sup>	2,49 <sup>**</sup>	583,12 <sup>**</sup>	39,88 <sup>**</sup>	-	-	0,66 <sup>*</sup>	-	-	14786008,9 <sup>ns</sup>	-
Testemunha vs T <sub>12</sub>	1	129,92 <sup>**</sup>	3,87 <sup>**</sup>	730,84 <sup>**</sup>	48,84 <sup>**</sup>	-	-	0,28 <sup>ns</sup>	-	-	47540508,3 <sup>*</sup>	-
Testemunha vs T <sub>13</sub>	1	18,72 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	40,04 <sup>ns</sup>	5,22 <sup>ns</sup>	-	-	0,60 <sup>*</sup>	-	-	159091536,9 <sup>**</sup>	-
Testemunha vs T <sub>14</sub>	1	115,19 <sup>**</sup>	2,69 <sup>**</sup>	397,06 <sup>*</sup>	39,57 <sup>**</sup>	-	-	0,42 <sup>ns</sup>	-	-	92302073,9 <sup>**</sup>	-
Testemunha vs T <sub>15</sub>	1	131,32 <sup>**</sup>	3,22 <sup>**</sup>	722,48 <sup>**</sup>	43,74 <sup>**</sup>	-	-	0,54 <sup>*</sup>	-	-	12937073,8 <sup>ns</sup>	-
Testemunha vs T <sub>16</sub>	1	155,14 <sup>**</sup>	3,12 <sup>**</sup>	577,02 <sup>**</sup>	55,93 <sup>**</sup>	-	-	0,37 <sup>ns</sup>	-	-	36106982,6 <sup>*</sup>	-
Testemunha vs T <sub>17</sub>	1	82,06 <sup>*</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	196,65 <sup>ns</sup>	24,60 <sup>*</sup>	-	-	0,84 <sup>**</sup>	-	-	106324813,9 <sup>**</sup>	-
Testemunha vs T <sub>18</sub>	1	58,59 <sup>*</sup>	1,59 <sup>*</sup>	230,26 <sup>ns</sup>	19,91 <sup>*</sup>	-	-	0,13 <sup>ns</sup>	-	-	35273856,6 <sup>*</sup>	-
Testemunha vs T <sub>19</sub>	1	159,85 <sup>**</sup>	3,74 <sup>**</sup>	684,80 <sup>**</sup>	56,48 <sup>**</sup>	-	-	0,42 <sup>ns</sup>	-	-	18156692,2 <sup>ns</sup>	-
Testemunha vs T <sub>20</sub>	1	104,33 <sup>**</sup>	2,22 <sup>**</sup>	508,57 <sup>**</sup>	34,84 <sup>**</sup>	-	-	0,54 <sup>*</sup>	-	-	55878396,9 <sup>**</sup>	-

GL – grau de liberdade; <sup>ns</sup> não significativo; <sup>\*\*</sup> significativo a nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); <sup>\*</sup> significativo a nível de 5% de probabilidade (0,01 ≤ p < 0,05) pelo teste F



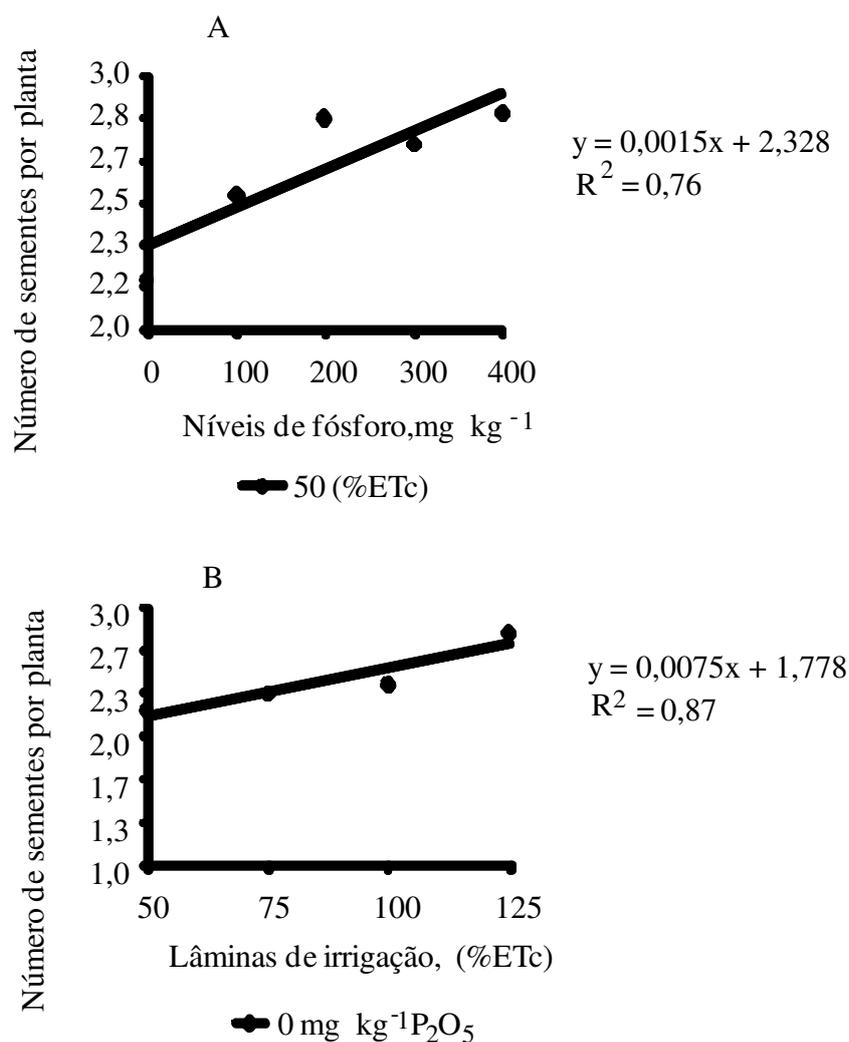
**Figura 15.** Largura de frutos por planta em função das lâminas de irrigação (A) e do desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (B)

Analisando o efeito isolado das lâminas de irrigação Figura 15 (A), verifica-se que a largura do fruto por planta aumentou na taxa de 0,0257 mm por unidade percentual da ETc. Observando o efeito de desdobramento lâmina de irrigação dentro das doses de fósforo constata-se, na ausência de fósforo e com a aplicação de 300 mg kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, um aumento na largura dos frutos por planta em função das lâminas de irrigação Figura 15 (B).



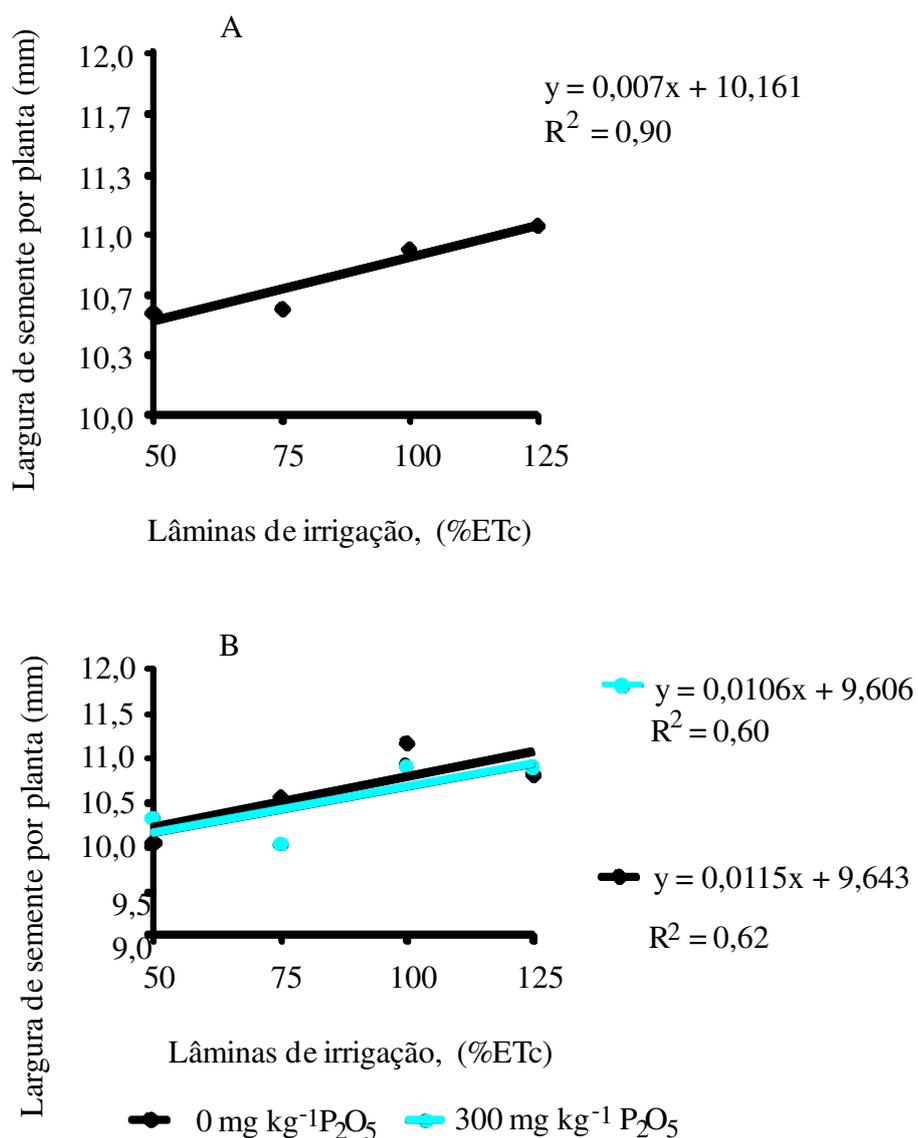
**Figura 16.** Comprimento de fruto por planta em função das lâminas de irrigação (A) e do desdobramento lâminas de irrigação, dentro dos níveis de fósforo (B)

Na Figura 16 (A) o comprimento de fruto por planta foi influenciado pela lâmina de irrigação apresentando crescimento linear de 0,0153 mm por unidade percentual da ETC; na Figura 16 (B) o efeito da interação da lâmina de irrigação dentro dos níveis de fósforo foi significativo apenas para o nível  $0 \text{ mg kg}^{-1}$  de fósforo apresentando um crescimento de 0,0332mm por unidade percentual da lâmina de irrigação.



**Figura 17.** Número de sementes por planta em função do desdobramento níveis de fósforo dentro da lâmina de irrigação (A) e lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (B)

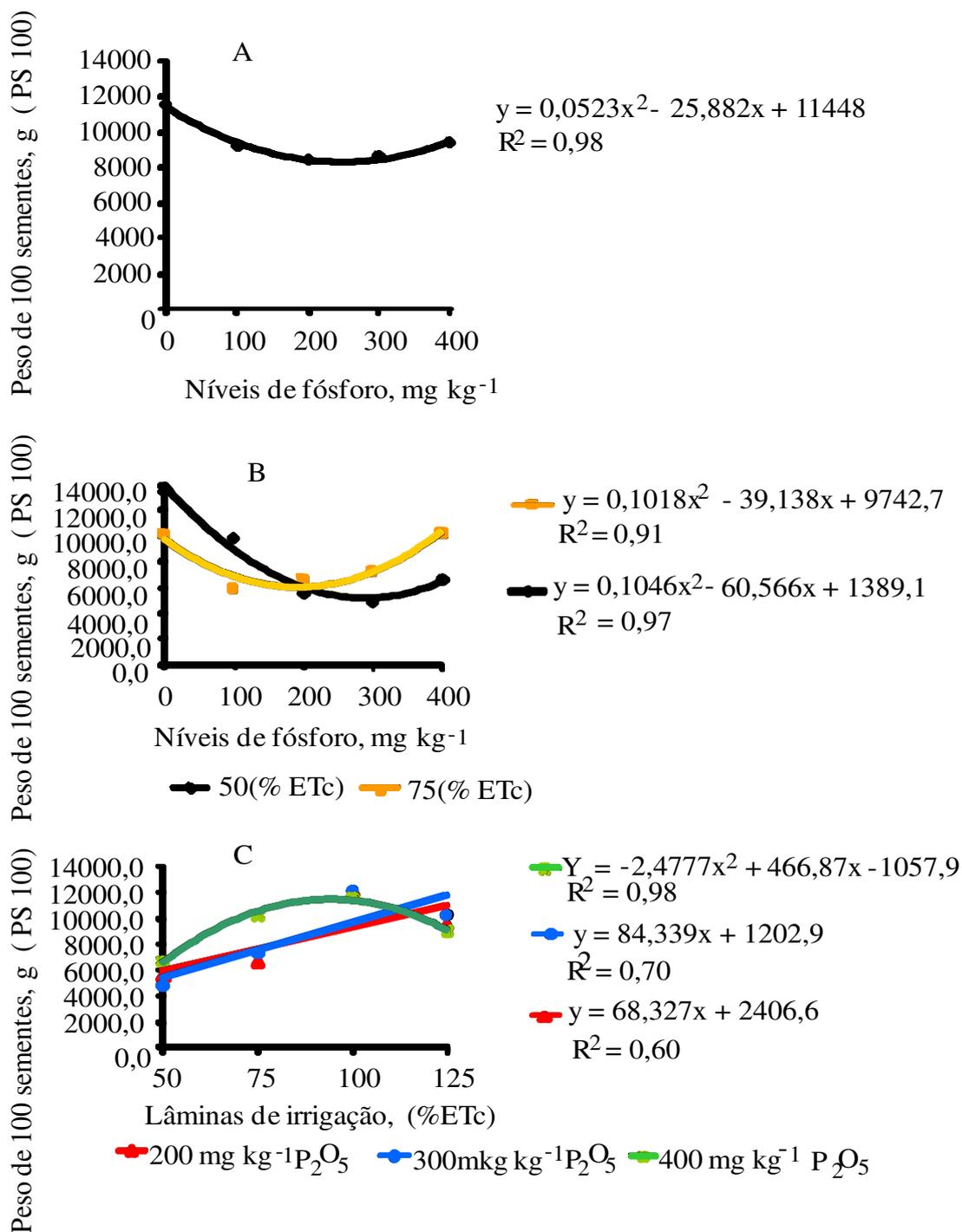
O número de sementes por fruto Figura 17 (A) foi influenciado pela interação dos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação observando-se, portanto, aumento linear de 0,0015mm por  $\text{mg kg}^{-1}$  de fósforo aplicado para a lâmina de 50% da ETc; já a interação das lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo Figura 17 (B), revela que na ausência da adubação fosfatada o número de sementes por planta aumentou significativamente numa taxa de 0,0075 por unidade percentual da ETc. Nery et al. (2013) encontraram, na sua pesquisa efeito quadrático da CEa sobre as fitomassas sementes e frutos, a nível de ( $P < 0,01$ ) de probabilidade



**Figura 18.** Largura de sementes por planta em função das lâminas de irrigação (A) e do desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (B)

Na Figura 18 A largura de sementes por fruto foi influenciada pela lâmina de irrigação apresentando crescimento linear de 0,007 mm por unidade percentual da ETc.

Quanto ao desdobramento lâminas de irrigação dentro de fósforo Figura 18 B, verifica-se efeito significativo das lâminas de irrigação para largura de sementes cujas médias aumentaram na taxa de 0,0115 mm e 0,0106 mm por unidade percentual da ETc na ausência e na aplicação de 300 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

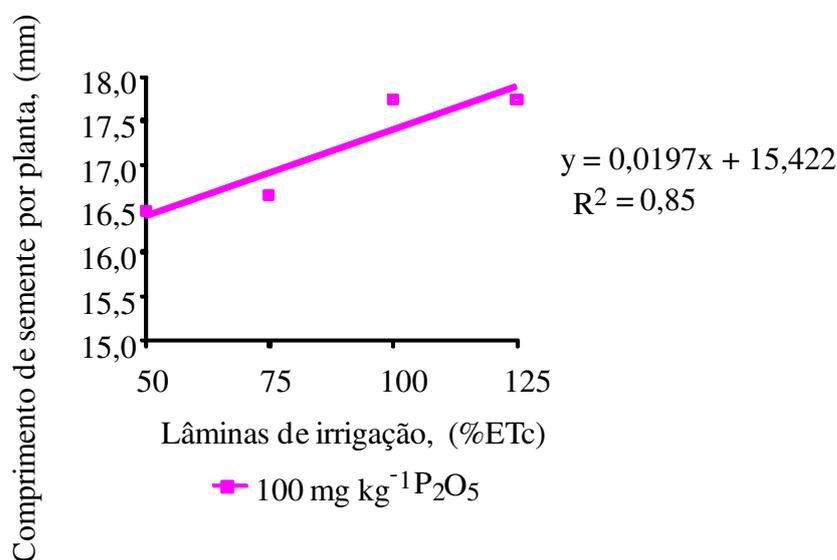


**Figura 19.** Peso de 100 sementes em função dos diferentes níveis de fósforo (A) e dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (B) e lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo

Analisando o efeito isolado dos níveis de fósforo, verifica-se que o peso de 100 sementes em função dos diferentes níveis de fósforo Figura 19 (A), se ajustou ao modelo

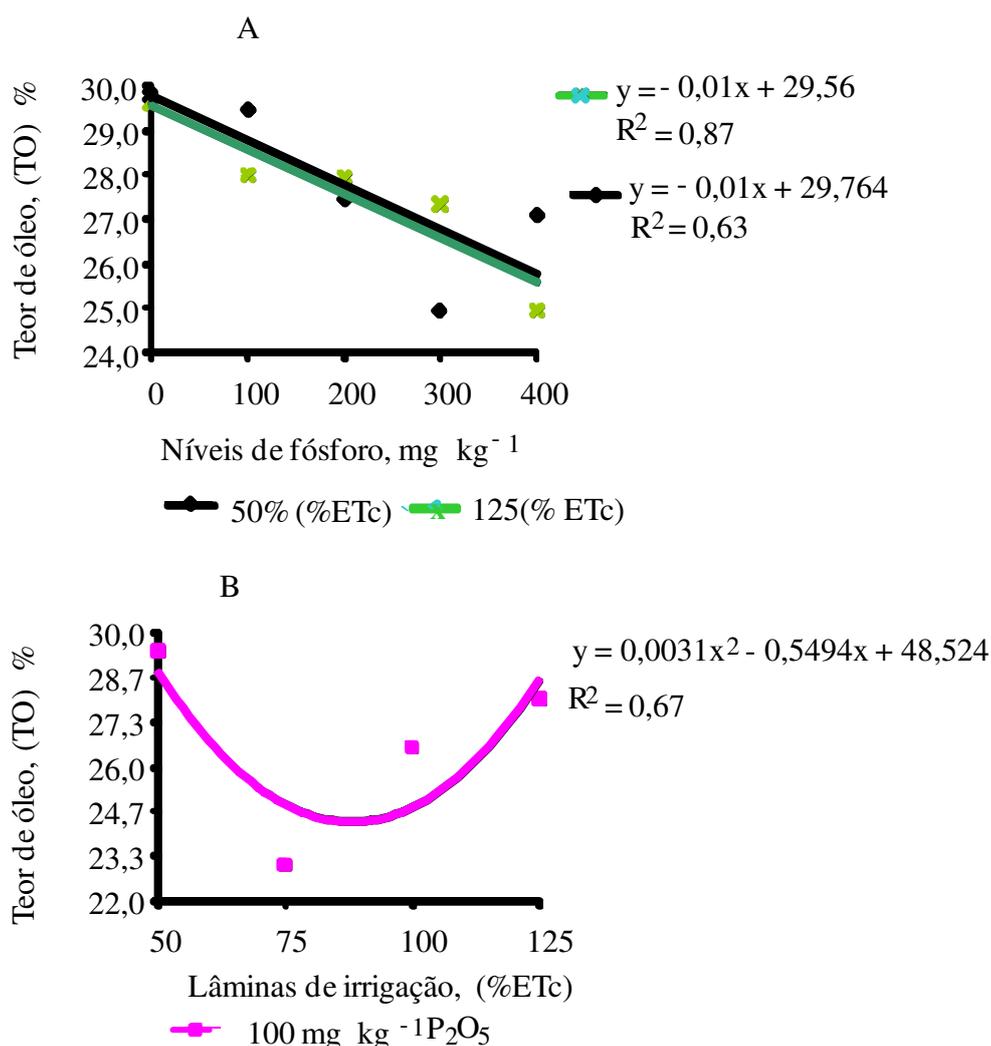
quadrático, cujo menor peso de 100 sementes foi de 8245,91 g, correspondente a aplicação de 247,43 mg kg<sup>-1</sup>.

Observa-se com a aplicação das lâminas 50% e 75% da ETc, que os dados do peso de 100 sementes do pinhão-manso ajustaram-se a regressões polinomiais de segunda ordem em função da aplicação das doses de fósforo Figura 19 (B). Quanto ao desdobramento das doses de fósforo dentro das lâminas de irrigação Figura 19 (C), constata-se com a aplicação de 200 e 300 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aumento linear do peso de 100 sementes em função das lâminas de irrigação; com a aplicação de 400 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a resposta foi quadrática, cujo maior peso foi equivalente a 11420,15 g e uma lâmina de 94,22% da ETc.



**Figura 20.** Comprimento de semente por planta em função do desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo.

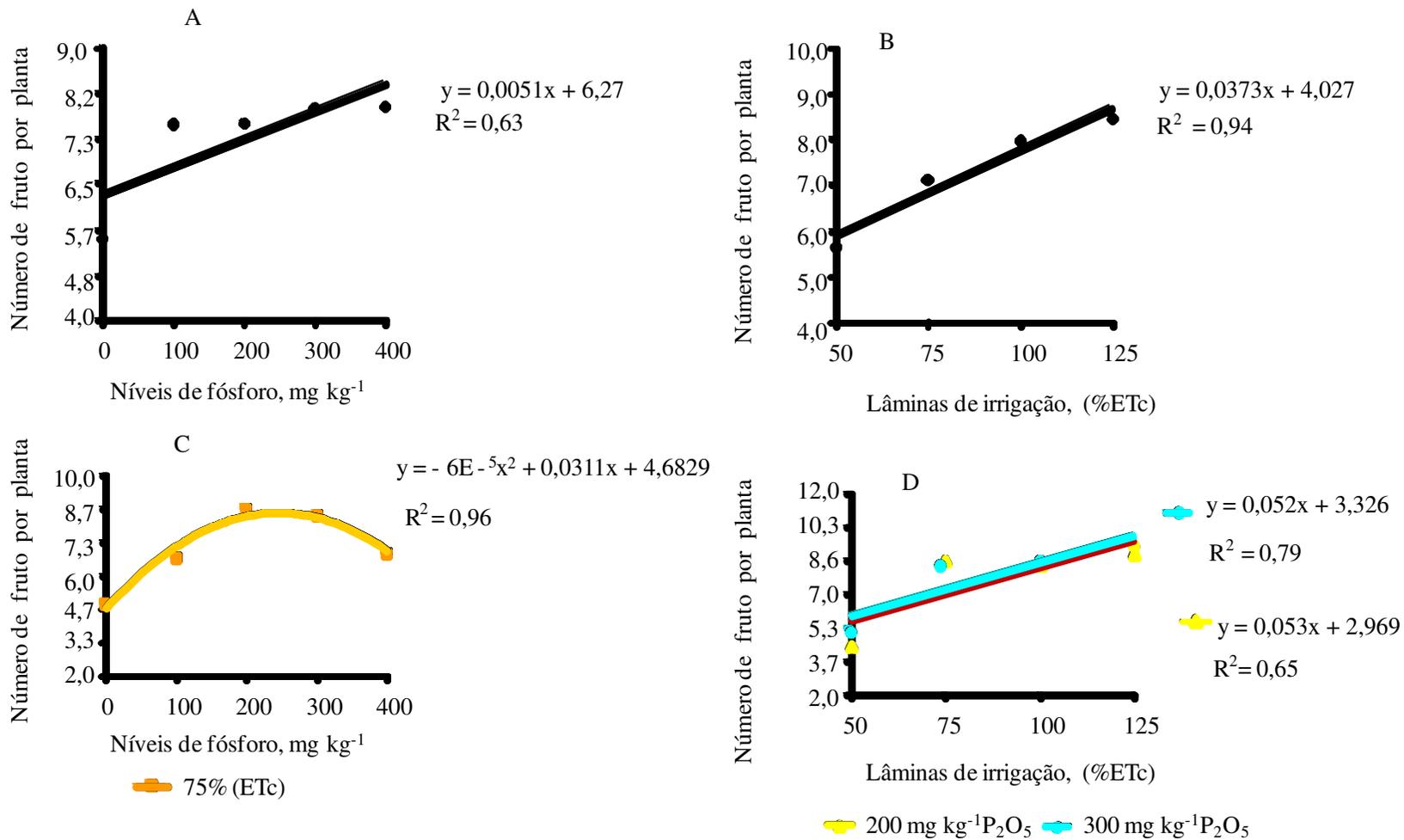
Na Figura 20 o efeito da interação da lâmina de irrigação dentro dos níveis de fósforo foi influenciado pela lâmina de irrigação apresentando crescimento linear para o nível 100 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo e um crescimento de 0,0197 mm por ponto percentual da lâmina de irrigação.



**Figura 21.** Teor de óleo em função dos desdobramentos níveis de fósforo dentro de lâmina de irrigação (A) e lâminas de irrigação dentro de níveis de fósforo (B)

Diferente da maioria das variáveis analisadas nesta pesquisa observa-se, na Figura 21 (A), que o teor de óleo nas sementes (%) em função do desdobramento lâmina de irrigação dentro dos níveis de fósforo, decresceu linearmente em função da aplicação dos níveis de fósforo nas lâminas 50% e 125% da ETc.

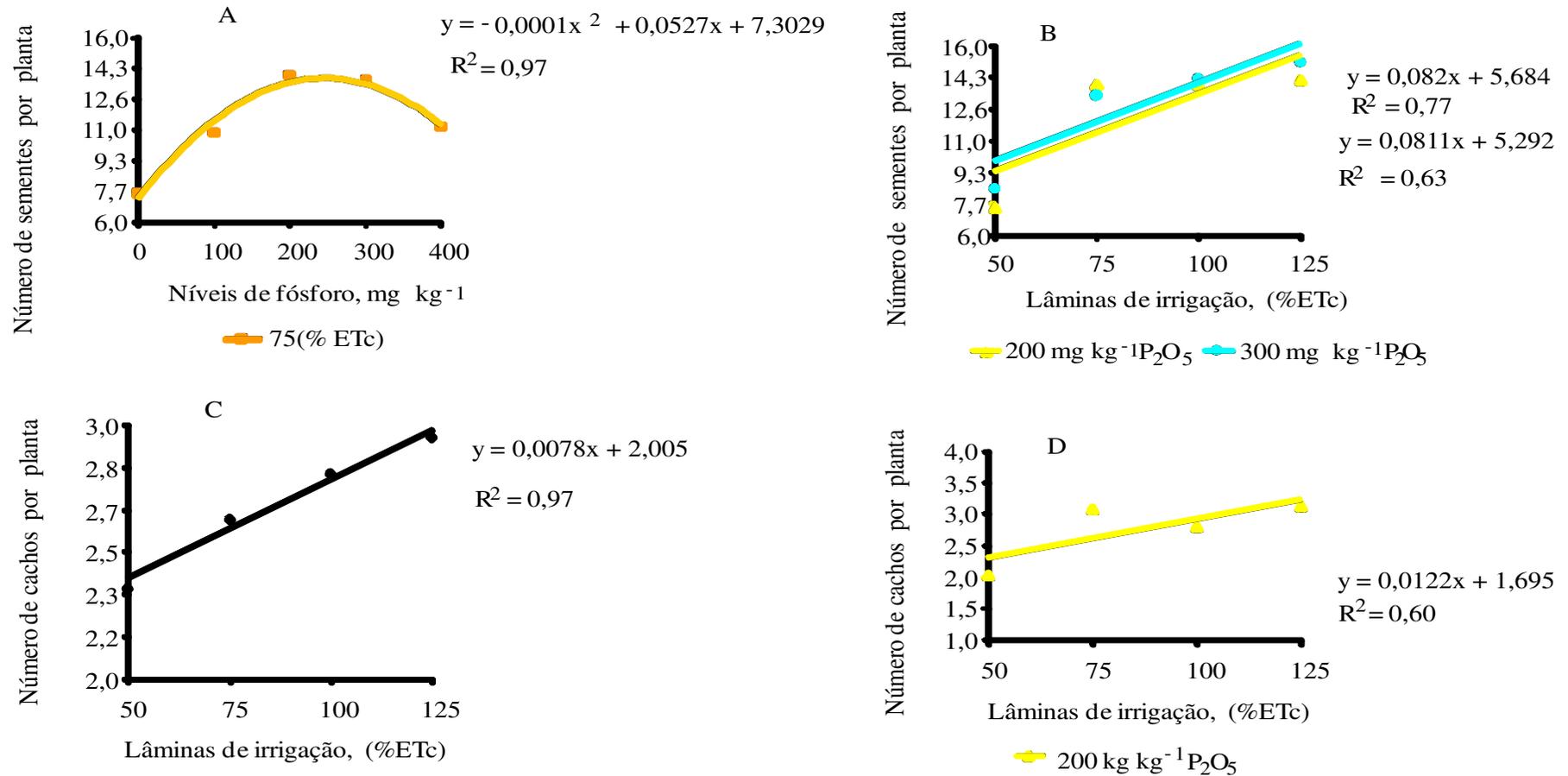
Quanto ao desdobramento níveis de fósforo dentro de lâminas de irrigação Figura 21 (B) verifica-se que o menor teor de óleo correspondeu a 24,18% com a aplicação da lâmina de 88,61% ETc. Soares et al. (2009) verificaram variação em relação ao teor de óleo nas sementes de pinhão-mansão sendo o menor valor obtido de 24,39%.



**Figura 22.** Número de frutos por planta em função dos níveis de fósforo (A), lâminas de irrigação (B) e dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (C) e lâminas de irrigação, dentro dos níveis de fósforo (D)

Analisando o efeito isolado dos níveis de fósforo Figura 22 (A) e lâminas de irrigação Figura 22 (B) sobre o número de frutos por planta, constata-se aumento linear na taxa de 0,0051 e 0,0373 por  $\text{mg kg}^{-1}$  de fósforo e de % ETc aplicado no solo, respectivamente.

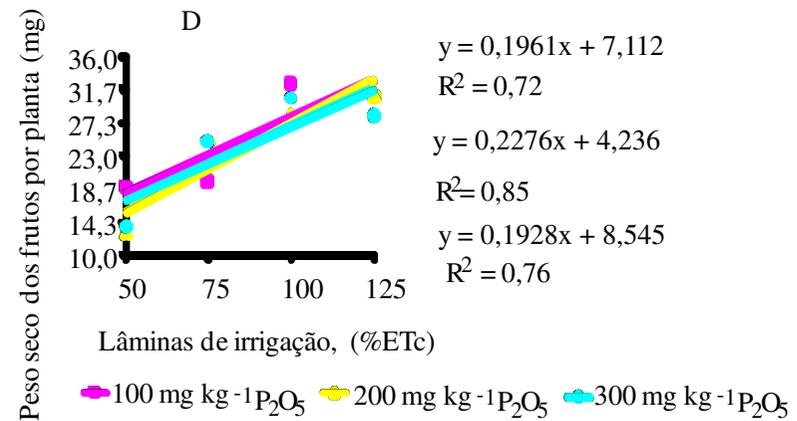
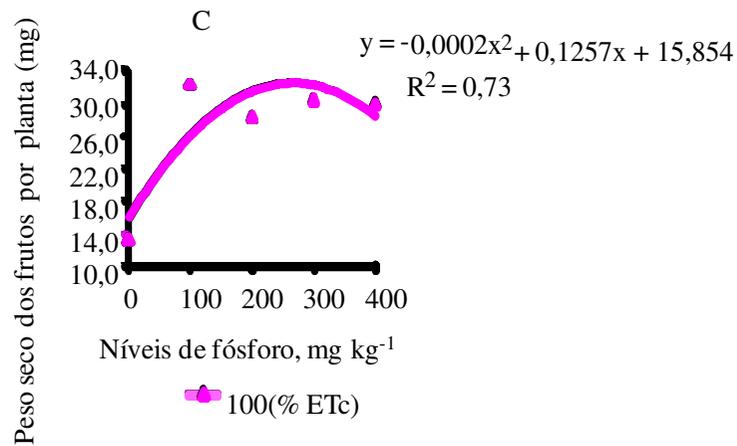
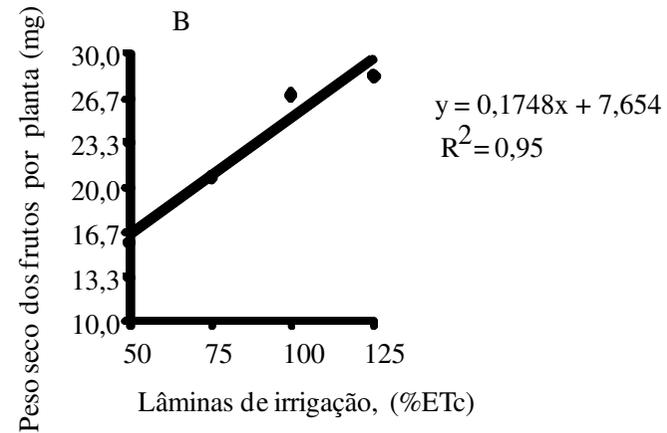
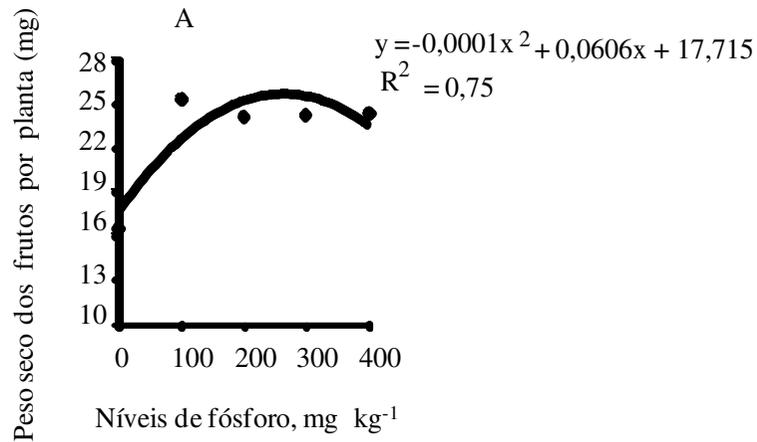
No desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo Figura 22 (C) os dados de número de frutos se ajustaram a regressão polinomial quadrática cujo maior valor foi estimado em 9,0 com a aplicação de 259,16  $\text{mg kg}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na lâmina 75% da ETc. Quando se observou os níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação Figura 22 (D) verificou-se aumento linear no número de frutos de pinhão-manso numa taxa de 0,053 e 0,052 por % ETc aplicado com os níveis de 200 e 300  $\text{mg kg}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , respectivamente



**Figura 23.** Número de sementes por planta em função dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (A) e lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (B). Número de cachos por planta em função das lâminas de irrigação (C) e do desdobramento lâminas de irrigação, dentro dos níveis de irrigação (D).

Desdobrando as lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo percebe-se que o maior número de sementes por planta correspondeu a 14,24 com a aplicação de 263,5 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na lâmina 75% da ETc Figura 23 (A).

Observa-se, na Figura 23 (B), que as lâminas de irrigação influenciaram linearmente no número de sementes por planta com um acréscimo de 0,082 e 0,0811 por ponto percentual da ETc para o nível de 200 mg kg<sup>-1</sup> e 300 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Para a Figura 23 (C), verificou-se que o número de sementes por planta foi influenciado pela lâmina de irrigação apresentando um crescimento linear de 0,0078 por ponto percentual da ETc. Quando se observou a interação níveis de fósforo dentro de lâminas de irrigação Figura 23 (D), verificou-se que a mesma influenciou linearmente no número de sementes por planta com um aumento de 0,0122 por ponto percentual da ETc para o nível de 200 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo.



**Figura 24.** Peso seco dos frutos por planta em função dos níveis de fósforo (A), lâminas de irrigação (B) e dos desdobramentos níveis de fósforo dentro das lâminas de irrigação (C) e lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo (D).

Analisando a Figura 24 (A), observa-se que os níveis de fósforo influenciaram no peso seco dos frutos, os dados se ajustaram ao modelo de regressão quadrático cuja maior média observada foi de 26,89 mg quando aplicado 303 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

De acordo com a Figura 24 (B) que as lâminas de irrigação influenciaram linearmente no peso seco dos frutos por planta com acréscimo de 0,1748 por ponto percentual da ETc. Esses resultados corroboram com os alcançados por Silva et al. (2009) que estudaram o efeito de níveis de reposição da evapotranspiração com água residuária na produção de frutos de pinhão-mansão.

Quanto ao desdobramento lâminas de irrigação dentro dos níveis de fósforo Figura 24 (C) verifica-se que os dados de peso seco do fruto por planta ajustaram-se a regressão quadrática cujo maior valor observado foi de 35,6 mg com a aplicação de 314,25 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com 100% da ETc. No desdobramento níveis de fósforo dentro de lâminas de irrigação Figura 24 (D), verificou-se que o peso seco do fruto por planta aumentou linearmente em função das lâminas de irrigação com a aplicação de 100, 200 e 300 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para Souza et al. (2009), os níveis de fósforo não influenciaram o peso dos frutos nos resultados obtidos em sua pesquisa.

### **5.3-Composição mineral da torta do pinhão-mansão**

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados das percentagens de potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) presentes na torta do pinhão-mansão obtidos através de espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva – EDX 720, ao longo do cultivo do pinhão-mansão submetido aos diferentes tratamentos.

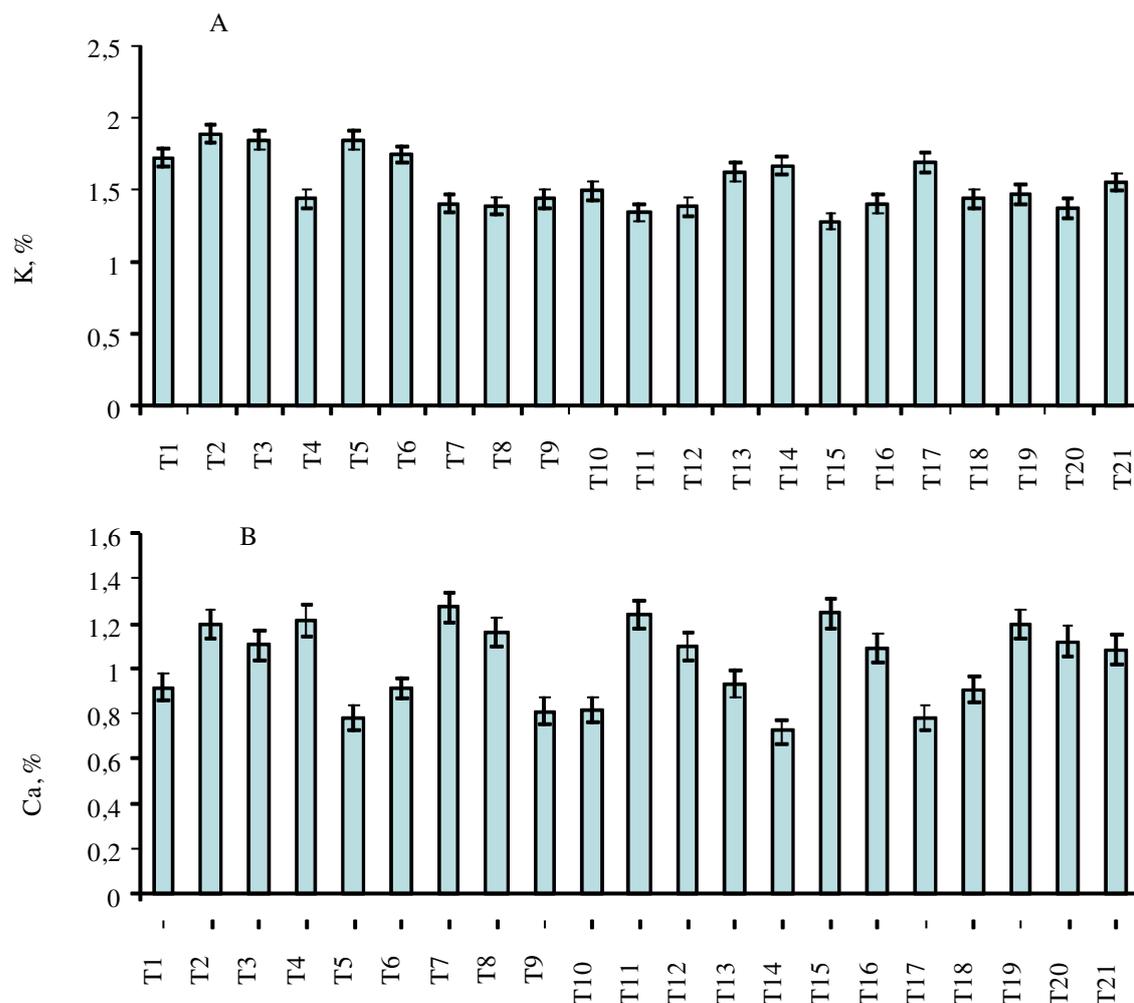
Para determinação da composição mineral da torta do pinhão-mansão foram pesadas as amostras variando de 5,00 a 5,08 (g). Dentre os minerais avaliados os mais abundantes na composição mineral da torta foram o potássio, cálcio e o fósforo (Tabela 15). Na mesma Tabela 15, observa-se que os maiores teores de potássio foram no tratamento T<sub>2</sub> (0 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> de solo e L<sub>2</sub> = 75% ETc) que apresentou 1,889% correspondendo a 18,89 g,kg<sup>-1</sup>.

Quando observado o cálcio no tratamento T<sub>14</sub> (300 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> de solo L<sub>2</sub> = 75% ETc) o maior resultado obtido foi 1,244%, equivalente a 14,44 g,kg<sup>-1</sup>. O mineral fósforo apresentou os maiores valores nos tratamentos T<sub>6</sub> (100 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> de solo L<sub>2</sub> = 75% ETc) e T<sub>19</sub> (400 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> de solo L<sub>3</sub> = 100% ETc) ambos com 0,518% que

corresponde 5,18 g, kg<sup>-1</sup>. Souza et al, (2009) também encontraram resultados que corroboram com os encontrados nesta pesquisa; ainda de acordo com Souza et al. (2009) a torta resultante da extração do óleo da semente pode ser aproveitada como fertilizante natural em virtude do alto teor de nitrogênio, fósforo e potássio.

**Tabela 15.** Percentagem dos minerais potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) presentes torta do pinhão-manso obtidos através de espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva – EDX 720, ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos

Tratamentos	Minerais (%)							
	K	Ca	P	S	Fe	Mn	Zn	Cu
T <sub>1</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	1,727	0,916	0,357	0,026	0,016	0,010	0,005	0,002
T <sub>2</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	1,889	1,194	0,428	0,022	0,015	0,007	0,007	0,003
T <sub>3</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	1,847	1,101	0,507	0,019	0,011	0,004	0,004	0,002
T <sub>4</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	1,436	1,209	0,351	0,026	0,012	0,004	0,006	0,002
T <sub>5</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	1,845	0,776	0,459	0,016	0,010	0,004	0,009	0,001
T <sub>6</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	1,750	0,912	0,518	0,018	0,008	0,008	0,005	0,001
T <sub>7</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	1,408	1,273	0,461	0,019	0,008	0,004	0,004	0,002
T <sub>8</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	1,385	1,162	0,467	0,022	0,007	0,004	0,004	0,002
T <sub>9</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	1,439	0,810	0,407	0,011	0,006	0,009	0,003	0,001
T <sub>10</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	1,497	0,813	0,423	0,012	0,009	0,007	0,003	0,001
T <sub>11</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	1,345	1,240	0,450	0,014	0,008	0,006	0,004	0,002
T <sub>12</sub> = AR L <sub>4</sub> = 25%	1,382	1,096	0,452	0,024	0,008	0,010	0,005	0,002
T <sub>13</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	1,631	0,930	0,439	0,015	0,007	0,009	0,005	0,001
T <sub>14</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	1,668	0,719	0,411	0,019	0,006	0,007	0,003	0,001
T <sub>15</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	1,285	1,244	0,443	0,023	0,007	0,005	0,004	0,002
T <sub>16</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	1,407	1,089	0,471	0,018	0,006	0,003	0,004	0,002
T <sub>17</sub> = AR L <sub>1</sub> = 50%	1,695	0,780	0,490	0,016	0,006	0,009	0,003	0,001
T <sub>18</sub> = AR L <sub>2</sub> = 75%	1,437	0,907	0,457	0,014	0,007	0,005	0,004	0,001
T <sub>19</sub> = AR L <sub>3</sub> = 100%	1,471	1,199	0,518	0,016	0,007	0,003	0,005	0,002
T <sub>20</sub> = AR L <sub>4</sub> = 125%	1,372	1,122	0,434	0,018	0,007	0,004	0,004	0,002
T <sub>21</sub> = AAT L <sub>3</sub> = 100%	1,552	1,083	0,336	0,016	0,009	0,008	0,004	0,002

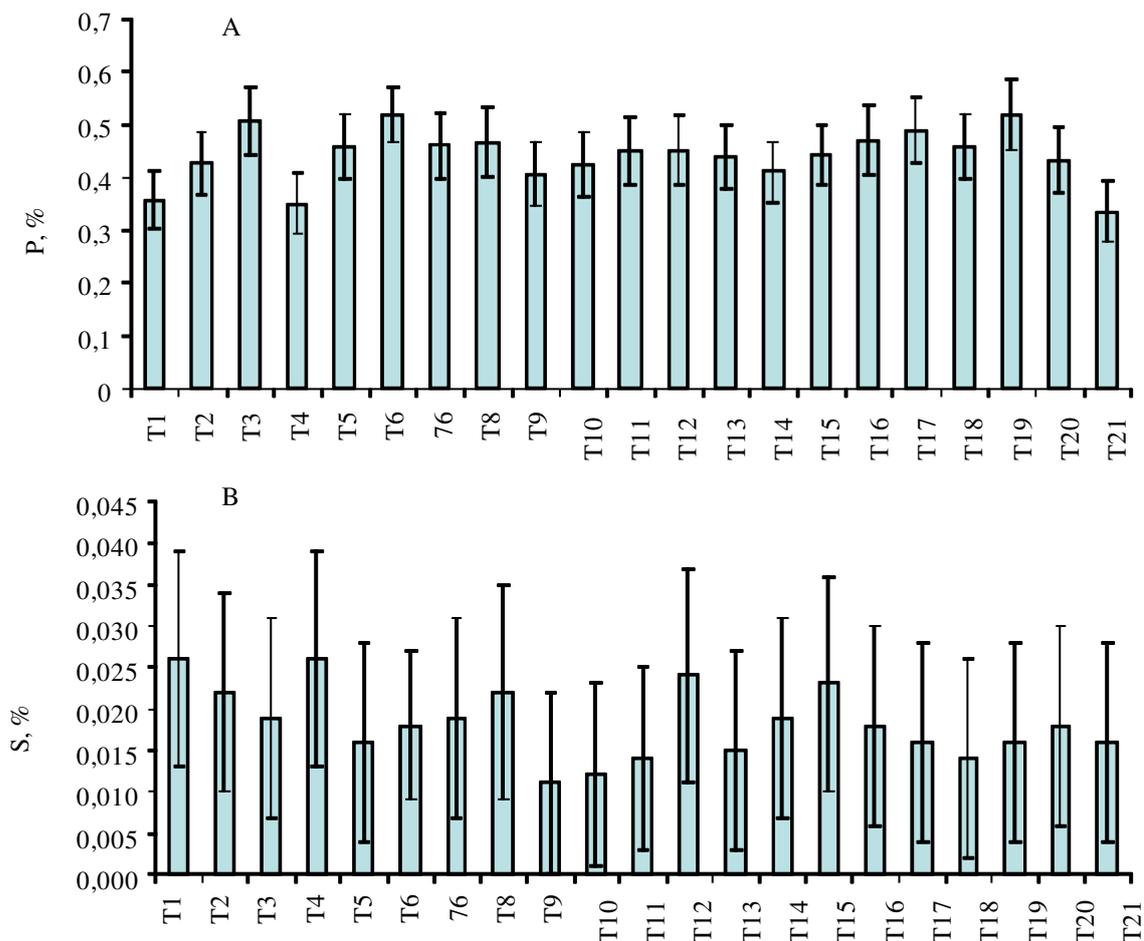


**Figura 25.** Teor percentual de potássio (K) e cálcio (Ca) na torta de pinhão-manso; as barras verticais mostram o desvio padrão da amostra (n= 3)

Observa-se, na Figura 25 (A), que os maiores teores de potássio (K) na torta de pinhão-manso foram registrados nos tratamentos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>5</sub>, não diferindo suas médias entre si. Os menores teores foram verificados nos tratamentos T<sub>15</sub> < T<sub>11</sub> < T<sub>20</sub> < T<sub>12</sub> < T<sub>8</sub> < T<sub>16</sub>, cujos valores variaram entre 1,285 e 1,407%. Esses resultados corroboram com Potes et al. (2012) que, avaliando o teor de macro e micronutrientes em torta de pinhão-manso de diferentes acessos adubados anualmente com 150 g do formulado 10-20-20 (50 kg de N ha<sup>-1</sup>, 67 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 67 kg de KO ha<sup>-1</sup>) em cobertura, encontraram em média 1,28% de potássio.

Quanto ao cálcio (Ca) Figura 25 (B) verifica-se que suas médias não se diferenciaram entre si quando se aplicaram os tratamentos T<sub>5</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>15</sub>, T<sub>14</sub>, e T<sub>17</sub>, o que correspondeu aos menores teores. Em ordem decrescente, os maiores teores foram

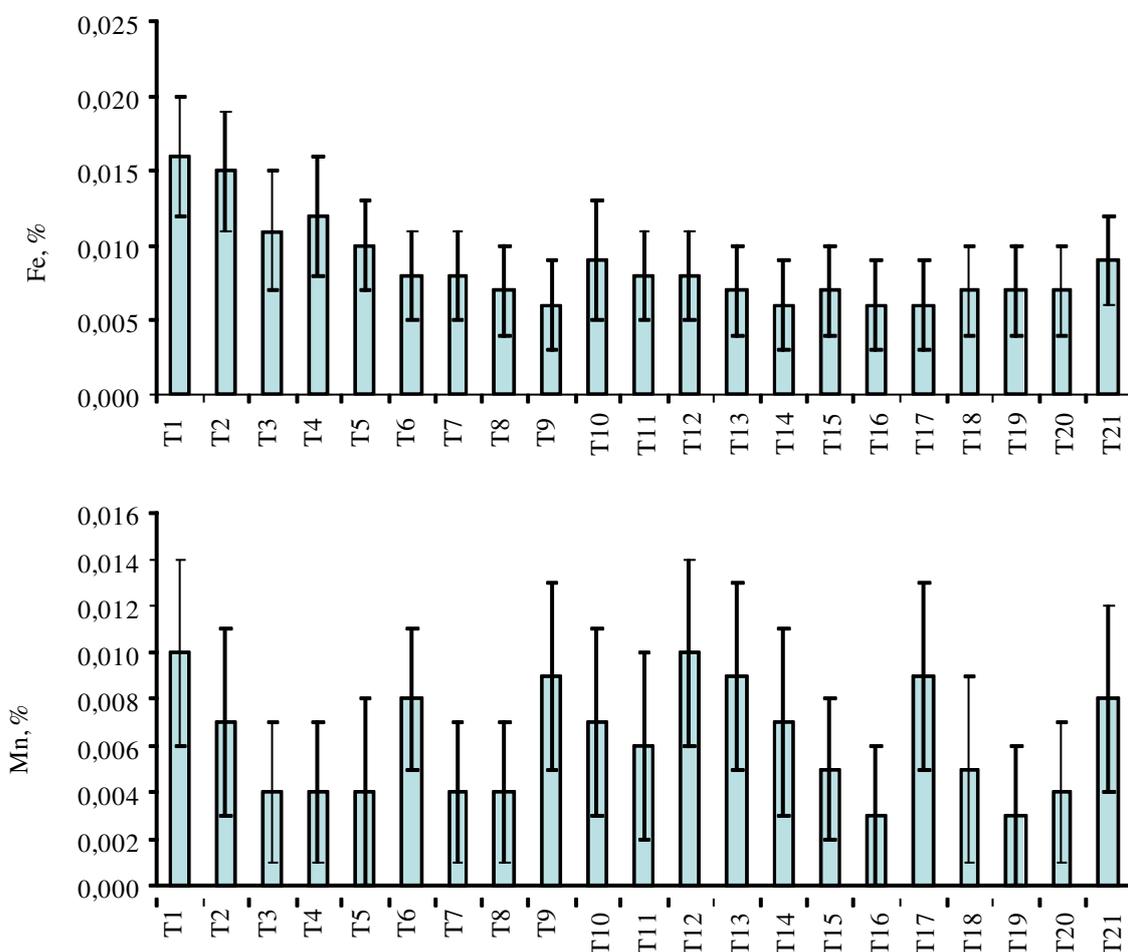
registrados, porém sem diferir entre si, nos tratamentos  $T_7 > T_{15} > T_{11} > T_4 > T_{19} > T_2 > T_8$ , cujas médias variaram de 1,273 a 1,162%. Neste trabalho, independente do tratamento, os teores de cálcio foram superiores ao observado por Potes et al. (2012) cujo valor médio foi 0,4% de Ca.



**Figura 26.** Teor percentual de fósforo (P) e enxofre (S) na torta de pinhão-mansão; as barras verticais mostram o desvio padrão da amostra (n= 3)

Verifica-se, na Figura 26 (A), que os menores valores de fósforo (P) foram encontrados nos tratamentos  $T_1$ ,  $T_4$  e  $T_{21}$ , nos demais tratamentos as médias não diferem estatisticamente entre si. O maior valor de fósforo encontrado na análise de macronutriente na torta do pinhão-mansão foi  $T_{19}$  cujo valor de  $5,18 \text{ g kg}^{-1}$ . Potes et al. (2012) encontraram, em sua pesquisa teores de fósforo entre  $5,5$  e  $7,4 \text{ g kg}^{-1}$ ; esses resultados corroboram com os encontrados nesta pesquisa.

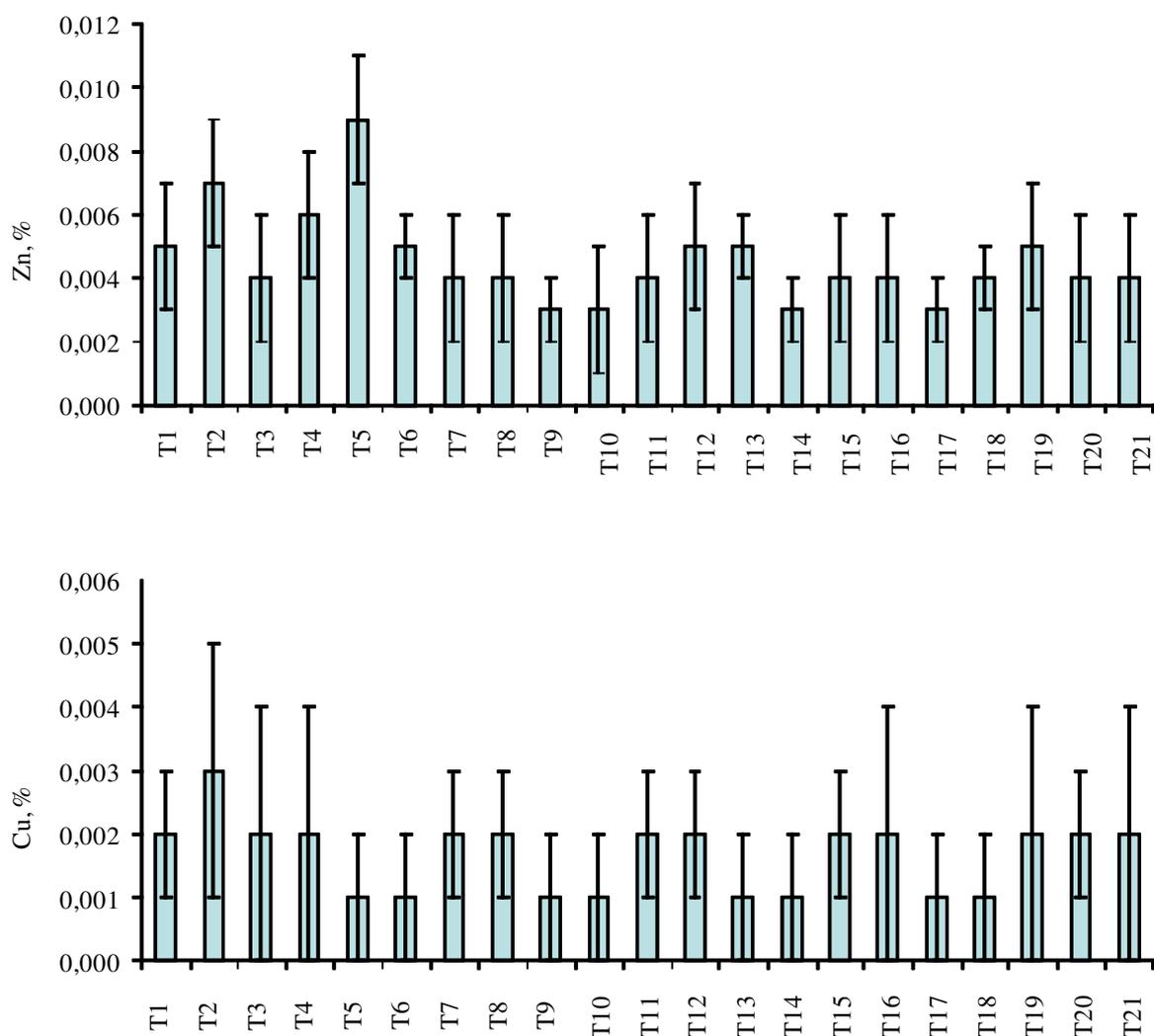
Quanto ao enxofre (S) na Figura 26 (B), não houve diferença estatística entre os tratamentos.



**Figura 27.** Teor percentual de ferro (Fe) e manganês (Mn) na torta de pinhão-manso; as barras verticais mostram o desvio padrão da amostra (n= 3)

Verifica-se na Figura 27 (A), que nos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> foram encontrados os maiores valores de Ferro (Fe) na torta do pinhão-manso. Em ordem decrescente, os maiores teores de Ferro foram registrados, porém sem diferirem entre os tratamentos T<sub>1</sub>> T<sub>2</sub> com médias de 0,016 e 0,015%, respectivamente. Esses valores são superiores aos encontrados por Potes et al. (2012), cujo teor médio na torta de pinhão-manso correspondeu a 0,0017% de Fe.

Em relação ao manganês (Mn) os menores valores Figura 27 (B) foram nos tratamentos T<sub>16</sub> (0,003) e T<sub>19</sub> (0,003%) respectivamente. Souza et al. (2009), encontraram, em seu trabalho, valores inferiores aos desta pesquisa.



**Figura 28.** Teor percentual de zinco (Zn) e cobre (Cu) na torta de pinhão-mansão; as barras verticais mostram o desvio padrão da amostra (n= 3)

Dentre os minerais avaliados o zinco (Zn) apresentou os menores valores nos tratamentos T<sub>9</sub>, T<sub>14</sub> e T<sub>17</sub>, que diferem dos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>5</sub>.

Em relação ao cobre (Cu) não houve diferença estaticamente.

## 6.0-CONCLUSÕES

A lâmina de água residuária (L) influenciou na clorofila analisada pelo índice do SPAD, nos períodos de 195 e aos 285 DAP.

O fator níveis de fósforo (P) não influenciou em nenhum dos períodos de avaliação do segundo ciclo do pinhão-mansão para as variáveis: clorofila *a* (*Chl a*), clorofila *b* (*Chl b*), clorofila total (*Chl totais*) nem para a variável carotenoide total.

As variáveis de produção: número de sementes por planta, número de frutos por planta, peso seco dos frutos por planta e peso de 100 sementes (PS100) foram influenciadas pela adubação fosfatada.

Constatou-se que o fator lâmina de água influenciou nas variáveis: número de cachos por planta, número de sementes por planta, peso seco dos frutos por planta, número de frutos por planta, largura de frutos por planta, largura de sementes por planta, comprimento de sementes por planta e peso de 100 sementes.

Dentre os minerais avaliados na composição da torta do pinhão-mansão o potássio, o cálcio e o fósforo foram os que apresentaram os maiores teores.

## 7.0-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 13969. Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos, projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 77p. <http://www.abnt.org.br/>. Acesso em fevereiro de 2014.

ADAM, J. **Lesplantes à matiere grasse**. Paris: [s. n.], v. 4, 1953. 224p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 153p. FAO, 1999.

APHA, AWWA and WPCF Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, D. C., American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 1134. (1995).

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LINHARES, P. C. F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, 2009. p. 217-221.

ALMEIDA, R. G. Aspectos legais para a água de reúso. **VÉRTICES, Campos dos Goytacazes (RJ)**, v.13, n.2, p. 31-43, maio/ago. 2011.

ANDERSON, V. L.; CATON, J. S.; KIRSCH, J. D.; REDMER, D. A. Effect of crambe meal on performance, reproduction, and thyroid hormone levels in gestating and lactating beef cows. **Journal of Animal Science**, v.78, 2000. p. 2269-2274.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2006. p. 253-280.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o

semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, 2004. p.789-799.

BARROSO, G. F. BMLP - Programa Brasileiro de Intercâmbio em Maricultura. Programa de Monitoramento Ambiental. **Protocolo para Análise de clorofila *a* e feopigmentos pelo método fluorímetro TD- 700**. Vitória, Espírito Santo, 1998. p. 1-21.

BRAGA, R. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORESTAS TROPICAIS, 2., 1976, Mossoró, **Anais...** Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, (Coleção Mossoroense, v.XLII). 1976. p. 412-413.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; NUCCI, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305p.

BRANCO, S. M.; CLEARY, R. W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S. J.; NOGUEIRA, V. P. Q., PORTO, M. A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v.3. 1991.

BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília, (Brasil. Ministério da indústria e Comercio. Documentos, 16). 1985. 364 p.

BOUWER, H.; CHANEY, R. L. Land treatment of wastewater. **Advances in Agronomy**, v.26, 1974, p.133-176.

BOUWER, H.; IDELOVITCH, E. Quality requirements for irrigation with sewage water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.113, 1987. p. 516-535.

CÁCERES, D. R.; PORTAS, A. A.; ABRAMIDES, J. E. **Pinhão-mansô**. 2007. [http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_3/pinhaomanso](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/pinhaomanso). Acesso em fevereiro de 2012.

CAMERON, K. C.; D.I, H. J.; McLAREN, R. G. Is soil an appropriate dumping ground for our waster. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, 1997. p. 995-1035.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. 2003. Disponível em: [www.ufmg.br/boletim/bul1413](http://www.ufmg.br/boletim/bul1413). Acesso em julho de 2012.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ALGODÃO (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

COELHO, M. A. E SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna. 1982. 368p.

CHAE, Y. M. & TABTABAI, M. A. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. **Journal of Environmental Quality**, v.15, 1986, p.193-198.

CONAMA. Resolução N<sup>o</sup>357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**. Disponível <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>. Acesso em fevereiro de 2014.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA DO PARANÁ, CREA-PR. Uso e reúso da água. 2010. (**Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar**). [ftp://creaweb.crea-pr.org.br/Cadernos -Ag -Parlamentar/ideias.pdf](ftp://creaweb.crea-pr.org.br/Cadernos-Ag-Parlamentar/ideias.pdf). Acesso em fevereiro de 2014.

DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI, A. **Cultivo do pinhão-mansão (*Jatropha curcas L.*): para produção de óleo combustível**. Viçosa – MG, 2007. 40p.

DRUMMOND, A.; PURCINO, A. A. C.; CUNHA, L. H. de S.; VELOSO, J. de M. **cultura do pinhão-mansão**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B.; PAIVA, L. E.; MORGADO, L. B.; REIS, E. M. Produção de pinhão-mansão no semiárido brasileiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL

DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2007, Teresina. Energia de resultados, **anais...** Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2007. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análises do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1979. 212p.

FABOYA-00. **Chlorophyll changes in some green leafy vegetables during cooking**. Journal of the Science of Food and Agriculture, v.36, n.8, 1985.p.740-744.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p.

FOSTER, M. G.; MURTA, M. S. Pré-estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de um polo para produção de biodiesel no semiárido nordestino. **Cadernos de Altos Estudos. Biodiesel e Inclusão Social** Videoconferências: propostas e contribuições apresentadas ao Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica. 2007. p. 131-142.

FREITAS, R. G.; MISSIO, R. F.; MATOS, F. S.; RESENDE, M. D. V; DIAS, L. A. S. **Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: an important oilseed for biodiesel production**. Genetics and Molecular Research, v.10, 2011.p.1490-1498.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, 2008.p. 36-41.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica**. Documentos Florestais, Piracicaba: ESALQ/USP, v.15, 1995. p.1-23.

GRANT, C. A. et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 95, 2001. p. 1-5.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reúso de Água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos.** In: MANCUSO, C. S. A; SANROS, H. F. (Editores). **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003.

HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; BASTOS, M. C.; BASTOS REIS, T. K.; JONAS, T. C.; SERRA, W.; GOMES, J. P. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.2, n.1, 2005.p.35-45.

KLUGE, R. A. **Fisiologia vegetal: apontamentos de aulas teóricas de fotossíntese.** ESALQ/USP 2004. Disponível em Internet [http://orion.cpa.unicamp.br/sbfv/arquivos/aulas/gradOI/06\\_fotoquímica\\_da\\_fotossíntese/fotossíntese\\_Kluge](http://orion.cpa.unicamp.br/sbfv/arquivos/aulas/gradOI/06_fotoquímica_da_fotossíntese/fotossíntese_Kluge). Acesso em 16 de maio de 2013.

LAVIOLA, B. G; MARTINEZ, H E P.; SOUZA, R. B. de; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D. **Acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiros em viçosa-MG.** In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 5. **Anais... Águas de Lindóia, 2007.** CD-ROOM.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, 2008. p. 1969-1975.

LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L.; MENDONÇA, S.; ROSADO, T. B.; ALBRECHT, J. C. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhão-manso na fase jovem. **Bioscience Journal**, v.27, 2011. p.371-379.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos, SP: Rima artes, 2004. 531 p.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymol.**, San Diego, v.148, 1987. p. 362-385.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, 2003.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. **Studies on Nutritive Potential and Toxic Constituents of Different Provenances of *Jatropha curcas***: Journal of Agriculture Food Chemistry, USA, v.45, n.8, 1997. p.3152-3157.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato, 1997. 201 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral. In: FERRI, M. G. (ed.). **Fisiologia Vegetal 1**. São Paulo: EPU, 1985. p.97-116.

MALAVOLTA, E **ABC da adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1989. 292 p.

MEDEIROS, S. de S.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberras: Efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, 2007. p. 569-578.

MOERI, E. Brasil - País dos *sheiks* do óleo verde – é pioneiro na produção de biodiesel em larga escala. **Revista Swisscam**, São Paulo, n. 42, 2005. p. 9-13.

MUZZILI, O.; OLIVEIRA, E. L. **Nutrição e Adubação**. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Londrina, PR. A cultura do milho no Paraná. Londrina, 1982. p. 83-104.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; FERREIRA, D. J. L. Produção do segundo ciclo do pinhão-mansão irrigado com águas salinizadas em ambiente protegido. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17, n.5, 2013. p.531–536.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1999. 300 p.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. Coordenação Ariovaldo Nuvolari. São Paulo: Edgard Blüncher, 2003, 520p.

OLIVEIRA, S. J. C.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) em função da poda e da adubação química. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.14, 2010.p.9-17.

PECKOLT, T. **Pinhão de purga** (s.d.). Disponível em: [www.vpg.com.br/banners/popup.html](http://www.vpg.com.br/banners/popup.html) (Active Net). Acesso em setembro de 2012.

PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973.282p.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica- RJ: Edur, 1998. 150 p.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: Edur, 2004. 191 p.

POTES, M. da L.; LEMÕES, J. S.; OLIVEIRA, R. J. P.; LEMÕES, L. S.; S.D. dos A. e SILVA. Macro e Micronutrientes em torta de pinhão-manso de acessos cultivados Na Embrapa Clima Temperado, Pelotas. Simpósio Estadual de Agroenergia e Reunião Técnica De Agroenergia, Porto Alegre, Rio Grande Sul. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 1 CD-ROM.

PREZOTTI, L. C. **Fertilização do cafeeiro**. In: Zambolim L. Tecnologias de produção de café com qualidade. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001, p.607-615.

PRIOR, L. D.; EAMUS, D.; DUFF G. A. **Seasonal and Diurnal Patterns of Carbon Assimilation, Stomatal Conductance and Leaf Water Potential in Eucalyptus tetrodonta Saplings in a Wet–Dry Savanna in Northern Australia**. Australian Journal of Botany, v. 45, p. 241–258. 1997.

PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O. A. **Pinhão-manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986.7p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos. 1991. 343 p.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. **Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa**. Boletim de Pesquisa Florestal, Embrapa Florestas, p. 179-194, 2006.

RIBEIRO, M. S. et al. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 569-577, 2009.

RICHARDS, L. A. **Diagnostico y recuperación de suelos salinos y sódicos**. (Manual de Agricultura, 60).México, 1947. 172p.

ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; VIEIRA, A. H.; VEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F.; LAVIOLA, B. G.; SANTOS, A. R.; MILITÃO, J. S. L. T. **Quantificação da variabilidade do teor de óleo de matrizes de pinhão-manso**. Circular Técnico. Embrapa Agroenergia. ISSN 0103-9334. Porto Velho, RO Abril, 2010.

RODRIGUES, L. N; NERY, A. R. <sup>1</sup>; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; GHEYI, H. R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, suplemento, p. 825-835, 2009.

RODRIGUES SILVA, M. B.; DANTAS NETO, J.; DANTAS FERNANDES, P.; FARIAS., M. S. S . Cultivo de pinhão-manso sob condições de estresse hídrico e salino, em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 74-79, 2009.

ROMANO, M. R. Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese, e biossíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) que

expressam o gene *Lhcb1\*2* de ervilha. 2001. **Dissertação** (Mestrado em Ciências, área de concentração: Fisiologia e Bioquímica de plantas) - Esalq / USP.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J. TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. **Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)**. In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, EPAMIG, v.26, n.229, p.44-78, 2005.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 17-29, 2007.

SCHOEFS B. **Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis.** Trends in Food Science & Technology, v.13, p.361-371, 2002.

SCOPEL, W.; BARBOSA, J. Z.; VIEIRA, M. L.. Extração de pigmentos foliares em plantas de canola. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-94, jan./jun. 2011.

SILVA, M. B. R. Crescimento, desenvolvimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária em função da evapotranspiração. **Tese de Doutorado**. Campina Grande: UFCG. 2009. 153p.

SILVA, M. B. R.; DANTAS NETO J.; FERNANDES, P. D.; M. FARIAS, S. S. de. Cultivo de pinhão-manso sob condições de estresse hídrico e salino, em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 74-79, 2009.

SILVA, V. A.; MORAIS, D. de L. B.; KAKIDA, J.; FERREIRA, E. A.; SILVA, V. de F. Concentração do ciclo de produção de pinhão-manso por meio de podas de formação ou de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.47, n.1, p.134-137, jan. 2012.

STIRPE.F; PESSON-BRIZZI, A; LORENZONI E, STROCCHI, P; MONTANARO, L and SPERTI S; Studies on the proteins from the seeds of *Croton tiglium* and of *Jatropha*

curcas. **Toxic properties and inhibition of protein synthesis in vitro**: Biochem J. 1976, 15; 156 (1), p.1-6.

STUDART, T.; CAMPOS, N. **Gestão das Águas**. Princípios e práticas. Edição, 2. Porto Alegre ABRH, 2001.

SOARES, B. O.; JUHÁSZ, A. C. P.; PIMENTA, S.; RABELLO, H. O. Correlação entre produtividade e teor de óleo em *Jatropha curcas* L. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão-manso. 1, 2009, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. CD-Rom.

SOUZA, K. S.; OLIVEIRA, F. A.; D. H. GUEDES FILHO.; BRITO NETO, J. F. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 116-122, 2009.

SOUSA, A. E. C.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; NASCIMENTO, E. C. S.; ANDRADE, L. O. Biometria e desenvolvimento de pinhão-manso irrigado com diferentes lâminas de água residuária e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 119-127, mar.-jun., 2012

SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. E P.; ÍTAVO, L. C. V. e ROSCOE, R.. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**. Brasília, v.44, n.10, p.1328-1335, out. 2009.

TAIZ, L.; ZIEGLER, E. **Fisiologia vegetal**. Traduzido SANTARÉM E. R. et al.3.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 693. 2006.

TANAKA, A. et al. **Chlorophyll a oxygenase** (CAO) is involved in chlorophyll *b* formation from chlorophyll *a*. *Plant Biology*, v.95, p.12719-12723, 1998.

TEIXEIRA, J. P. F. Teor e composição do óleo de sementes de *Jatropha* spp. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 151-157, 1987.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K.; SOUSA, L. A. S.; RESENDE, P. L.; SILVA, N. D. **Cultivo do pinhão-manso para produção de biodiesel**. Viçosa-MG, Centro de Produções Técnicas - CPT, 2007. 220p.

VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N. J.; MARA, D. D. **Management of domestic wastewater for use in irrigation**. *Water Science & Technology*, v.355-362, 1996.

VIEIRA JUNIOR, H. C.; MELO, B.; PODA DAS FRUTEIRAS 2008. Disponível em <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/poda.html>> Acesso em 15 de outubro de 2012.

VON ELBE J. H. Colorantes. In: FENNEMA, O. W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Cap.10, p.782-799. Zaragoza: Wisconsin - Madison, 2000.

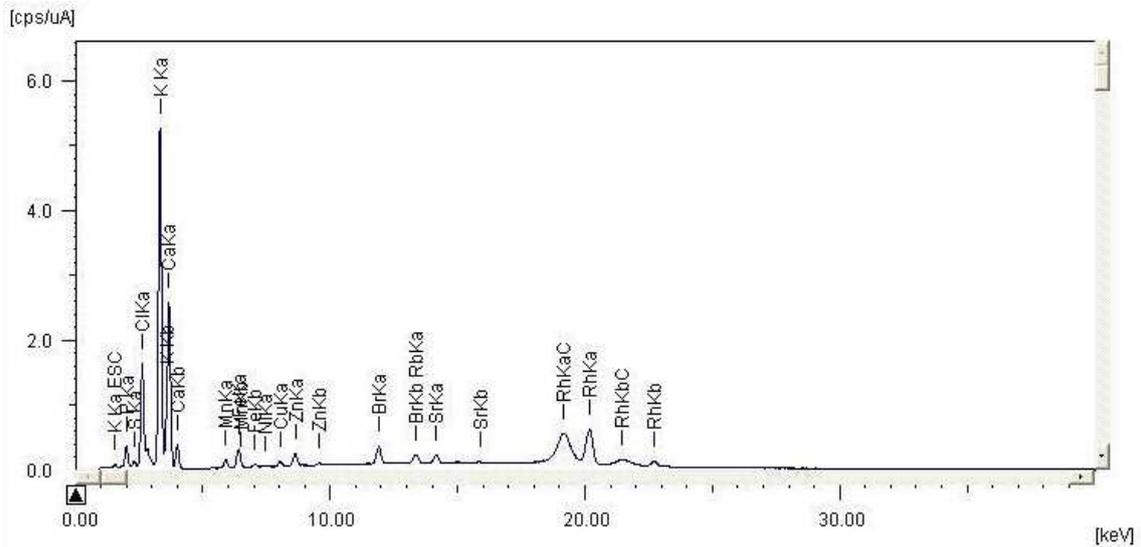
VON SPERLING, M. **Noções de qualidade de água**, In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 187p.

XU, E. H.; LAMBERT, M. H.; MONTANA, V. G.; PLUNKET, K. D.; MOORE, L. B.; COLLINS, J. L.; OPLINGER, J. A.; KLIEWER, S. A.; R.T. GAMPE, Jr.; MCKEE, D. MOORE, D.; J. T.; WILLSON, T. M. Chlorophyll *b* can serve as the major pigment in functional photosystem II complexes of cyanobacteria. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.98, n.24, nov, 2001.

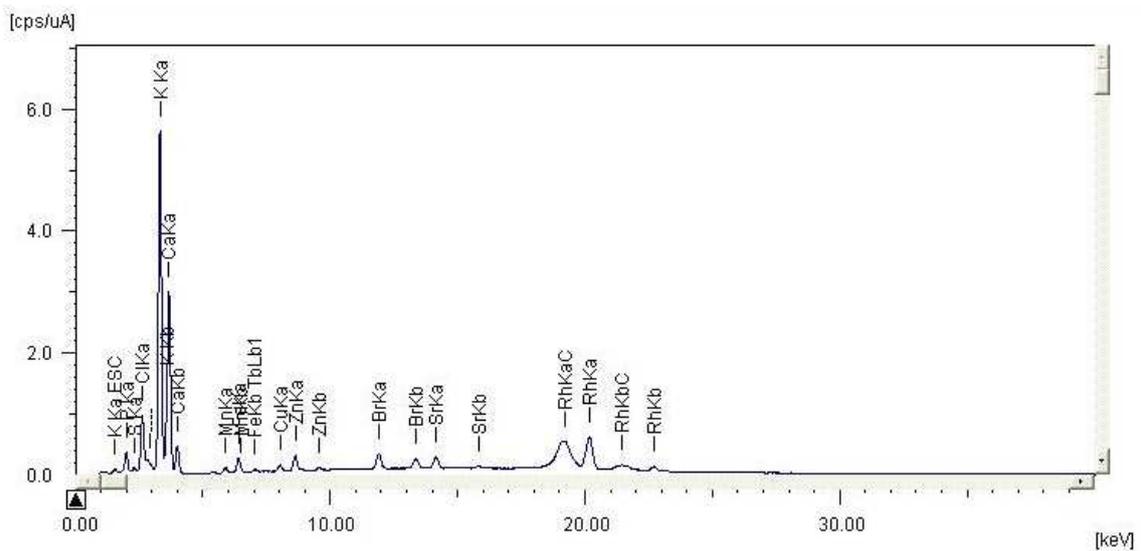
ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 9-15, 2006.

# **ANEXOS**

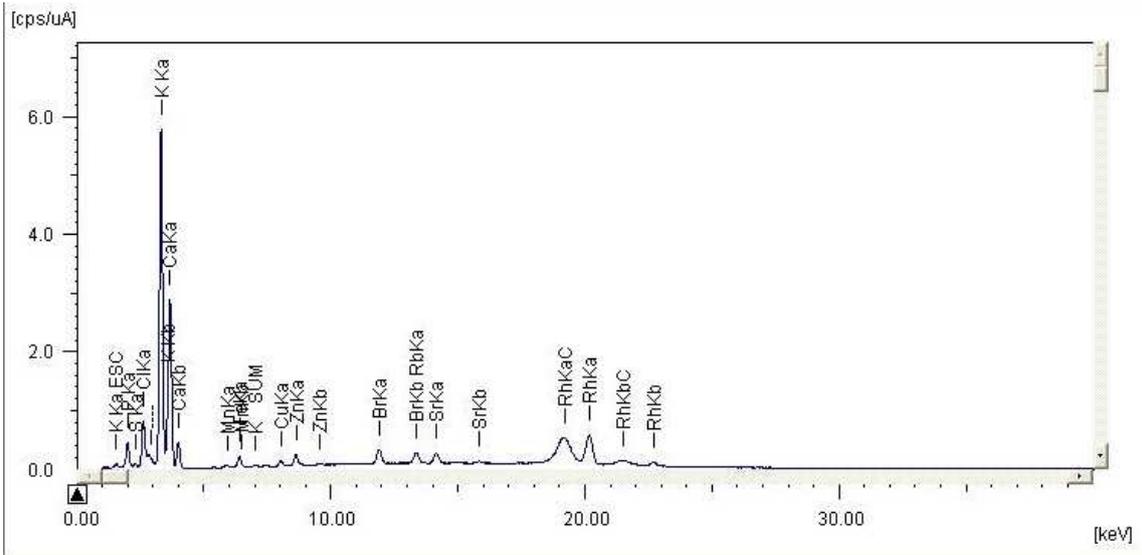
Gráficos dos minerais presentes na torta do pinhão-manso obtidos através de espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva – EDX 720 ao longo do cultivo do pinhão-manso submetido aos diferentes tratamentos.



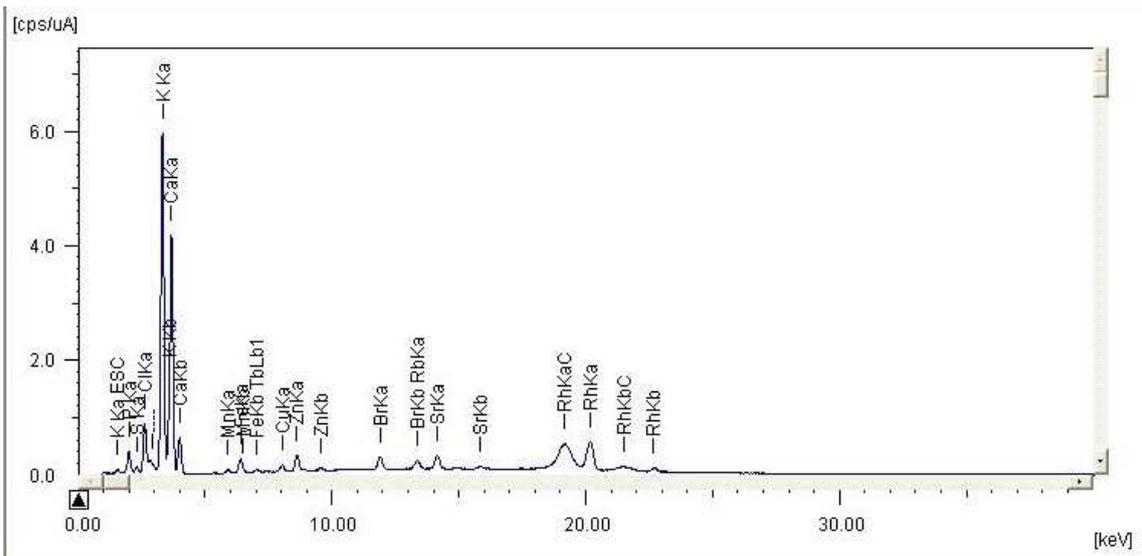
$T_1 = AR L_1 = 50\%$



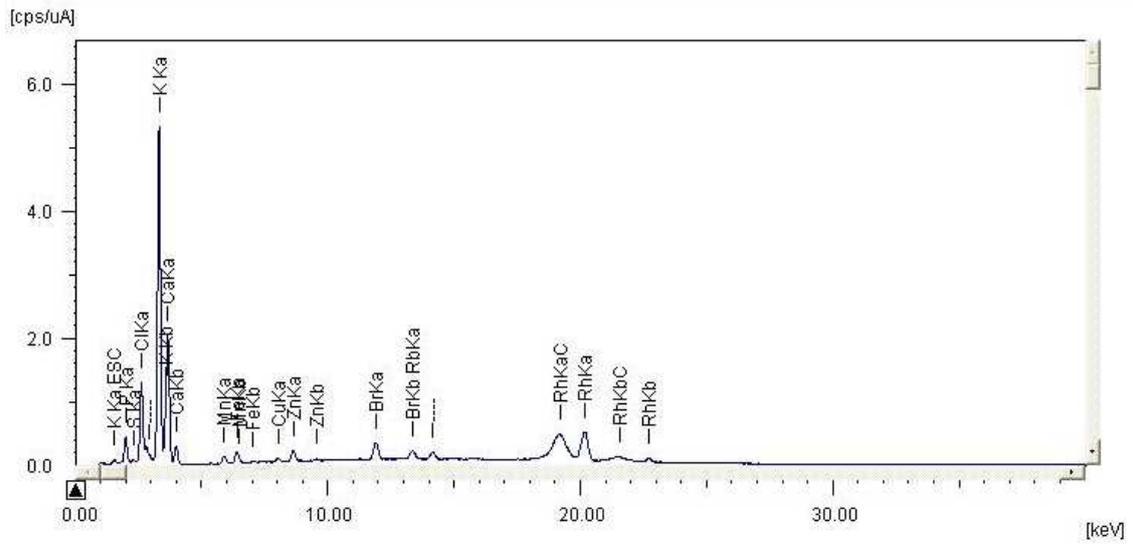
$T_2 = AR L_2 = 75\%$



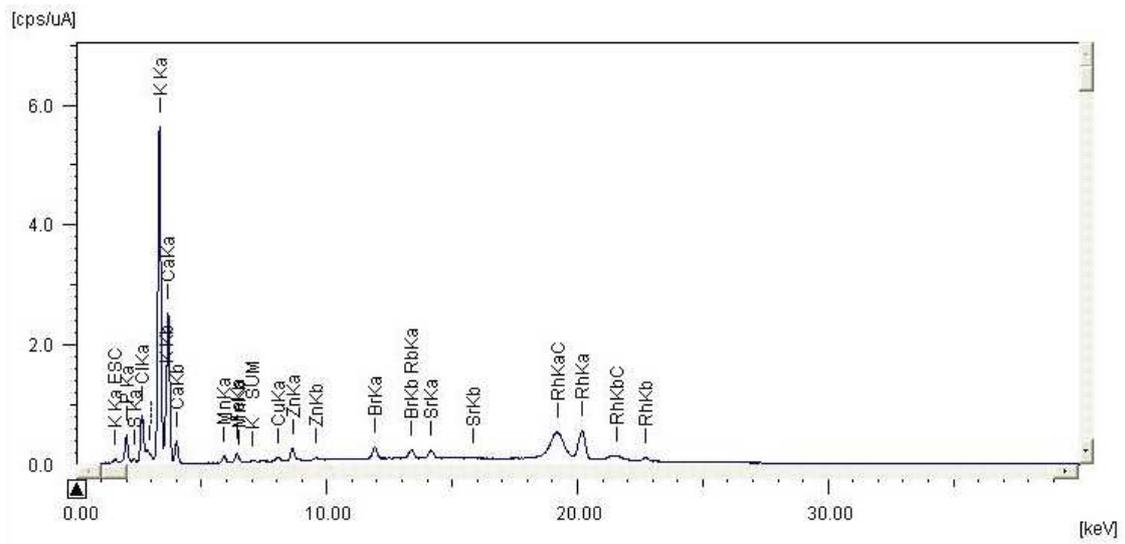
$T_3 = AR L_3 = 100\%$



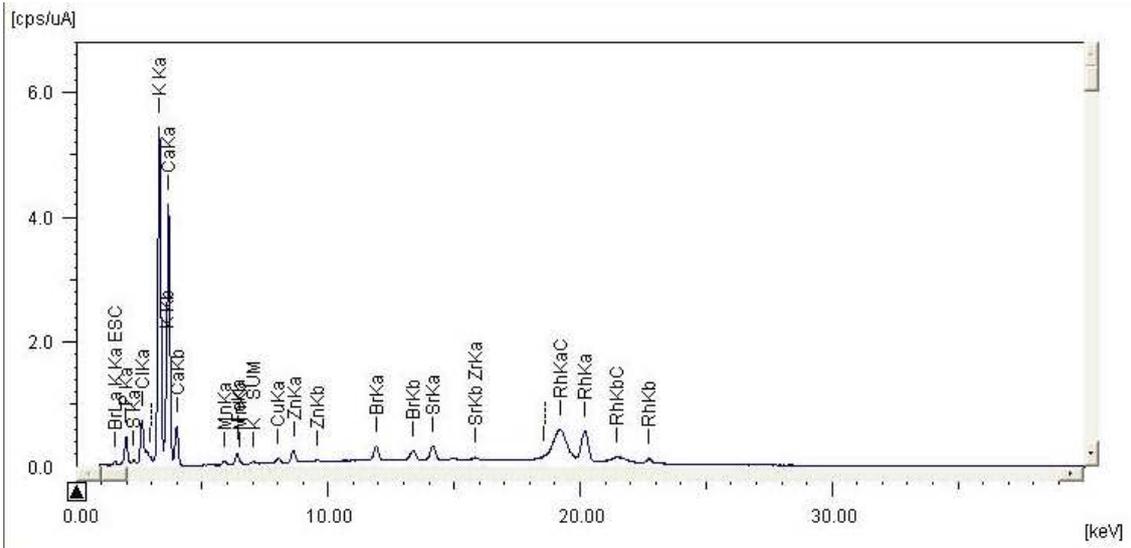
$T_4 = AR L_4 = 125\%$



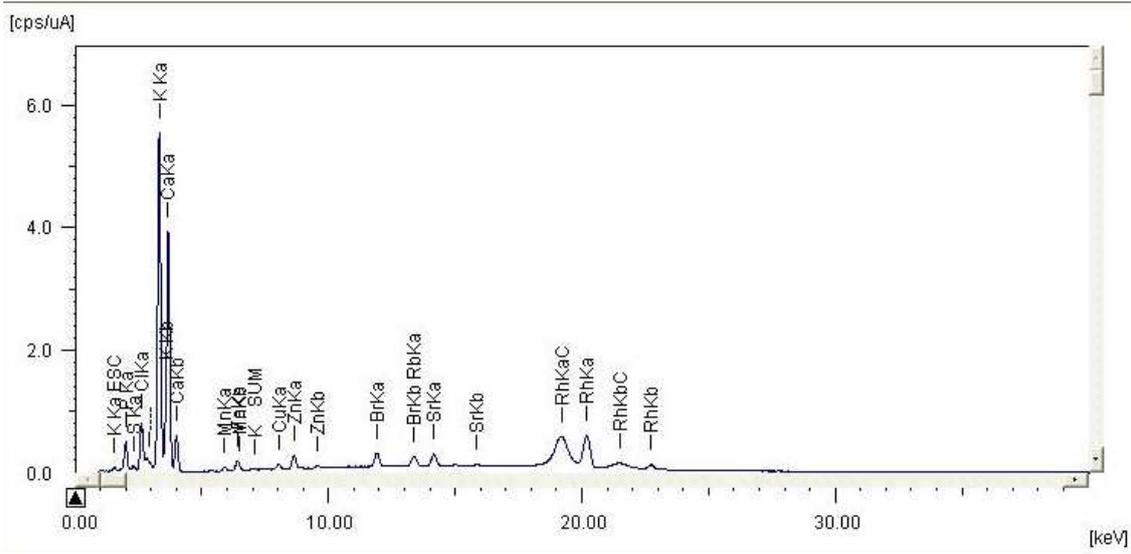
$T_5 = AR L_1 = 50\%$



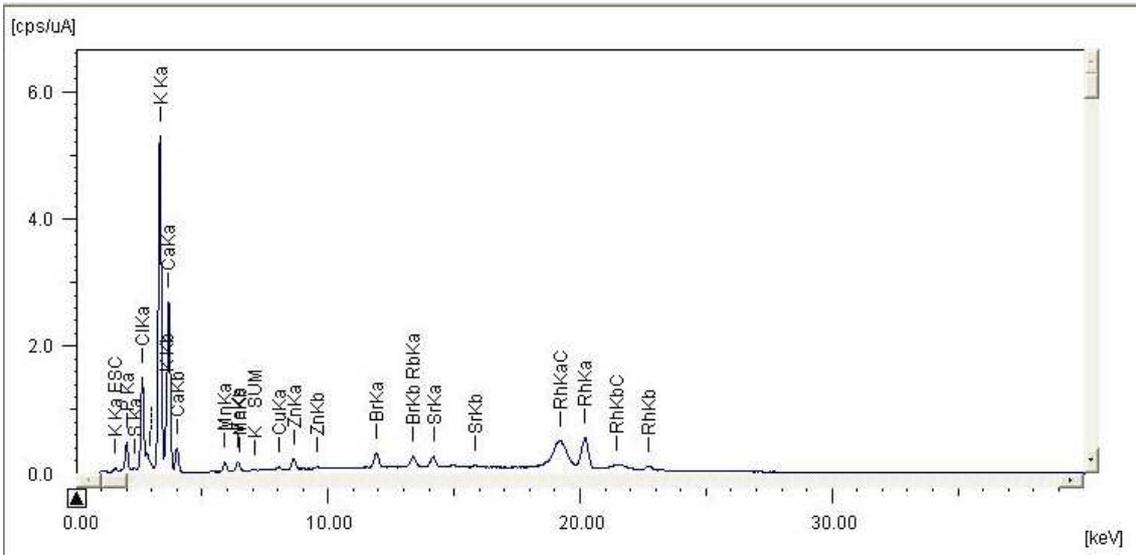
$T_6 = AR L_2 = 75\%$



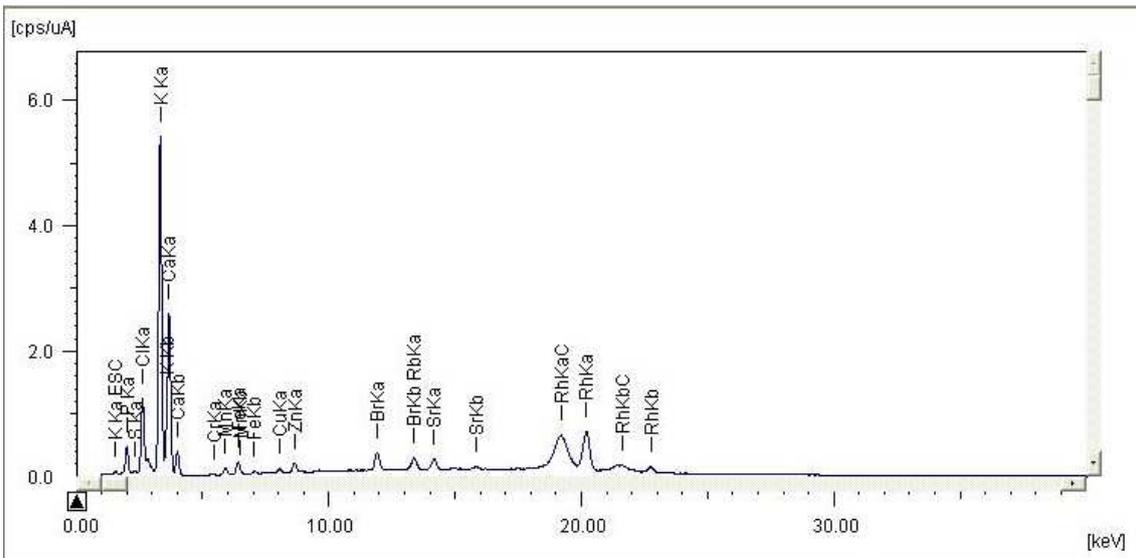
$T_7 = AR L_3 = 100\%$



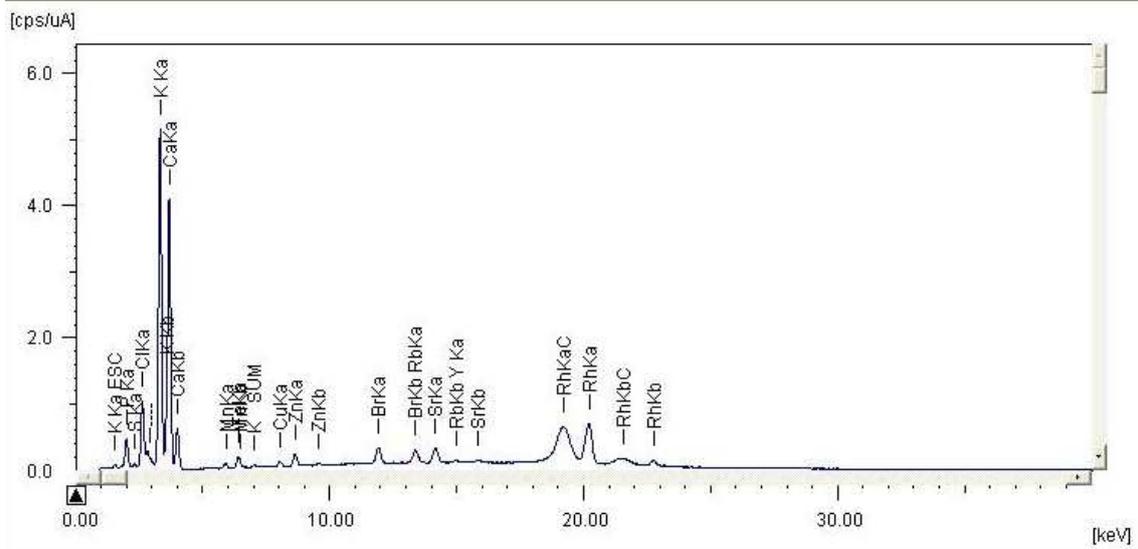
$T_8 = AR L_4 = 125\%$



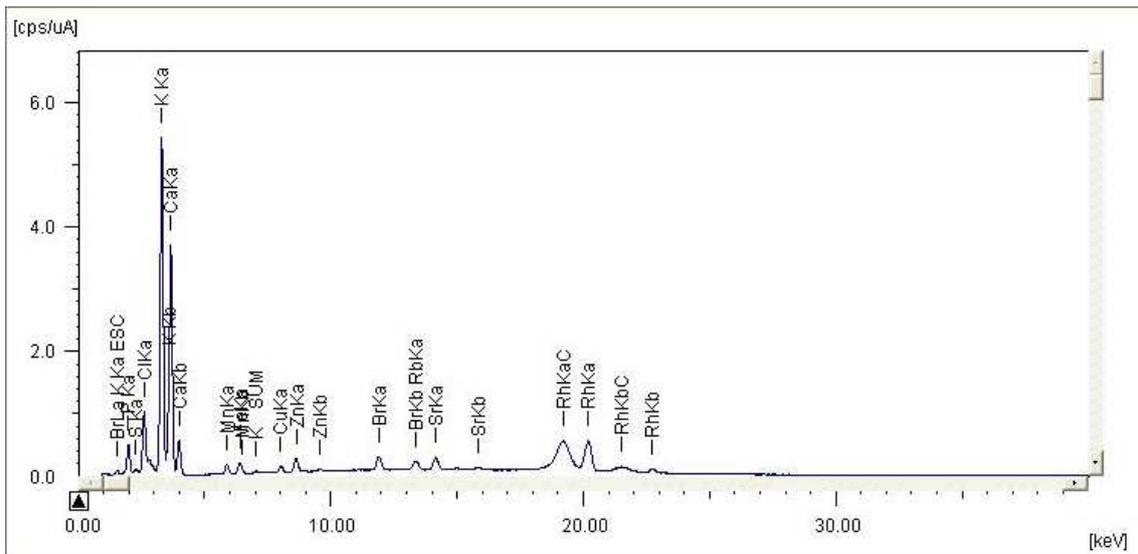
$T_9 = AR L_1 = 50\%$



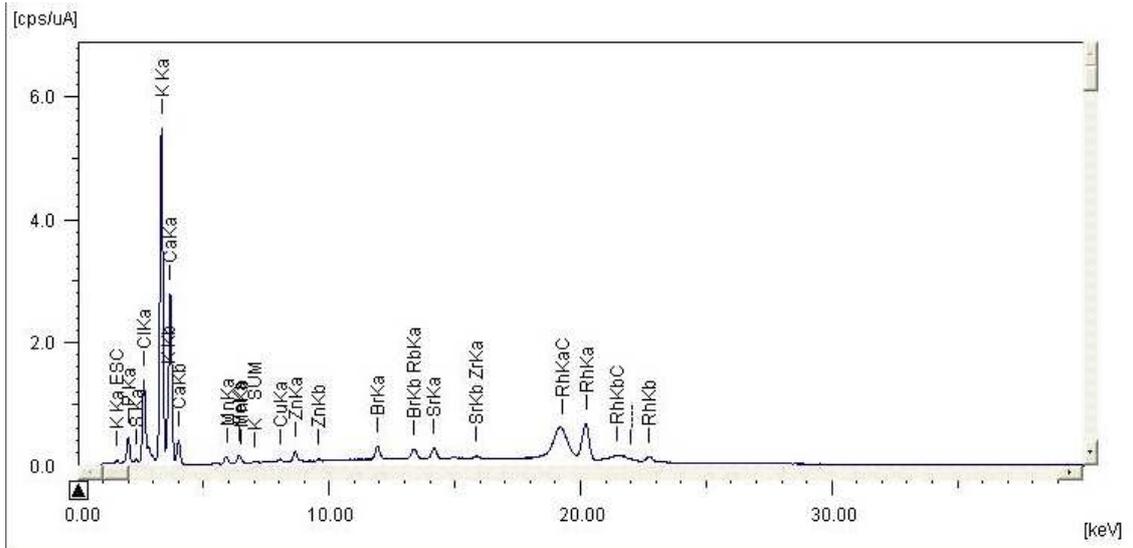
$T_{10} = AR L_2 = 75\%$



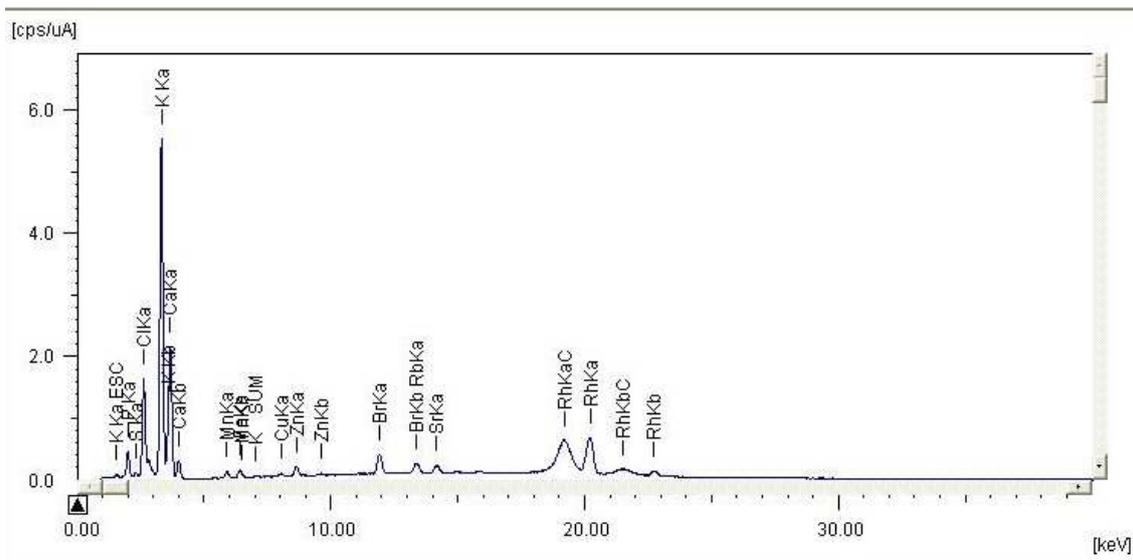
$T_{11} = AR L_3 = 100\%$



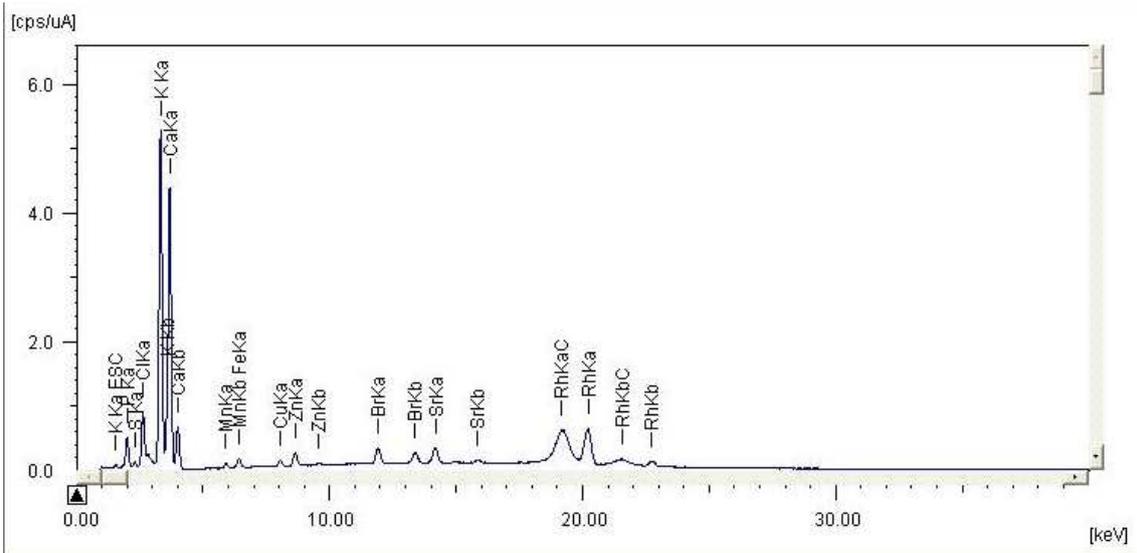
$T_{12} = AR L_4 = 25\%$



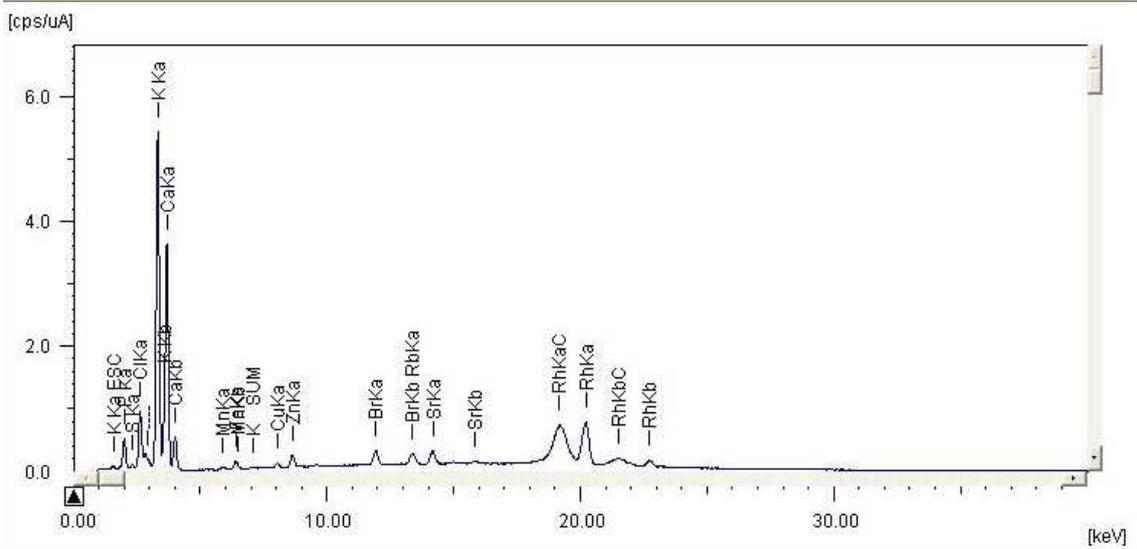
$T_{13} = AR L_1 = 50\%$



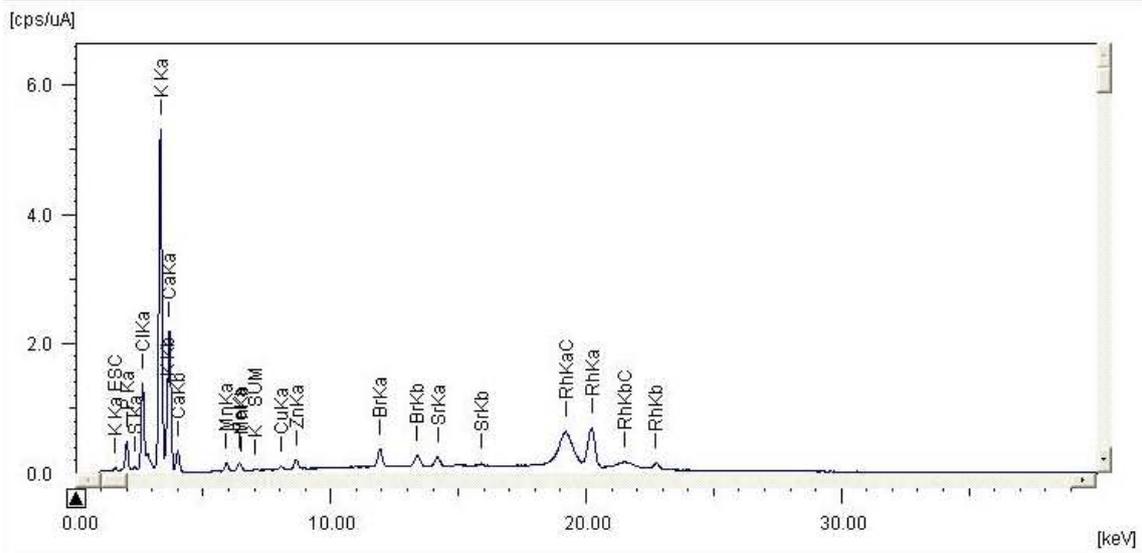
$T_{14} = AR L_2 = 75\%$



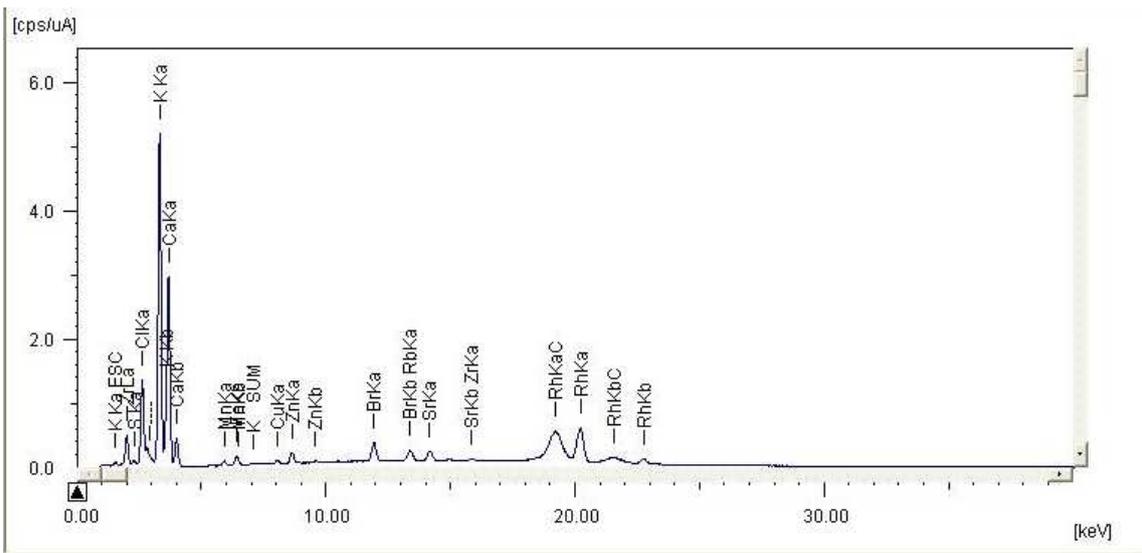
$T_{15} = AR L_3 = 100\%$



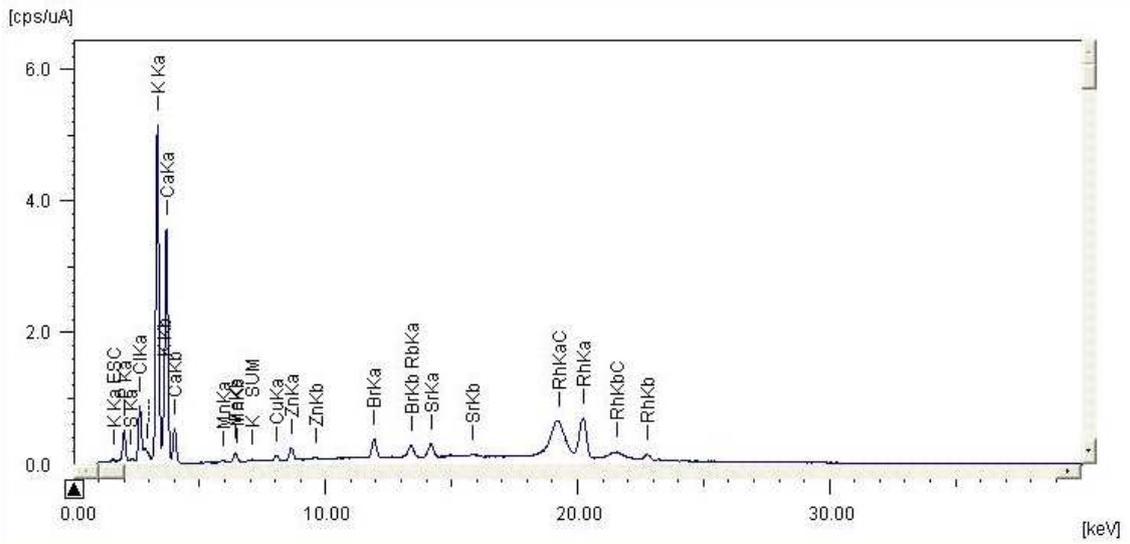
$T_{16} = AR L_4 = 125\%$



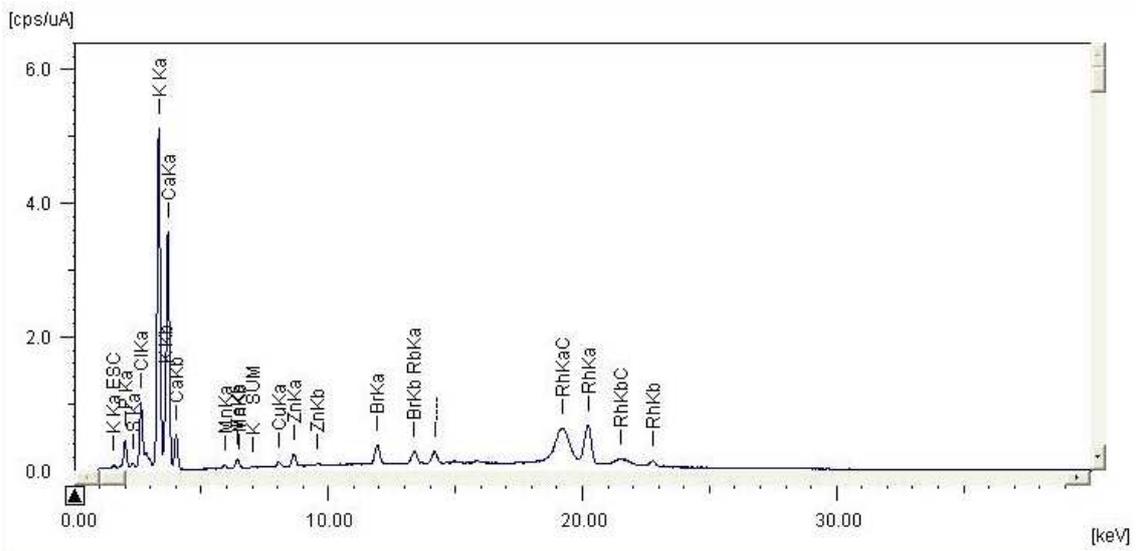
T<sub>17</sub> = AR L<sub>1</sub> = 50%



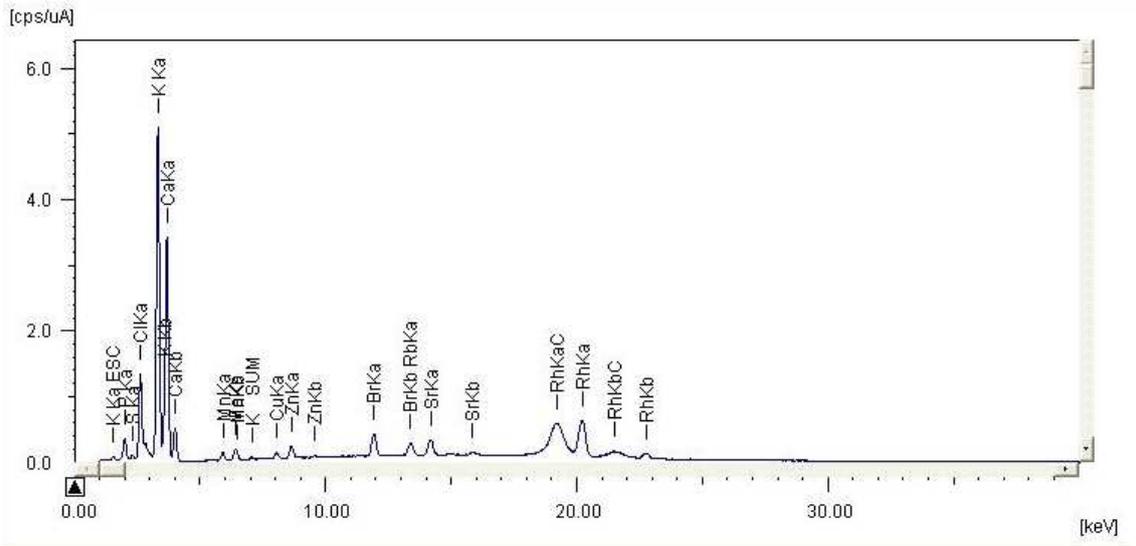
T<sub>18</sub> = AR L<sub>2</sub> = 75%



$T_{19} = AR L_3 = 100\%$



$T_{20} = AR L_4 = 125\%$



$T_{21} = \text{AAT } L_3 = 100\%$

Fotos do experimento: Poda (A), visão geral do experimento (B), frutos verdes e maduros (C e D), sementes (E), prensa hidráulica do tipo “P30 ST 30TON BOVENAU (F), conjunto de peças utilizadas para a extração do óleo (G), extração do óleo (H e I), óleo extraído das sementes (J) e torta do pinhão-manso (L e M)

