



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tese de Doutorado

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE GERGELIM
(*Sesamum indicum* L.) EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

JOSÉ CARLOS AGUIAR DA SILVA

Campina Grande
Paraíba



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



DOUTORADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

TESE

JOSÉ CARLOS AGUIAR DA SILVA

**Campina Grande – PB
Setembro de 2012**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

JOSÉ CARLOS AGUIAR DA SILVA

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Tese de Doutorado apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola do Centro de
Tecnologia e Recursos Naturais da
Universidade Federal de Campina
Grande, em cumprimento às
exigências para obtenção do Título
de "*Doctor Scientiae*" em Irrigação e
Drenagem

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

Linha de Pesquisa: Engenharia de Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes

**Campina Grande – PB
Setembro de 2012**



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

S586c Silva, José Carlos Aguiar da.
Crescimento e produção de genótipos de gergelim (*Sesamum indicum* L.) em função de lâminas de irrigação / José Carlos Aguiar da Silva. – Campina Grande, 2012.
144 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Orientador: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes.
Referências.

1. *Sesamum indicum* L. 2. Lâminas de Irrigação. 3. Nutrientes. I. Título.

CDU 631.67:633.85(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
DOUTORADO

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO

JOSÉ CARLOS AGUIAR DA SILVA

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Pedro Santos Fernandes:
Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes
Orientador (UAEAg/CCT/UFPA)

Aprovado

José Renato Cortez Bezerra
Dr. José Renato Cortez Bezerra
Examinador (Embrapa Algodão)

APROVADO

Dra. Nair Helena Castro Arriel
Dra. Nair Helena Castro Arriel
Examinadora (Embrapa Algodão)

APROVADO

Soahd Arruda Rached Farias
Prof. Dra. Soahd Arruda Rached Farias
Examinadora (UAEAg/CCT/UFPA)

A PROVADO

José Dantas Neto
Prof. Dr. José Dantas Neto
Examinador (UAEAg/CCT/UFPA)

APROVADO

Alberício Pereira de Andrade
Prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade
Examinador (CCA/UEPB)

APROVADO

Campina Grande – PB
Setembro de 2012

COM MUITO AMOR E CARINHO

*A toda minha família, em especial aos meus pais: **José Gonçalves da Silva e Marlene Aguiar da Silva**, pelo amor, carinho, respeito, dedicação, compreensão e todo o incentivo dado durante todo esse processo de aprendizagem e acúmulo de conhecimentos, nunca deixando faltar o necessário a minha sobrevivência onde quer que eu estivesse.*

*As minhas irmãs: **Josélia Aguiar da Silva, Janaina Aguiar da Silva e Juliana Aguiar da Silva**, que cresceram na alegria, na amizade, no grande amor divino e que sempre foram compreensivas com a minha pessoa.*

*Aos meus avós: **Francisco Aquino da Silva (em memória), Isabel Gonçalves da Silva (em memória), Antônio Luiz de Aguiar (em memória) e Joana Rosa da Conceição**, pelo grande carinho, respeito e amor que sempre me transmitiram.*

*Aos meus sobrinhos **Larissa, Bruno e Vinicius Aguiar**, que tomou nossos dias mais felizes e emocionantes desde as suas chegadas, dando-nos mais motivos para sempre continuarmos a luta diária e a busca de maiores conhecimentos com muita coragem e dedicação.*

Aos verdadeiros amigos e aquelas pessoas que direta ou indiretamente me incentivaram e acreditaram no meu potencial, meu muito obrigado e um grande abraço.

*Aos grandes mestres e instrutores que tiveram a paciência de transmitir seus conhecimentos a minha pessoa no decorrer desses longos anos estudantis, que se o grandioso **DEUS** permitir não terminará por aqui.*

DEDICO ESTE TRABALHO.

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, por sua grandiosidade, amor e unicidade e pela chance de mais uma vez estar aqui nesse momento tão único finalizando mais uma etapa de minha vida com grande orgulho. Obrigado pelos dons concedidos que me tornasse capaz de chegar ao final de mais essa etapa.

Aos meus pais, **JOSÉ GONÇALVES DA SILVA (ZITO) E MARLENE AGUIAR DA SILVA (LENA)** pelo apoio, compreensão, incentivo, carinho e satisfação em sempre me ajudar a qualquer hora e de qualquer jeito.

As minhas irmãs, **JOSÉLIA AGUIAR DA SILVA, JANAÍNA AGUIAR DA SILVA E JULIANA AGUIAR DA SILVA**, por sempre acreditarem em mim e estar sempre à disposição, tanto na amizade, quanto na compreensão.

A **LÍGIA MARIA RIBEIRO LIMA**, minha esposa que tem sido nesses últimos anos minha base de sustentação. Obrigado pelo carinho, companheirismo, compreensão e amor.

A dona **Diva e seu Dário**, meus sogros e a **Mérgia** minha cunhada, pela compreensão, paciência e confiança depositados ao longo desses anos.

A todos os amigos e familiares que acreditam no meu potencial e sempre me incentivaram nessa caminhada.

Ao Professor **Dr. Pedro Dantas Fernandes**, pela orientação, apoio, dedicação e paciência, que sempre me dispôs e que com certeza contribuiu muito nessa minha nova jornada acadêmica e profissional.

Aos participantes da Banca Examinadora de minha Tese, que se dispuseram a contribuir para a melhoria do trabalho final.

A **Embrapa Algodão** pela disponibilidade de infra-estrutura física, humana e financeira que possibilitaram a realização do experimento em Barbalha-CE, em especial, aos Pesquisadores **Dr. José Renato Cortez Bezerra** e **Dra. Nair Helena Castro Arriel**.

Aos meus amigos, **Gleibson Dionízio Cardoso, Isaias Alves, Dalfran Vale, Felipe Macedo, Ramiro Pinto, Geraldo Santos, Fábio Aquino, Melchior Batista, Manoel Francisco, Jeane Jerônimo, Flávio Torres**, dentre vários outros.

Aos meus companheiros e irmãos **Junior Veloso e Fernando Figueirêdo**.

A TODOS VOCÊS, MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS.

“QUE NUNCA AS MÁIS FASES DA VIDA POSSAM TIRAR-LHES A ESPERANÇA DE MELHORES DIAS E MAIORES CONQUISTAS”.

“SE SEMPRE BUSCARES FAZER O BEM E O QUE É CORRETO, NUNCA FALTAREIS EM TEUS SONHOS E SEMPRE TE AJUDAREIS PARA QUE POSSAS REALIZÁ-LOS E QUE CRESÇAS SÁBIO E JUSTO”.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	21
2. OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivo Geral.....	22
2.2 Objetivos Específicos.....	22
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	24
3.1 Informações básicas sobre gergelim.....	24
3.2 Fisiologia e produção do gergelim.....	25
3.3 Importância sócio-econômica.....	26
3.4 Irrigação no gergelim.....	28
3.5 Extração de nutrientes.....	31
3.6 Óleos vegetais.....	33
3.6.1 Óleo de gergelim.....	34
3.7 Análise de crescimento.....	35
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
4.1 Local do experimento.....	37
4.2 Clima e Solo.....	38
4.3 Água utilizada na irrigação.....	40
4.4 Fatores em estudo e tratamentos.....	40
4.4.1 Características dos genótipos.....	41
4.5 Implantação do experimento.....	44
4.6 Condução do experimento.....	44
4.7 Manejo da irrigação.....	44
4.8 Variáveis de crescimento.....	46
4.8.1 Altura e diâmetro caulinar de plantas.....	46
4.8.2 Área foliar (AF).....	46
4.8.3 Razão da Área Foliar (RAF) e Duração da Área Foliar (DAF)	46
5 Taxas de Crescimento.....	47
5.1 Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Taxa de Crescimento de Cultivo (TCC), Índice de Área Foliar (IAF) e Taxa de Assimilação Líquida (TAL).....	47
5.2 Fitomassa	49

5.2.1 Matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos.....	49
5.3 Teor (%) de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas plantas.....	49
5.3.1 Teor (%) de macronutrientes em peso de matéria seca de raiz.....	49
5.3.2 Teor (%) de macronutrientes em peso de matéria seca de caule..	49
5.3.3 Teor (%) de macronutrientes em peso de matéria seca de folhas.	49
5.4 Conteúdo (mg) de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas plantas.....	49
5.4.1 Conteúdo (mg) de macronutrientes em peso de matéria seca de raiz	49
5.4.2 Conteúdo (mg) de macronutrientes em peso de matéria seca de caule.....	49
5.4.3 Conteúdo (mg) de macronutrientes em peso de matéria seca de folhas.....	49
5.5 Produção e seus componentes.....	50
5.5.1 Número de Frutos por Planta (NFP), Rendimento de Grãos e Índice de Colheita (I.C.).....	50
5.6 Variáveis relacionadas à semente.....	50
5.6.1 Teor de umidade, Peso de mil sementes, Teor de óleo e Teor de proteína.....	50
5.7 Análise Estatística.....	50
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
6.1 Variáveis de Crescimento.....	52
6.1.1 Altura de plantas.....	52
6.1.2 Diâmetro caulinar.....	59
6.1.3 Área Foliar (AF).....	62
6.1.4 Razão da Área Foliar (RAF), Duração da Área Foliar (DAF) e Taxa de Crescimento Relativo (TCR).....	65
6.1.5 Taxas de Crescimento.....	69
6.1.5.1 Taxa de Crescimento de Cultivo (TCC), Índice de Área Foliar (IAF) e Taxa de Assimilação Líquida (TAL).....	69
6.2 Fitomassa de raiz, caule, folhas e frutos.....	73
6.3. Teor de macronutrientes.....	77
6.3.1 Teor (%) de macronutrientes na matéria seca de raiz.....	77

6.3.2 Teor (%) de macronutrientes na matéria seca de caule.....	80
6.3.3 Teor (%) de macronutrientes na matéria seca de folhas.....	86
6.4 Conteúdo de macronutrientes.....	94
6.4.1 Conteúdo (mg) de macronutrientes na matéria seca de raiz.....	94
6.4.2 Conteúdo (mg) de macronutrientes na matéria seca de caule.....	100
6.4.3 Conteúdo (mg) de macronutrientes em peso de matéria seca de folhas.....	108
6.5 Variáveis relacionadas à semente.....	112
6.5.1 Teor de umidade, peso de mil sementes, teor de óleo e teor de proteína.....	112
6.6 Produção e seus componentes.....	118
6.6.1 Número de frutos por planta (NFP), rendimento de grãos e índice de colheita (I.C.).....	118
7.0 CONCLUSÕES.....	125
8.0 REFERÊNCIAS.....	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem de satélite da localização da área de estudo. Barbalha-CE, 2010.....	37
Figura 2. Localização da área em estudo.....	37
Figura 3. Croqui da área experimental, identificando a distribuição dos genótipos e a linha de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	42
Figura 4. Croqui da área experimental, identificando a distribuição das faixas de irrigação e a direção das linhas de plantio do gergelim. Barbalha-CE, 2010.....	43
Figura 5. Altura da planta de gergelim em função de lâminas (L) de irrigação ao longo do tempo de estudos (dias). Barbalha-CE, 2010.....	58
Figura 6. Altura da planta de gergelim em função dos genótipos estudados, em relação ao tempo (dias). Barbalha-CE, 2010.....	58
Figura 7. Diâmetro caulinar da planta de gergelim em função de lâminas de irrigação, no período de estudo, Barbalha-CE, 2010.....	61
Figura 8. Diâmetro caulinar da planta dos três genótipos de gergelim no período de estudo, Barbalha-CE, 2010.....	62
Figura 9. Área foliar da planta de gergelim em função de lâminas de irrigação, no período de estudo. Barbalha-CE, 2010.....	64
Figura 10. Área foliar dos três genótipos estudados de gergelim, em relação ao tempo, após emergência. Barbalha-CE, 2010.....	65
Figura 11. Duração da área foliar de gergelim, em função dos três genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.....	67
Figura 12. Índice de área foliar de gergelim, em função dos três genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.....	71
Figura 13. Peso de matéria seca de frutos (g) em função dos genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.....	75
Figura 14. Teor de Potássio na lâmina de irrigação 3, em função dos genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.....	80
Figura 15. Modelo de regressão para teor de nitrogênio no caule em função de lâminas de irrigação, Barbalha-CE, 2010.....	83
Figura 16. Modelo de regressão para teor de fósforo no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	84

Figura 17. Modelo de regressão para teor de potássio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	85
Figura 18. Modelo de regressão para teor de magnésio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	86
Figura 19. Modelo de regressão para teor de enxofre no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	86
Figura 20. Modelo de regressão para teor de nitrogênio nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	90
Figura 21. Modelo de regressão para teor de fósforo nas folhas em função de lâminas de irrigação, Barbalha-CE, 2010.....	91
Figura 22. Modelo de regressão para teor de potássio nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	92
Figura 23. Modelo de regressão para teor de magnésio nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	93
Figura 24. Modelo de regressão para teor de enxofre nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	94
Figura 25. Conteúdo de N (mg) nas raízes em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	97
Figura 26. Conteúdo de P (mg) nas raízes função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	98
Figura 27. Conteúdo de K (mg) nas raízes função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	99
Figura 28. Conteúdo de Ca (mg) nas raízes função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	100
Figura 29. Modelo de regressão para conteúdo de nitrogênio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	103
Figura 30. Modelo de regressão para conteúdo de fósforo no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	104
Figura 31. Modelo de regressão para conteúdo de potássio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	105
Figura 32. Modelo de regressão para conteúdo de potássio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	106
Figura 33. Modelo de regressão para conteúdo de magnésio no caule em	

função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	107
Figura 34. Modelo de regressão para conteúdo de enxofre no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	108
Figura 35. Modelo de regressão para conteúdo de fósforo nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	111
Figura 36. Modelo de regressão para conteúdo de magnésio em folhas, em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	112
Figura 37. Peso médio de mil sementes de gergelim, em função dos três genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.....	114
Figura 38. Modelo de regressão para teor de óleo (%) em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	117
Figura 39. Modelo de regressão para teor de proteína (%) em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	118
Figura 40. Modelo de regressão para rendimento de grãos (kg m^{-2}) em função de lâminas de irrigação. Barbalha. CE, 2010.....	122
Figura 41. Modelo de regressão para rendimento de grãos (kg m^{-2}) dos genótipos, em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Conteúdo de óleo de fontes oleaginosas.....	34
Tabela 2. Valores médios mensais de precipitação (mm), no ano de 2010, temperatura média (°C), temperatura máxima média (°C), temperatura mínima média (°C), precipitação média (mm), umidade relativa média (%) e insolação total (h) do Município de Barbalha – CE.	38
Tabela 3. Análise textural e caracterização físico-hídrica do solo da área experimental. Barbalha – CE, 2005.....	39
Tabela 4. Resultado da análise da fertilidade do solo. Barbalha-CE, 2010.....	39
Tabela 5. Características químicas da água utilizada na irrigação. Barbalha-CE, 2010.....	40
Tabela 6. Características agrônômicas das cultivares de Gergelim BRS 196/CNPA – G4 e RS Seda 2010.....	41
Tabela 7. Resumos da análise de variância referente aos dados de altura de plantas (cm) dos 15 aos 90 dias após a germinação das plantas. Barbalha-CE, 2010.....	52
Tabela 8. Teste de médias para altura de plantas (cm) de gergelim em função de lâminas de irrigação e de genótipos dos 15 aos 90 dias após a emergência. Barbalha-CE, 2010.....	53
Tabela 9. Resumo da análise de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade da variável, altura de planta (cm) dos 15 aos 90 dias após a emergência das plantas (DAE). Barbalha-CE, 2010.....	54
Tabela 10. Teste de médias do desdobramento da interação para altura de plantas (cm), dos 15 aos 90 dias após a emergência das plantas. Barbalha-CE, 2010.....	55
Tabela 11. Resumo da análise de variância para os modelos de equações de regressão, ajustada aos dados de altura de plantas em função de lâminas (L) e genótipos (G) durante o período de estudo (dias). Barbalha-CE, 2010.....	56
Tabela 12. Análise de crescimento em altura do gergelim, em função de	

lâminas (L) e genótipos (G), ao longo do período de estudo (dias). Barbalha-CE, 2010.....	57
Tabela 13. Resumo da análise de variância para os modelos de equações de regressão, ajustada aos dados de diâmetro de plantas em função de lâminas (L) e genótipos (G) durante o período de estudo (dias). Barbalha-CE, 2010.....	59
Tabela 14. Análise de crescimento em diâmetro de plantas de gergelim, em função de lâminas (L) e genótipos (G), ao longo do período de estudo, em dias. Barbalha-CE, 2010.....	60
Tabela 15. Resumo da análise de variância para os modelos de equações de regressão, ajustada aos dados de área foliar (cm ²) em função de lâminas (L) e genótipos (G) durante o período de estudo (dias). Barbalha-CE, 2010.....	62
Tabela 16. Análise de crescimento de área foliar de plantas de gergelim, em função de lâminas (L) e genótipos (G) durante o período de estudo, em dias, Barbalha-CE, 2010.....	63
Tabela 17. Resumo das análise de variância referente aos dados de RAF, DAF e TCR. Barbalha-CE, 2010.....	65
Tabela 18. Teste de médias para duração da área foliar em função dos diferentes genótipos, Barbalha-CE, 2010.....	66
Tabela 19. Resumo da análise de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis RAF, DAF e TCR, Barbalha-CE, 2010.....	68
Tabela 20. Teste de médias do desdobramento da interação para TCR, Barbalha-CE, 2010.....	69
Tabela 21. Resumos das análises de variâncias referentes aos dados de TCC, IAF e TAL. Barbalha-CE, 2010.....	69
Tabela 22. Teste de médias para TCC, IAF e TAL em função de diferentes lâminas de irrigação e genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.....	70
Tabela 23. Resumo da análise de variância referente aos desdobramentos dos de liberdade das variáveis TCC, IAF e TAL. Barbalha-CE, 2010.....	72
Tabela 24. Resumo da análise de variância referente aos dados de peso de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos. Barbalha-CE, 2010.....	73

Tabela 25. Teste de médias para peso de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos em função de diferentes lâminas de irrigação e genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.....	74
Tabela 26. Resumo da análise de variância referente aos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis: Peso de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos. Barbalha-CE, 2010.....	76
Tabela 27. Teste de médias do desdobramento da interação para peso de matéria seca da raiz, caule, folhas e frutos, Barbalha-CE, 2010.....	77
Tabela 28. Resumo da análise de variância referente aos dados de teor (%) de nutrientes em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.....	77
Tabela 29. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.....	78
Tabela 30. Teste de médias do desdobramento da interação para N, P, K, Ca, Mg e S em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.....	79
Tabela 31. Resumo da análise de variância referente aos dados de teor (%) de nutrientes em matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.....	80
Tabela 32. Resumo da análise de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.....	81
Tabela 33. Teste de médias do desdobramento da interação para N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.....	82
Tabela 34. Resumo da análise de variância para os modelos de equações da análise de crescimento, ajustada aos dados dos teores de nitrogênio, fósforo e magnésio no caule em função das lâminas. Barbalha-CE, 2010.....	82
Tabela 35. Resumo da análise de variância referente aos dados de nutrientes em peso de matéria seca das folhas. Barbalha-CE, 2010.....	87
Tabela 36. Resumo da análise de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de folhas. Barbalha-CE, 2010.....	88
Tabela 37. Teste de médias do desdobramento da interação para teor (%) de N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de folhas. Barbalha-CE,	

2010.....	88
Tabela 38. Resumo da análise de variância para os modelos de equações da análise de crescimento, ajustada aos dados dos teores de fósforo e magnésio nas folhas, em função das lâminas, Barbalha-CE, 2010...	89
Tabela 39. Resumo da análise de variância referente aos dados de conteúdo de nutrientes (mg) em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.....	95
Tabela 40. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referente aos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.....	95
Tabela 41. Teste de médias do desdobramento da interação para N, P, K, Ca, Mg e S em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.....	96
Tabela 42. Resumo da análise de variância referente aos dados de conteúdo (mg) de nutrientes em matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010....	100
Tabela 43. Resumo da análise de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.....	101
Tabela 44. Teste de médias do desdobramento da interação para conteúdo de N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.....	102
Tabela 45. Resumo da análise de variância referente aos dados de nutrientes em peso de matéria seca das folhas. Barbalha-CE, 2010.....	108
Tabela 46. Resumo da análise de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de folhas. Barbalha-CE, 2010.....	109
Tabela 47. Teste de médias do desdobramento da interação para conteúdo (mg) de N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de folhas. Barbalha-CE, 2010.....	110
Tabela 48. Resumo da análise de variância referente aos dados de Umidade, Peso de mil sementes, Teor de óleo e Teor de proteína. Barbalha-CE, 2010.....	112
Tabela 49. Teste de médias para teor de umidade (%), peso de mil sementes (%), teor de óleo (%) e teor de proteína (%), em função de diferentes lâminas de irrigação e dos genótipos estudados.	

Barbalha-CE, 2010.....	113
Tabela 50. Resumo da análise de variância referente aos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis: Umidade, Peso de mil sementes, Teor de óleo e Teor de proteína. Barbalha-CE, 2010.....	115
Tabela 51. Teste de médias do desdobramento da interação para peso de mil sementes. Barbalha-CE, 2010.....	116
Tabela 52. Resumo das análises de variâncias para os modelos de equações de regressão, ajustada aos dados de teor de óleo e teor de proteína em função das lâminas. Barbalha-CE, 2010.....	116
Tabela 53. Resumos das análises de variâncias referentes aos dados de número de frutos, rendimento de grãos e índice de colheita, Barbalha-CE, 2010.....	119
Tabela 54. Teste de médias para número de frutos, rendimento de grãos e índice de colheita, em função de diferentes lâminas de irrigação e genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.....	119
Tabela 55. Resumo da análise de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: número de frutos por planta, rendimento de grãos e índice de colheita. Barbalha-CE, 2010.....	120
Tabela 56. Teste de médias do desdobramento da interação para número de frutos. Barbalha-CE, 2010.....	121
Tabela 57. Teste de médias do desdobramento da interação para rendimentos de grãos. Barbalha-CE, 2010.....	121

Silva, José Carlos Aguiar da. Crescimento e produção de genótipos de gergelim (*Sesamum indicum* L.) em função de lâminas de irrigação. Universidade Federal de Campina Grande-PB. (Tese de Doutorado em Irrigação e Drenagem).

RESUMO

Visando quantificar e avaliar o crescimento e a capacidade produtiva de diferentes genótipos de gergelim, em função de lâminas de irrigação, foi realizado um experimento na Estação Experimental da Embrapa, em Barbalha-CE, onde foram estudadas cinco lâminas de irrigação (L1=47,38; L2=240,38; L3=477,88; L4=698,88 e L5=1026,50mm) e seus efeitos em diferentes genótipos de Gergelim (G1= BRS Seda; G2 = BRS 196 CNPA G4 e G3 = linhagem ELAG09 – 27561). Fatorialmente combinados resultaram em 15 tratamentos. O delineamento experimental foi em faixas, com 4 repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Foi realizada análise de crescimento destrutiva, com amostragens de 15 em 15 dias para avaliação de área foliar e fitomassa. As variáveis de crescimento foram estudadas em 10 plantas da área útil das parcelas. Ao final do ciclo, foram avaliados a produção e seus componentes. Os resultados relacionados aos genótipos foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas com teste de Tukey, aplicando-se a análise de regressão polinomial até segunda ordem, para lâminas de irrigação, por ser um fator de natureza quantitativo. Os maiores valores dos componentes de produção foram obtidos com a lâmina de 1026,50 mm que duplicou a produtividade do gergelim, em relação à menor disponibilidade hídrica. O crescimento dos genótipos de gergelim foi afetado pelas diferentes lâminas de irrigação, com maior crescimento da BRS Seda, com maior disponibilidade de água, e na menor disponibilidade de água, a ELAG09-27561. Em condições de baixa disponibilidade hídrica para irrigação, recomenda-se o uso do genótipo de gergelim ELAG09-27561 e sendo viável a irrigação plena, recomenda-se o uso do genótipo BRS Seda.

Palavras-Chave: *Sesamum indicum* L., lâminas de irrigação, nutrientes

Silva, José Carlos Aguiar da. Growth and production of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes related to irrigation sheet. Federal University of Campina Grande-PB. (Doctoral Thesis in Irrigation and Drainage).

ABSTRACT

Aiming to quantify and evaluate growth and productive capacity of different sesame genotypes, due to irrigation leyers, an experiment was conducted at Experimental Station of Embrapa, in Barbalha-CE, where was studied five irrigation leyers (L1 = 47.38, L2 = 240.38, L3 = 477.88, L4 = 698.88 and L5 = 1026.50 mm) and its effects on different Sesame genotypes (G1 = BRS Seda; G2 = BRS 196 CNPA G4 and G3 = ELAG09 – 27,561 lineage). Factorially combined, resulted in 15 treatments. The experimental delineation was arranged in strips with 4 replicates, totaling 60 experimental units. Destructive growth analysis was performed, with samplings from 15 to 15 days to estimate leaf area and phytomass. Growth variables were studied in 10 plants from useful area of plots. At the end of the cycle, were evaluated production and its components. Results related to genotypes were subjected to variance and mean analysis, compared with Tukey test, applying a polynomial regression analysis until second order, to irrigation leyers, to be a quantitative nature factor. Higher values of production components were obtained with sheet of 1026.50 mm that doubled the sesame productivity, in relation to lower water availability. Sesame genotypes growth was affected by different irrigation leyers, with higher growth of BRS Silk, with greater water availability, and reduced water availability, ELAG09-27561. In conditions of low water availability for irrigation, it is recommended use of ELAG09-27561 sesame genotype and, when could be viable complete irrigation, it is recommended use of BRS Seda genotype.

Keywords: *Sesamum indicum* L., irrigation leyers, nutrients

1 INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma espécie oleaginosa pertencente à família *Pedaliaceae*, originária, possivelmente, da Índia ou da Etiópia (RICCI et al., 1999). Por conterem suas sementes cerca de 50% de óleo de excelente qualidade, o interesse pela cultura tem se expandido, principalmente, nas regiões Centro Oeste, Norte e Nordeste do Brasil (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

De acordo com Castellaneli et al. (2007), o gergelim é uma cultura adaptada ao clima tropical e subtropical, com tolerância à seca e facilidade de cultivo. Atualmente, vem sendo cultivado em 71 países, especialmente na Ásia e África. A produção mundial está estimada em 3,8 milhões de toneladas, obtidas em 7,8 milhões de hectares, com uma produtividade média de 487 kg ha⁻¹. O Brasil é considerado um pequeno produtor, com 16 mil toneladas produzidas em 25 mil ha e rendimento de 640 kg ha⁻¹ (FAO, 2012).

Por ser uma planta tolerante a períodos de déficit hídrico, o gergelim é muito usado na região Nordeste, principalmente nos estados da Paraíba, do Rio Grande do Norte e Ceará, em plantios isolados ou consorciados, tornando-se uma importante fonte de renda para a agricultura familiar e manutenção do homem no campo (ALMEIDA et al., 2010).

O grão, principal produto do gergelim, é utilizado na indústria alimentar, principalmente na panificação, na indústria de biscoitos e de doces, além de diversas outras utilizações na culinária caseira. Suas sementes contêm de 17% a 32% de proteínas sobre matéria seca. O teor de óleo varia de 41% a 65%. São ricas em aminoácidos nobres; em substâncias bioativas e imunoestimulantes, como arginina, metionina, cistina e leucina; e ainda em sais minerais, como cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, zinco e selênio. São encontradas também vitaminas A, C e do complexo B e niacina (ARRIEL & CARDOSO, 2011).

O cultivo do gergelim, em grande escala comercial, depende, ainda, das modificações nos costumes culturais e sociais da população. Nos últimos anos, o consumo do gergelim, pela população brasileira, tem aumentado, consideravelmente, e isto se deve à importação de sementes de alta qualidade (o Brasil importou mais de 60% do que consome), principalmente aquelas de cor branca (BARROS et al., 2001).

Tendo em vista as boas perspectivas dos mercados, nacional e internacional, o interesse por sementes de gergelim, com aplicações diversas, encontra-se em plena ascensão, devido ao aumento da quantidade de produtos industrializáveis para consumo, que tem crescido em torno de 15% ao ano, gerando demanda do produto "in natura" e mercado potencial, capaz de absorver quantidades superiores à atual oferta (BELTRÃO e VIEIRA, 2001).

Para germinar, crescer, desenvolver-se e produzir, ou seja, externar seu potencial genético, a cultura depende, basicamente, de três fatores: umidade, temperatura e luminosidade. Há referências de bons rendimentos com chuvas de 375 a 500 mm anuais (WEISS, 1983).

São variados os estudos já realizados com o gergelim, em geral, envolvendo espaçamentos e densidades (configurações) de plantio (AMABILE et al., 2002), inclusive, cultivos mecanizados, com elevadas densidades de plantio (PEREIRA, et. al. 2010), mas sem pesquisas envolvendo irrigação.

A demanda por mais tecnologias para cultura já é significativa e aumenta, paulatinamente, sendo uma das principais deficiências relacionada a sistemas de cultivo irrigado do gergelim no Brasil, devido à escassez de pesquisas focadas nesse tema, apesar da demanda existente.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o crescimento e os componentes de produção em genótipos de gergelim (*Sesamum indicum* L.), submetidos a diferentes lâminas de irrigação, no município de Barbalha-CE.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento de genótipos de gergelim, em diferentes disponibilidades de água.
- Determinar o conteúdo de matéria seca em raízes, caules e folhas.
- Estimar a concentração e o conteúdo de nutrientes dos componentes de produção nos genótipos de gergelim.
- Determinar a melhor lâmina de irrigação a ser utilizada no cultivo de gergelim.

- Determinar o melhor genótipo para o cultivo em condições de baixa e suficiente disponibilidade de água para irrigação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Informações básicas sobre gergelim

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) tem ampla adaptabilidade edafoclimática, com boa produção em regiões com precipitação pluviométrica entre 400 a 650 mm, mostrando-se tolerante à seca (ARRIEL et al., 1999); assim, constitui excelente opção de cultivo para as regiões semiáridas do Nordeste e como safrinha, na região dos cerrados.

De acordo com Silva, (2006), possui 16 gêneros e 60 espécies mencionando-se 49 espécies do gênero *Sesamum*. Botanicamente, o gergelim é classificado como uma pedaliácea anual ou perene, dependendo da variedade, a altura varia, de 0,5 a 3 m, de caule ereto, com ou sem ramificações, com ou sem pêlos e de seção quadrangular ou cilíndrica, com razoável nível de heterofilia, folhas pecioladas, pubescentes, flores completas e axilares, gamopétalas e zigomorfas, com fruto tipo cápsula e descência loculicida.

Suas cultivares podem ser diferenciadas por vários atributos, como altura, ciclo, coloração do caule, das folhas e das sementes, tipo de ramificação e resistência a pragas e doenças. As cultivares que apresentam sementes de coloração branco e amarelo claro são as de maior valor comercial, pois as sementes escuras tem demanda muito restrita para o uso caseiro e medicinal.

É uma planta adaptada à temperatura média de 25 a 30 °C (SEARA, 1989). As plantas têm melhor desenvolvimento e máxima produção em regiões onde as temperaturas são elevadas. No intervalo entre 25 e 27 °C os processos de germinação, floração e frutificação são favorecidos.

Em temperaturas abaixo de 20 °C ocorre atraso na germinação e no desenvolvimento. Quando as temperaturas são inferiores a 10 °C, o metabolismo é paralisado (SALEHUZZAMAN e PASHA, 1979). A grande maioria dos genótipos produz bem até a altitude de 1.250m, além disto, a produtividade é reduzida.

Temperaturas médias do ar entre 25 a 27°C são ótimas, inclusive para a germinação das sementes, pois temperaturas baixas, além de retardar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, reduzem a qualidade do óleo,

interferindo negativamente nos teores de sesamina e sesamolina (OLIVEIRA et al., 2000).

Após a germinação são necessários pelo menos 45 dias sem baixa temperatura (WEISS, 1983). A cultura requer de 400 a 500 mm para completar o seu ciclo, com uma exigência de 160 a 180 mm durante o primeiro mês de cultivo (PEIXOTO, 1972). É a nona oleaginosa mais cultivada no mundo.

A Ásia e a África detêm cerca de 96% da área plantada. Os principais países produtores são: Índia e Myanmar, com 50% da produção mundial, seguidos de Sudão, China, Etiópia, Nigéria, Uganda, Níger, Burkina Faso e Tanzânia (FAO, 2012). A produção mundial está estimada em 3,8 milhões de toneladas, obtidas em 7,58 milhões ha, com uma produtividade de 487 kg.ha⁻¹. O Brasil ainda é considerado pequeno produtor com 15 mil toneladas produzidas em 25 mil ha e rendimento de 640 kg ha⁻¹ (FAO, 2012).

Apesar de possuir condições edafoclimáticas favoráveis à produção, a região Nordeste do Brasil importa mais de 60% do que consome, principalmente aquelas de cor branca (BARROS et al., 2001).

O principal produto do gergelim é sua semente, pequena, achatada, de coloração variando do branco ao preto, possui elevado valor alimentar (EPSTEIN, 2000). Contém quantidades significativas de vitaminas do complexo B, B1, B2 e niacina, sendo considerada rica em constituintes minerais como: Fe, P, K, Mg, Zn e Se (NAMIKI, 1995). Cresce e produz bem em vários tipos de solos. Prefere os de boa fertilidade e bem drenados, textura e estrutura são fatores secundários. Não suporta solos salinos, sendo muito sensível aos sais, prefere solos de reação neutra (pH = 7,0), solos ácidos reduzem a produção.

3.2 Fisiologia e produção do gergelim

O gergelim é uma cultura tolerante à seca, característica importante para que seu cultivo seja recomendado para as áreas semiáridas da região Nordeste do Brasil, onde se obtém altos rendimentos de grãos e baixa incidência de doenças foliares (SOUZA et al., 2000).

As plantas de gergelim possuem níveis diferentes de resistência estomática ou cuticular, o que proporciona economia de água. O gergelim possui resistência estomática em nível elevado, o que reduz bastante a transpiração e,

conseqüentemente, o consumo de água (HALL et al., 1979) uma das principais características fisiológicas dessa planta (MAZZANI, 1956).

No gergelim, o comprimento das raízes e área foliar contribuem para maior eficiência no uso da água (BISBAL e RICÓN, 1997); entretanto, para que as plantas produzam é preciso que ocorra a fixação do carbono e, como conseqüência, a perda de água através dos estômatos. A eficiência do uso de água na formação da biomassa difere entre as espécies cultivadas, o que implica na diferença de economia de água das plantas (SOUZA e BELTRÃO, 1999).

Segundo Souza et al. (2000), na região fisiográfica dos Cariris Velhos, no Estado da Paraíba, no ano agrícola de 1999/2000, com apenas 248,3mm de chuvas da época de semeadura à colheita e concentradas em três meses, foi obtida produtividade de 350 kg/ha, um pouco inferior à média mundial que é de 390 kg/ha.

Na Venezuela obtêm-se, em regiões secas, produtividades acima de 1000 kg/ha. Para Souza, et. al. (2000), O gergelim possui elevada resistência estomática, o que reduz bastante a transpiração e, conseqüentemente, o consumo de água, que é uma das principais características fisiológicas dessa planta.

3.3 Importância sócio-econômica

O cultivo desta oleaginosa é de grande potencial econômico, devido às possibilidades de exploração, tanto no mercado nacional quanto no internacional, visto que suas sementes contam com cerca de 50% de óleo de excelente qualidade, utilizável em indústrias alimentar, química e farmacêutica (BARROS et. al., 2001).

O gergelim constitui alimentação básica popular, pois a semente pode ser consumida também "in natura", em preparações diversas; todavia o óleo é a principal razão de seu cultivo, pois se trata de um óleo de alta qualidade servindo também, como base para o preparo de gorduras compostas, margarinas e óleos para salada, é um óleo rico em ácidos graxos insaturados, como oléico e linoléico (BARROS et al., 2001).

É quase todo comercializado sob a forma de semente e as transações com o óleo ainda são muito poucas, tendo sido necessário importar o produto, a partir

de 1990, as importações continuaram crescendo gradativamente atingindo, no ano agrícola 1997/98, 209 toneladas e em 2010, com consumo anual insuficiente e estimado em 9 mil toneladas, o Brasil importou 4,1 mil toneladas de gergelim (MENDES, 2011).

Foi a partir do ano agrícola de 1989/90, que a importância econômica do gergelim teve crescimento gradativo e, à medida que foram agregadas novas fontes de aproveitamento do grão e de seus subprodutos, o gergelim se destacou num mercado sempre crescente, nos setores da panificação e na indústria de biscoitos, além de um mercado pouco explorado, o óleo para consumo humano. Para atender a este crescente mercado, o Brasil passou a importar gergelim (BARROS et al., 2001). Caracterizado como pequeno produtor de gergelim, com 15 mil toneladas produzidas numa área de 24 mil hectares e rendimentos médios em torno de 650 kg/ha nos período de 1999 a 2002 (IICA, 2004).

A possibilidade de exportação de óleo para a Comunidade Européia, Japão, Israel e outros países possibilitaria maior projeção do produto brasileiro no mercado internacional. O Mercado mundial desta oleaginosa está em plena ascensão, porque aumenta cada vez o quantitativo de produtos industrializados com gergelim para o consumo (alimentação, cosméticos e farmacologia) gerando demanda do produto "in natura" (QUEIROGA, 2010).

Nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, o gergelim é uma excelente alternativa para o consumo alimentar, uma opção extremamente importante, por se constituir em mais uma alternativa de renda e fonte de proteína para os pequenos e médios produtores. No Brasil, os preços pagos pelo produto são bastante compensadores e a possibilidade de bons rendimentos na lavoura torna o cultivo do gergelim muito promissor.

No Nordeste brasileiro, é uma fonte potencial supridora de proteína, sendo explorado por pequenos produtores familiares, sob diferentes formas de manejo, com utilização de materiais com baixo potencial produtivo, se reflete em baixo rendimento por unidade de área, com grandes flutuações de ano a ano (QUEIROGA, 2010).

3.4 Irrigação no gergelim

Com a segunda área potencial irrigável do mundo, 55 milhões de hectares, o Brasil tem apenas uma pequena parcela de suas terras agricultáveis dedicada à irrigação – 3,0 milhões de hectares, o que representa apenas 1% da área total irrigada no mundo. Porém, tudo indica que a atividade é ainda mais promissora dentro de nossas fronteiras, pois, enquanto no mundo cerca de 17% da área plantada é irrigada e responde por 40% da produção global, no Brasil 5% da área plantada é irrigada e responde por 16% da produção brasileira. No País, 61% da água captada dos rios e lagos é utilizada na irrigação e 50% dessa água é efetivamente utilizada pelas plantas (ITABORAHY, 2004).

De acordo com Couto (2003), a agricultura consome 70% dos recursos hídricos utilizados no mundo enquanto a atividade industrial utiliza apenas 23% e o uso doméstico 7%. A área irrigada global é de aproximadamente 260 milhões de hectares, representando 17% da área total cultivada, porém contribui com 40% da produção de alimentos. Portanto, a produtividade da agricultura irrigada mundial equivale a 2,4 vezes a da agricultura de sequeiro. No Brasil, a agropecuária consome cerca de 61% da água utilizada, enquanto o uso industrial é de 18% e o uso doméstico e municipal alcança 21%.

A área irrigada no Brasil está estimada em pouco mais de 3 milhões de hectares, distribuídos nas regiões do país aproximadamente nas seguintes porcentagens: Norte – 3%, Nordeste – 19%, Sudeste – 30%, Sul – 41%, Centro-Oeste – 7%. Em termos de porcentagem ocupada por método de irrigação, observa-se: superfície – 58%, aspersão convencional e autopropelida – 17%, aspersão mecanizada – 19%, microirrigação – 6% (ITABORAHY, 2004).

Dentre os diversos usos dos recursos hídricos, a irrigação se destaca pela importância socioeconômica em regiões agrícolas áridas e semiáridas, onde é praticada para suplementar a precipitação natural no atendimento das necessidades hídricas das culturas (FARIAS et al., 2000).

De todos os possíveis usos da água doce, como higiene, alimentação, transporte, lazer e processos produtivos industriais, comerciais e agrícolas, a atividade agrícola é a área) da Região Nordeste do Brasil, contribuindo para elevados índices de pobreza. Assim, a irrigação torna-se a prática mais segura para garantir a produção agrícola na região (SANTOS, 2010).

A agricultura irrigada tem otimizado a produção mundial de alimentos, gerando desenvolvimento sustentável no campo e gerando mais empregos e renda para população rural. A água é essencial para o incremento da produção das culturas, por isso o seu uso deve ser feito da melhor forma possível para que se obtenha produções satisfatórias e altos rendimentos, isso exige o conhecimento sobre o crescimento das culturas e seu rendimento em diferentes condições (ARAGÃO, 2012).

Quando se fala em obtenção de um maior retorno econômico em atividade agrícola, satisfazer somente as necessidades da cultura não é suficiente, sendo necessário observar outros fatores, tais como: clima, solo e adubação. Contudo, o inadequado fornecimento de água e nutrientes às culturas são fatores que limitam mais freqüentemente o seu rendimento, minando a eficiência de produção do sistema agrícola (BARROS; COSTA; AGUIAR, 2002).

A agricultura irrigada tem como objetivos principais garantir a produção e aumentar a produtividade das culturas, além de buscar a maximização da eficiência do uso da água e a otimização dos fatores de produção. De acordo com Bernardo (2006), a otimização do fator água deve possibilitar a melhor utilização dos insumos de produção, a fim de se obter maiores produtividades, com melhores combinações dos fatores utilizados. Para tanto, é necessário conhecer as funções de produção ou superfícies de resposta, para auxiliar nas decisões, uma vez que essas funções permitem as interações entre fatores que afetam a produtividade (SOUZA; BELTRÃO; SANTOS, 2000).

Dentre os diversos usos dos recursos hídricos, a irrigação destaca-se pela importância socioeconômica em regiões agrícolas áridas e semi-áridas, onde é praticada para suplementar a precipitação natural no atendimento das necessidades hídricas das culturas (FARIAS et al., 2000).

O emprego da irrigação na agricultura viabiliza a produção, regulariza e complementa o uso do solo, aumentando a produtividade das culturas. Em certos casos, o sucesso da plantação depende em muito da irrigação suplementar durante o período crítico da cultura, sendo muito comum em zonas sujeitas à estiagem prolongada efetuar-se até três plantios consecutivos e estas plantações ficam sujeitas aos azares e deficiências de água, que são perfeitamente suplementadas utilizando sistemas de irrigação adequados, tornando-se assim fator preponderante para a segurança da colheita (MESQUITA, 2010).

O manejo da irrigação em culturas irrigadas tem como ponto chave decidir como, quanto e quando irrigar. Além disso, a quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, podendo ser estimada através da evapotranspiração ou por meio da tensão de água no solo.

Para se alcançar todos os objetivos da prática de irrigação, os quais englobam a maximização da produção, racionalização do uso da mão-de-obra, energia, água e fertilizante, e a aplicação correta da água, é indispensável adotar um correto manejo da irrigação (MESQUITA, 2010). Para esse autor, na visão integrada, o conceito de manejo de irrigação amplia-se para manejo da agricultura irrigada. Considerando outros pontos importantes: avaliação e ajuste do sistema de irrigação, verificação da eficiência de irrigação, possibilidades, etapas e cuidados na implantação da quimigação (fertirrigação e demais aplicações de produtos químicos via água de irrigação), cultura (variedades com altos potenciais de produção, espaçamento, tratos culturais, época de plantio, programação da colheita), utilização ampla das informações climáticas e previsão de produtividade.

Para Bernardo (2005), também é necessário conhecer o comportamento da cultura em função das diferentes quantidades de água fornecida e identificar as fases de desenvolvimento de maior consumo de água, e os períodos críticos, quando a falta ou o excesso provocaria quedas de produção. Mas muito embora o gergelim seja uma planta tolerante à seca, suas maiores produtividades serão observadas quando conduzida em condições hídricas favoráveis (SOUZA; BELTRÃO; SANTOS, 2000).

A prática da irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semiárido brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido à alta taxa de evapotranspiração, que excede a taxa de precipitação durante a maior parte do ano (CHEYI et al., 1997).

Pereira et al. (1997) afirmam que os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), a partir de elementos medidos em estação agrometeorológica, são bastante utilizados em todo o mundo para se fazer manejo de irrigação. Dentre os métodos empíricos empregados, destacam-se os de Thorthwaite, Camargo, Hargreaves & Samani, e o de Penman-Monthieith. De acordo com estudos da FAO, a metodologia empregada por Penman-Monthieith,

deve ser utilizada como padrão para a estimativa da ETo, em virtude dessa metodologia basear-se em processos físicos, levando em consideração parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos na equação (ALLEN et al., 1998). Os mesmos autores afirmam que lâminas d'água em excesso podem provocar perdas de água e lixiviação de nutrientes pela percolação abaixo da zona das raízes, favorecendo a proliferação de micro-organismos patógenos e, em terrenos mal drenados, podem provocar a saturação do solo. E, que quantidade insuficiente de água proporciona uma redução da reserva útil do solo, prejudicando as plantas, desperdiçando recursos valiosos e aumentando os custos da água aplicada, além de acentuar os problemas relacionados com a salinização do solo.

Em estudo com utilização de água residuária tratada e água de abastecimento local sobre variáveis de produção de duas cultivares de gergelim (CNPA G3 e CNPA G4), Santos et al. (2010) afirmam que a cultivar teve influência sobre o número e massa de frutos de gergelim. Que a cultivar CNPA G4 superou em mais de 40% a CNPA G3 nas características de produção. E, que a qualidade da água de irrigação teve influência sobre o número e massa dos frutos de gergelim. Sendo a melhor resposta da cultura obtida quando as plantas foram submetidas à irrigação com água residuária tratada em relação a água de abastecimento.

Mesmo assim, são muito escassas as pesquisas com irrigação no gergelim, principalmente, no cultivo utilizando diferentes lâminas de irrigação.

3.5 Extração de nutrientes

As plantas necessitam de 17 elementos considerados essenciais. Pode-se começar pela necessidade de água e dos diferentes compostos orgânicos para a sua sobrevivência. Nesses compostos, encontram-se H, C e O, que são incorporados aos tecidos vegetais a partir da absorção de H₂O pelas raízes e da incorporação de CO₂, pelos processos fotossintéticos. Normalmente, o tecido vegetal possui 43% de C, 44% de O₂ e 6% de H. Além desses três elementos, outros seis como N, P, K, S, Ca e Mg, chamados macronutrientes, são absorvidos em quantidades (Kg ha⁻¹) com percentuais elevadas. Os nutrientes exigidos em

menores quantidades (mg ha⁻¹) são: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl e Ni, denominados micronutrientes (MARSCHNER, 1995).

O acúmulo de massa seca e a absorção de nutrientes em função do estágio fenológico da planta fornecem informações para o conhecimento das épocas em que elas absorvem nutrientes em maiores proporções e, ao mesmo tempo, torna-se possível o conhecimento a respeito das épocas mais propícias à adição dos nutrientes, em formas prontamente disponíveis às plantas. Embora o acúmulo de massa seca e de nutrientes sejam afetados pelo clima, pela cultivar e pelos sistemas de cultivo, de modo geral os nutrientes são absorvidos em função do ciclo e da translocação na planta (MACEDO JUNIOR, 1998). A quantidade e a intensidade de absorção de nutrientes pelas plantas são funções das características intrínsecas do organismo, como também dos fatores externos que condicionam o processo.

Para uma dada espécie, a habilidade em retirar os nutrientes do solo e as quantidades requeridas variam não só com a cultivar, mas também com o grau de competição existente. Flutuações ambientais como temperatura e umidade do solo podem afetar o conteúdo de nutrientes nas folhas consideravelmente. Esses fatores influenciam tanto a disponibilidade como a absorção de nutrientes pelas raízes e, conseqüentemente, o crescimento da parte aérea (MARSCHNER, 1995). Por outro lado, a acumulação e a distribuição dos nutrientes minerais na planta dependem de seu estágio de desenvolvimento. Em um determinado instante, os diversos órgãos de uma planta podem apresentar-se em diferentes estádios de desenvolvimento, o que conseqüentemente influenciará a sua composição mineral (TAIZ & ZEIGER, 1998).

A curva ótima de consumo de nutrientes deve definir a dosagem de aplicação de um determinado nutriente, evitando uma possível deficiência ou consumo de luxo (a planta absorve mais do que necessita e essa quantidade a mais, não tem reflexo na produtividade).

No estudo realizado por Laperuta Neto (2006), observa-se que os nutrientes minerais são fornecidos pelo solo e estão divididos em três grupos: os nutrientes primários (NP) – Nitrogênio (N), Fósforo (P) e o Potássio (K); nutrientes secundários (NS) – Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e o Enxofre (E) e, por fim, os micronutrientes – Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo) e o Zinco (Zn). Os NP geralmente tornam-se deficientes no solo

antes dos demais, porque as plantas os usam em quantidades relativamente grandes. Os NS e os micronutrientes são geralmente menos deficientes e usados em quantidades menores.

Os nutrientes minerais têm funções específicas e essenciais no metabolismo das plantas para garantir adequada produtividade, o manejo da adubação deve visar à manutenção de teores médios a elevados de fósforo e potássio no solo. Como o nitrogênio é extraído pela cultura em grandes quantidades e não apresenta efeito residual direto no solo, já que sua dinâmica no mesmo é complexa, a produtividade esperada é um componente importante para a definição de suas doses (CANTARELLA, 2003).

O gergelim extrai do solo, em termos relativos, quantidades elevadas de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), que variam conforme a produção, o estado nutricional, a variedade utilizada e a parte da planta colhida. Em geral, a planta precisa de 50 - 14 - 60 kg ha⁻¹ de N- P₂O₅ - K₂O para produzir 1.000 kg de sementes (QUEIROGA et al., 2008). O excesso de umidade no solo pode aumentar o suprimento de nutrientes que dependem da difusão, como o P e o K, para a superfície das raízes (BARBER, 1984). As doses de N, P₂O₅ e de K₂O devem ser calculadas levando em consideração a reação desses produtos no solo.

3.6 Óleos Vegetais

Segundo dados do IEA (2008), nos últimos anos o mercado mundial de óleos vegetais tem se caracterizado pelo crescimento acentuado da demanda em relação à oferta, tendência que deverá ser acirrada na temporada 2007/08. Para o consumo é prevista expansão de 4,2%, o qual deve alcançar 126,6 milhões de toneladas, frente ao acréscimo de apenas 2,8% na oferta, de 136,2 milhões de toneladas, conforme o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Quanto ao Brasil, a produção de óleo no período out./2007 – set./2008 é estimada em 5,7 milhões de toneladas, com recuo de 3,0% e o consumo total (fins alimentício e biodiesel) em 3,5 milhões de toneladas, 3,4% superior. Desse modo, o estoque final da temporada deve totalizar 301 mil toneladas, o menor patamar dos últimos quatro anos (CORSO, 2008).

Os óleos vegetais são constituídos principalmente de triglicerídeos (95-98%) e uma mistura de componentes menores (2-5%) de uma vasta série de compostos químicos. Os componentes menores apresentam uma ampla composição qualitativa e quantitativa, dependendo da espécie vegetal de que foram obtidos. Entretanto, em uma mesma espécie o conteúdo e a composição destes componentes podem variar devido às condições climáticas e agrônômicas, qualidade da matéria-prima, método de extração e procedimentos de refino. Finalmente, durante a estocagem do óleo, a hidrólise, esterificação e oxidação também originam variações nos mesmos (CORSO, 2008).

Os principais grupos dos componentes menores presentes nos óleos vegetais são: hidrocarbonetos, ceras, álcoois, componentes fenólicos voláteis, fosfolipídios, pigmentos, tocoferóis, tocotrienóis e ácidos triterpênicos (CERT, MOREDA & PÉREZ-CAMINO, 2000).

Segundo SARMENTO (2002), os óleos vegetais são obtidos principalmente de sementes oleaginosas, da polpa de alguns frutos e germe de cereais. Na Tabela 1 pode ser visualizado o teor de óleo de algumas fontes oleaginosas.

Tabela 1. Conteúdo de óleo em fontes oleaginosas

Material oleaginoso	Conteúdo de óleo (%)
Gergelim	50-55
Polpa de palma	45-50
Caroço de palma	45-50
Amendoim	45-50
Colza	40-45
Girassol	35-45
Oliva	25-30
Farelo de arroz	20-30
Soja	18-20

Fonte: CORSO (2008).

3.6.1 Óleo de Gergelim

A principal demanda de gergelim provém da indústria alimentícia, sendo que 70% da produção de grãos, na maioria dos países importadores, são utilizadas para a elaboração de óleo e farinha. Dependendo da variedade, a semente integral do gergelim (*Sesamum indicum*, L), pode conter 54,08% de óleo e 21,83% de proteína, além de ser considerada rica em aminoácidos sulfurados,

característica rara entre as proteínas de origem vegetal (QUEIROGA; SILVA, 2008).

As sementes fornecem óleo muito rico em ácidos graxos insaturados, oléico (47%) e linoléico (41%), além de vários constituintes secundários como sesamol, sesamina, sesamolina e gama tocoferol que determinam sua elevada qualidade, em especial a estabilidade química em decorrência da resistência à rancificação por oxidação, propriedade atribuída ao sesamol. O teor de óleo representa de 44 a 58% do peso das sementes. A torta é rica em proteínas (39,7%) e baixo teor de fibras (4,7%) com elevados teores de vitaminas do grupo B e alta concentração de aminoácidos que contêm enxofre, especialmente a metionina (1,48%), sendo essa concentração de duas a três vezes mais elevada que a encontrada nas tortas de soja, algodão e amendoim.

Segundo levantamento estatístico feito pelo IICA (2004), 88% do comércio mundial deste produto é de sementes de gergelim, seguido da torta de gergelim (8%) e do óleo com 4%. A principal demanda de gergelim provém da indústria alimentícia, sendo que 70% da produção, na maioria dos países importadores, são utilizadas para a elaboração de óleo e farinha.

O óleo de gergelim possui flavour característico e agradável e maior estabilidade oxidativa, quando comparado com a maioria dos óleos vegetais, por causa da sua composição de ácidos graxos e pela presença dos antioxidantes naturais, sesamina, sesamolina, sesamol e gama tocoferol (FUKUDA et al., 1986; YOSHIDA, 1994).

3.7 Análise de crescimento

A análise de crescimento produz conhecimentos de valor prático e informações exatas (CARDOSO et al., 1987), referentes ao crescimento e comportamento dos genótipos, que podem ser utilizadas para benefício dos produtores, de modo que, os permitam escolher a cultivar que melhor se adapte a cada região.

A análise de crescimento é um método que segue a dinâmica da produção fotossintética, sendo de vital importância para compreender os processos morfofisiológicos da planta e sua influência sobre o rendimento. Pode, ainda, ser empregada para determinar a produção líquida das plantas, derivadas do

processo fotossintético, como resultado do desempenho do sistema assimilatório durante determinado período de tempo (CARDOSO et al., 1987); permite, também analisar os processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento das plantas.

A área foliar é um índice importante em estudos de nutrição e crescimento vegetal, uma vez que determina o acúmulo de matéria seca, o metabolismo vegetal, a capacidade fotossintética potencial, o rendimento e qualidade da colheita (IBARRA, 1985; JORGE e GONZALEZ, 1997).

Severino et al. (2004), destacam a importância da medição da área foliar, dentro da experimentação em fitotecnia, como ação que permite ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz. Para esse mesmo autor, a análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, permitindo acompanhar a dinâmica da produtividade, avaliada por meio de índices fisiológicos e bioquímicos.

É utilizada na investigação do efeito dos fenômenos ecológicos sobre o crescimento, como a adaptabilidade das espécies em ecossistemas diversos, efeitos de competição, diferenças genotípicas da capacidade produtiva e influência das práticas agrônômicas sobre o crescimento (BARREIRO et al., 2006).

Os principais indicadores da capacidade e eficiência do rendimento das plantas são: Altura da Planta, Diâmetro Caulinar, Número de Folhas, Área Foliar (AF), Razão da Área Foliar (RAF), Duração da Área Foliar (DAF), Índice de Área Foliar (IAF); Taxa de Crescimento do Cultivo (TCC); Taxa de Crescimento Relativo (TCR); Taxa de Assimilação Líquida (TAL) e Índice de Colheita (I.C).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi realizado em condições de campo, na área experimental da Embrapa Algodão, localizada no município de Barbalha-CE; Figuras 1 e 2 (GOOGLEMAPS, 2011; LEDO, 2011), a aproximadamente 550 km da capital do Estado, situada na Mesorregião Sul Cearense e Microrregião do Cariri, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 07°19'S, Longitude: 39°18' W e Altitude: 415,74 m.

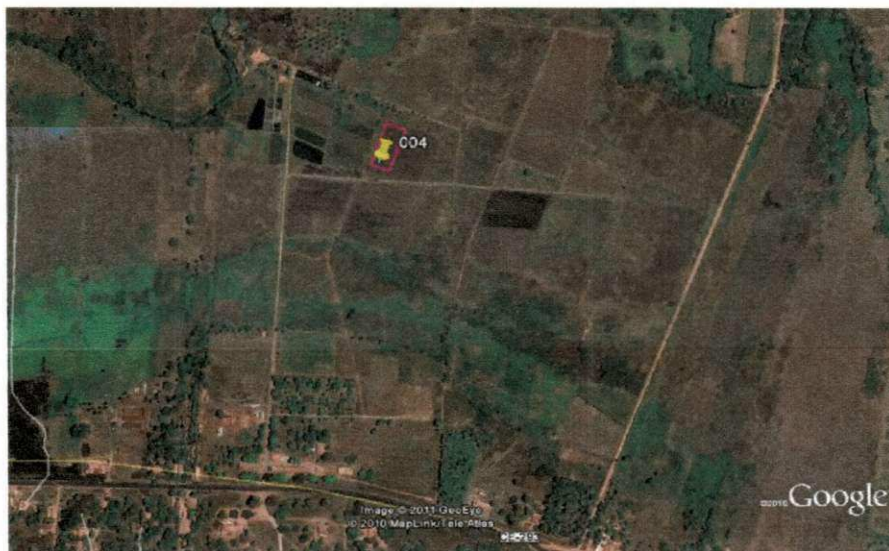


Figura 1. Imagem de satélite da localização da área de estudo. Barbalha-CE, 2010.

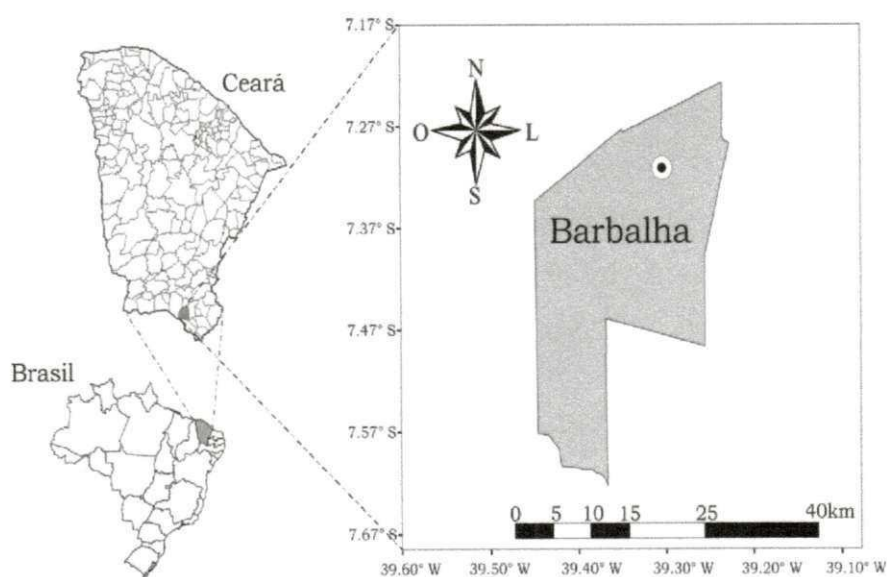


Figura 2: Localização da área em estudo.

4.2 Clima e Solo

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), é do tipo “CSa”, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno.

O período chuvoso é de março a junho e o mais seco é de outubro a dezembro. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os dados climáticos (média anual) do município são: precipitação total anual em torno de 1000 mm; temperaturas máxima de 31,5°C e mínima de 20,5°C e umidade relativa do ar de 63%.

Os dados meteorológicos da área experimental estão contidos na Tabela 2 expressam o quantitativo mensal de precipitação, temperaturas médias, máxima e mínima do ano de 2010.

Tabela 2 - Valores médios mensais de pressão atmosférica (kPa), temperatura média (°C), temperatura máxima média (°C), temperatura mínima média (°C), precipitação média (mm), umidade relativa média (%) e insolação total (h), no ano de 2010 no Município de Barbalha – CE.

Variáveis Meteorológicas							
Mês	Press (kPa)	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmim (°C)	Prec (mm)	UR (%)	Ins (h)
Jan	964,7	25,6	31,5	19,8	218,5	83,0	206,4
Fev	965,7	26,7	32,3	21,0	103,9	80,3	229,0
Mar	963,3	27,5	34,0	21,0	174,5	78,8	240,1
Abr	965,6	26,2	31,0	21,4	247,0	79,1	251,4
Mai	964,9	27,3	33,7	21,0	16,5	73,8	250,5
Jun	969,5	24,6	30,0	19,2	89,0	73,3	211,6
Jul	969,0	25,6	31,7	19,5	7,5	73,3	247,4
Ago	968,9	26,2	33,3	19,1	0,0	59,9	289,9
Set	966,1	26,6	34,8	18,5	0,0	55,5	302,7
Out	965,4	26,1	32,0	20,3	15,0	61,9	249,6
Nov	963,3	27,8	34,6	21,0	8,5	62,0	298,4
Dez	963,5	26,2	32,5	19,8	179,5	75,3	193,4
Média	965,8	26,4	32,6	20,1		63,6	
Soma					1059,9		2970,4

FONTE: INMET (2012)

O trabalho foi realizado em um solo argiloso cuja caracterização físico-hídrica, determinada no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, encontra-se na Tabela 3, com amostragem até a profundidade de 100 cm (BEZERRA, 2007).

Tabela 3 - Análise textural e caracterização física do solo da área experimental. Barbalha – CE, 2007.

Granulométrica (g.kg ⁻¹)	Profundidade (cm)						Média
	0 -10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 60	60 - 100	
Areia	398	378	337	317	297	297	337,33
Silte	189	189	189	169	169	149	175,67
Argila	413	433	474	514	534	554	487,00
Classificação Textural	Argiloso	Argiloso	Argiloso	Argiloso	Argiloso	Argiloso	
Densidade do Solo (kg.dm ⁻³)	1,37	1,36	1,35	1,36	1,38	1,36	1,36
Densidade Real (kg.dm ⁻³)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
Porosidade (m ³ .m ³ ⁻¹)	0,48	0,49	0,49	0,49	0,48	0,49	0,49

FONTE: BEZERRA (2007).

O resultado da análise mineral do solo da área do estudo está apresentado na Tabela 4, onde se podem verificar valor de pH próximo do neutro e alto percentual de matéria orgânica.

Tabela 4. Resultado da análise da fertilidade do solo. Barbalha-CE, 2010.

pH (H ₂ O)	Complexo Sortivo (mmolc/dm ³)							%	mmolc/dm ³	mg/dm ³	g/kg	g/kg
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T					
1:2,5									Al ⁺³	P	N	M. O.
7,50	125,10	78,00	7,20	6,00	216,30	0,00	216,30	100,00	0,00	24,50	-	18,80

4.3 Água utilizada na irrigação

A água utilizada na irrigação do experimento, foi analisada no Laboratório de Análises de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão, onde foram determinadas suas características químicas e sua classificação, conforme a Tabela 5. Pelos resultados da análise laboratorial a água apresentou salinidade média e baixa concentração de sódio, podendo essa, ser usada na irrigação, com cuidados especiais no preparo de solo.

Tabela 5. Características químicas da água utilizada na irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Determinações	Resultados
Condutividade Elétrica – a 25°C	378 microS/cm
Potencial Hidrogeniônico (pH)	6,9
Cloretos em Cl ⁻	44,38 mg L ⁻¹
Sulfatos em SO ₄	Ausente
Alcalinidade de Hidróxidos em CaCO ₃	Ausente
Alcalinidade de Carbonato em CaCO ₃	Ausente
Alcalinidade de Bicarbonato em CaCO ₃	182,50 mg L ⁻¹
Cálcio em Ca ⁺⁺	40,00 mg L ⁻¹
Magnésio em Mg ⁺⁺	19,20 mg L ⁻¹
Sódio em Na ⁺	25,30 mg L ⁻¹
Potássio em K ⁺	5,07 mg L ⁻¹
Dureza total em CaCO ₃	180,00 mg L ⁻¹
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	1
Classe	C ₂ S ₁

4.4 Fatores em estudo e tratamentos

Foram utilizados nos estudos, os genótipos de gergelim BRS Seda (G1), BRS 196 CNPA G4 (G2) e a linhagem ELAG09 – 27561 (G3); esta última, em fase final de seleção, sendo de ciclo precoce, média de 90 dias, iniciando a floração aos 30 dias após a emergência. Os três genótipos se destacam pela cor branca das sementes e por sua maior aceitação pelo mercado.

4.4.1 Características dos genótipos

Tabela 6. Características agrônômicas das cultivares de Gergelim BRS 196/CNPA – G4 e RS Seda 2010.

Identificação da cultivar no Registro Nacional de Cultivares (RNC)	BRS 196/CNPA – G4	RS Seda
	Ano de lançamento	2000
Porte	Mediano a alto (depende das condições de fertilidade e umidade do ambiente)	Médio 1,55 m (depende das condições de fertilidade e umidade do ambiente)
Ciclo	Médio - 99 dias	Precoce - 90 dias
Hábito de crescimento	Ramificado	Ramificado
Florescimento	36 dias após a emergência das plântulas	30 dias após a emergência das plântulas
Número de frutos por axila foliar	1	1
Coloração das Sementes	Creme	Branca
Peso de 1.000 sementes (g)	3,10 g	3,22 g
Teor de óleo (peso das sementes secas)	48% a 50%	50% a 53%
Tolerância às principais Doenças	Tolerante à murcha de macrophomina, mancha angular e cercosporiose	Tolerante à murcha de macrophomina, mancha angular e cercosporiose
Rendimento (kg ha⁻¹)	1.000 kg ha ⁻¹ em condições de sequeiro, e até 2.000 kg ha ⁻¹ em condições ideais de água e solo	Potencial para até 2.500 kg ha ⁻¹ de sementes, em condições ideais de solo, água e manejo da cultura. Em condições de sequeiro, esses valores de produtividade são de cerca de 1.250 kg ha ⁻¹ de sementes
Regiões de cultivo	Nordeste e Cerrados de Goiás como safrinha	Nordeste, Goiás, Distrito Federal e Mato Grosso (1ª cultura, plantada de janeiro a fevereiro; após colheita da soja, arroz ou milho precoce)

A ELAG09 – 27561, linhagem em fase final de seleção, sendo de ciclo precoce, média de 90 dias, iniciando a floração aos 30 dias após a emergência.

Para irrigação, foram utilizadas cinco lâminas (L1=47,38; L2=240,38; L3=477,88; L4=698,88 e L5=1026,50), Figura 3, quantificadas ao final do período

de irrigação e em função da Evapotranspiração de referência (ET₀) utilizada para a irrigação semanal.

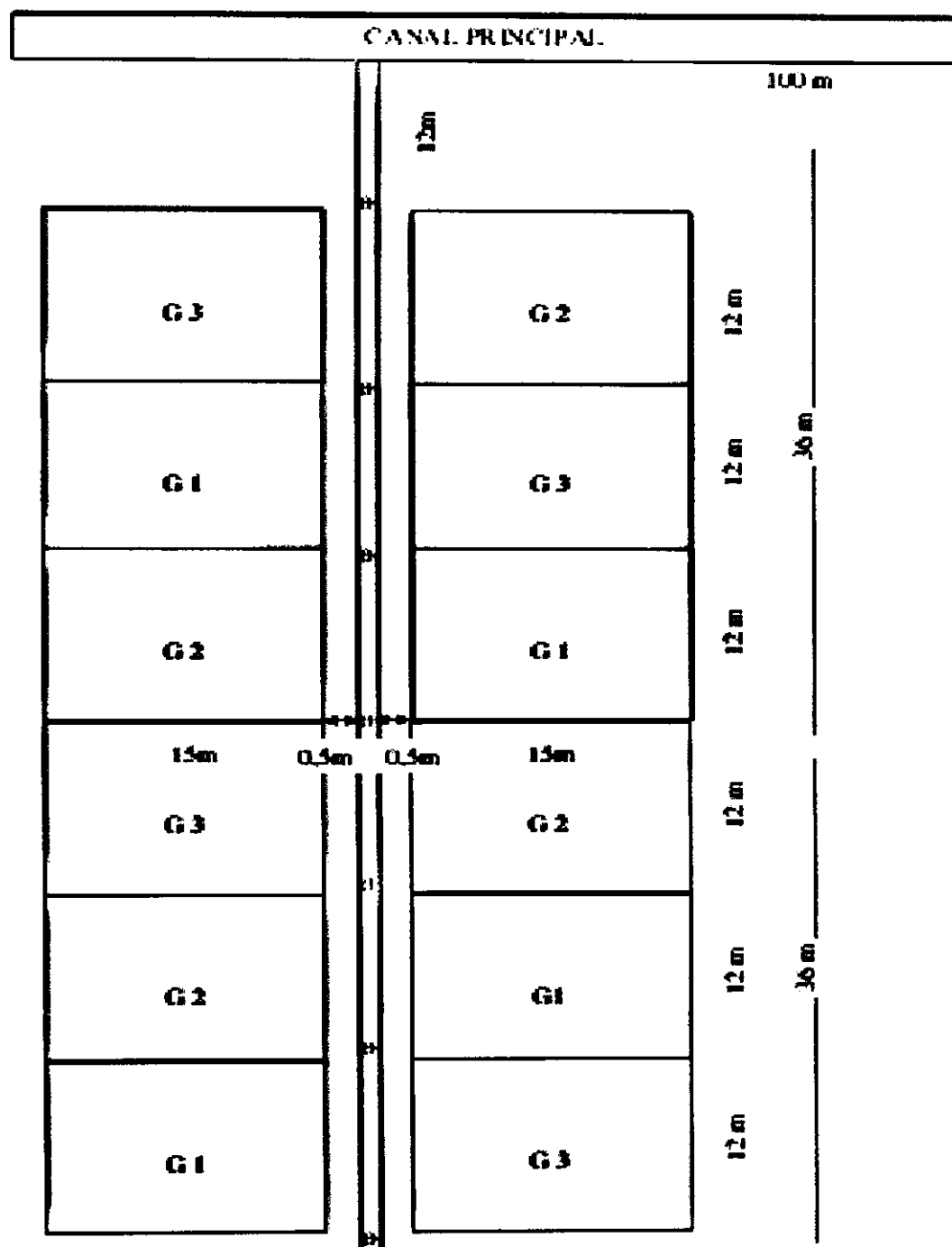


Figura 3. Croqui da área experimental, identificando a distribuição dos genótipos e a linha de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Combinados, os fatores: (3 x 5), resultaram em 15 tratamentos: (L5 x G1), (L5 x G2), (L5 x G3), (L4 x G1), (L4 x G2), (L4 x G3), (L3 x G1), (L3 x G2), (L3 x

G3), (L2 x G1), (L2 x G2), (L2 x G3), (L1 x G1), (L1 x G2), (L1 x G3), com 4 repetições, totalizando 60 sub-parcelas dispostas em faixas.

A área de cada parcela foi de 15 x 12 m, totalizando 180 m², sendo a área útil de 120 m² (12 m x 10 m). As sub-parcelas ou faixas mediram 12 por 3m, totalizando 36 m², sendo 24 m² de área útil, conforme a Figura 4.

O espaçamento foi 1,0 x 0,10m, com 12 fileiras de 15 metros de comprimento cada uma, sendo as duas laterais consideradas bordaduras, 6 fileiras centrais para os componentes de produção e 4 fileiras para a análise do crescimento destrutivo, em que, nos períodos previamente estabelecidos, ou seja, de 15 e 15 dias, foram coletadas 5 plantas, em cada parcela, sendo uma planta por subparcela em condições ecofisiológicas (em competição com os demais).

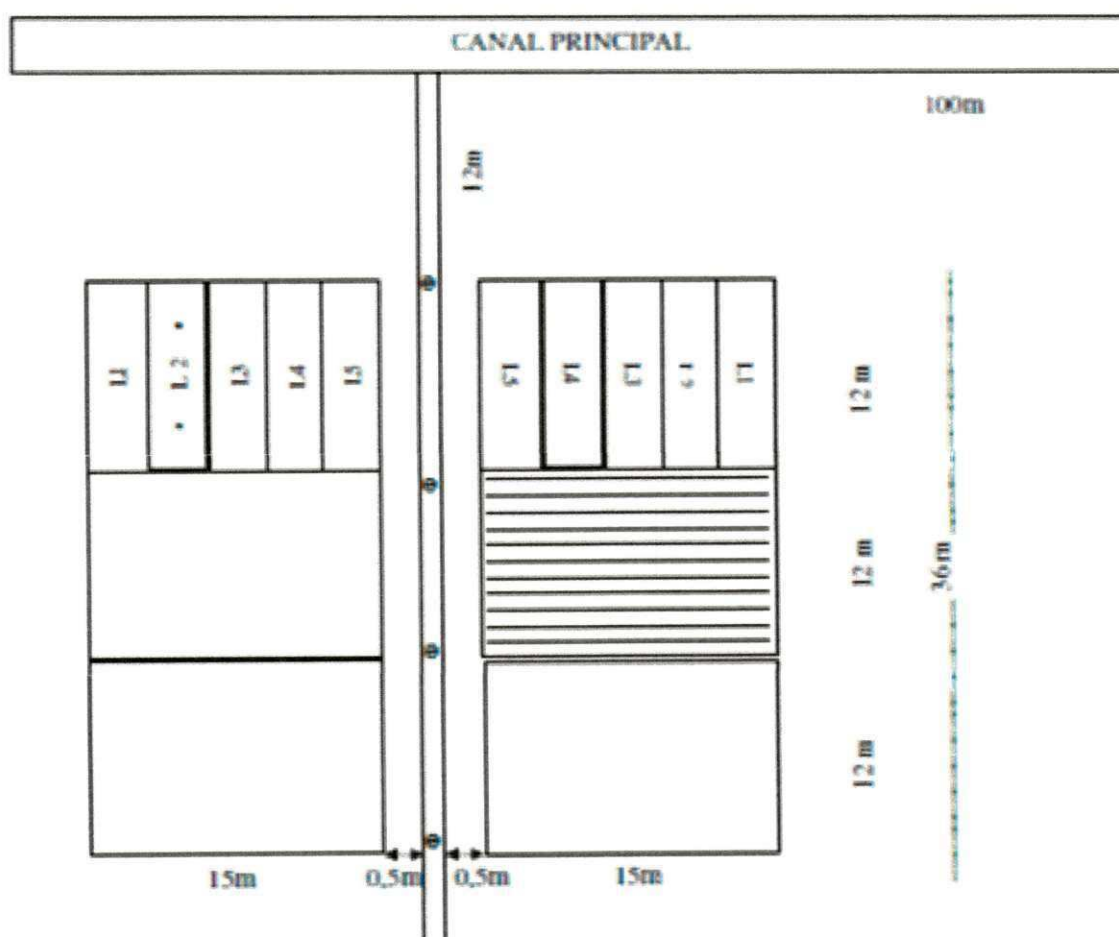


Figura 4. Croqui da área experimental, identificando a distribuição das faixas de irrigação e a direção das linhas de plantio do gergelim. Barbalha-CE, 2010.

4.5 Implantação do experimento

As sementes foram adquiridas junto ao setor de melhoramento genético da Embrapa Algodão. Previamente à implantação do experimento, realizou-se o preparo do solo com uma aração, seguida de duas gradagens cruzadas, utilizando-se de grade niveladora.

A semeadura foi realizada manualmente, no início do mês de setembro de 2010 a uma profundidade de 2 a 2,5 cm, após a área ser marcada com trator por ocasião da aplicação do adubo.

Após a germinação, quando as plantas estavam com quatro a cinco folhas, foi realizado o desbaste deixando-se uma planta a cada 10 cm.

4.6 Condução do Experimento

Após a emergência das plantas, principalmente até 60 dias do ciclo da cultura, houve controle, principalmente de pulgões e formigas. A partir da germinação das sementes, iniciou-se a irrigação, a cada três dias, devido às condições físicas do solo.

O controle de plantas daninhas foi feito com capinas manuais usando-se enxada, mantendo-se a lavoura livre de plantas daninhas, pelo menos, durante os primeiros sessenta dias após a emergência.

A colheita foi realizada em torno dos 100 dias, após as plantas apresentarem cerca de 70% de suas folhas amarelas.

4.7 Manejo da Irrigação

O sistema de irrigação por aspersão em linha ("line source sprinkler system") é muito empregado em pesquisas. Esse sistema tem sido utilizado em diversos estudos sobre lâmina de irrigação e produtividade, tais como os de Faria (1981), Lauer (1983) e Frizzone (1986), contribuindo para a determinação de funções de produção das culturas para o fator água.

O sistema de irrigação (Figura 3) constitui-se de uma linha de aspersores espaçados entre si de 12 em 12m, aplicando água em doses decrescentes na direção perpendicular à tubulação. Assim, o sistema de aspersão em linha

também pode ser utilizado para estudos de fertilização e produtividade das culturas.

No sistema de irrigação de aspersão convencional, foram usados 15 tubos (PVC) de 6 m de comprimento e diâmetro de 100 mm, formando uma linha principal, com a colocação de aspersores rotativos, diâmetro do bocal de 5,6 x 3,2 mm, tubo de subida de 0,70 m e espaçamento de 12 m de distância um do outro.

No fornecimento de água considerou-se uma eficiência de aplicação do sistema aspersivo de 70%, com aplicação de uma lâmina média de 24,9 mm.dia⁻¹, funcionando simultaneamente, visando-se obter uma sobreposição de 100% da lâmina aplicada, com os aspersores fixos ao longo das posições.

Todas as parcelas ficaram a uma mesma distância dos emissores, por ocasião da irrigação. Para quantificação da água, foram instalados coletores, tipo copo ou caneca, confeccionados em termoplástico, com capacidade para 50 mm. Esses coletores foram sustentados por encaixe, em varetas cilíndricas, fíncadas no solo, a, aproximadamente, 0,70 m de altura acima da superfície do solo.

Para a determinação da quantidade da água, foi utilizada uma proveta graduada, para leitura direta em milímetros de lâmina de água, com escala de 0,5 mm.

Antes do plantio, foi efetuada uma irrigação em toda a área para deixar o solo à capacidade de campo; após o plantio, foi aplicada uma irrigação com pequena lâmina, para assegurar uma boa germinação das sementes.

A partir da germinação da cultura, as irrigações foram efetuadas duas vezes por semana, obedecendo à evapotranspiração da cultura na região, fazendo-se a reposição da água em função de cada tratamento e evento de irrigação que foi determinado de acordo com a evapotranspiração de referência (ET_0), calculada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006).

Os dados climáticos (Tabela 1) usados nos cálculos da (ET_0), foram obtidos da Estação Meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET de Barbalha-CE, localizada a 500 metros da área experimental irrigada da Embrapa Algodão.

4.8 Variáveis de crescimento

4.8.1 Altura e diâmetro caulinar de plantas

A altura de planta foi mensurada da base até o ápice de seu meristema apical, avaliando-se as plantas durante o ciclo, a cada 15 dias. Ao final do ciclo, foram medidas cinco plantas de cada parcela, classificando-as nas categorias de porte: 1 – baixo (0,40 a 1,00 m); 2 – médio (1,00 a 1,50 m) e 3 – alto (>1,51 m), (IPGRI, 2004).

O diâmetro caulinar de plantas foi mensurado no colo da planta, com auxílio de um paquímetro analógico, a cada 15 dias.

4.8.2 Área foliar (AF)

A área foliar foi estimada a partir das dimensões de largura e comprimento da folha, utilizando-se um fator de correção de 0,7, segundo a equação 1, proposta por Silva et al. (2002). Foram avaliadas 5 folhas de uma planta por unidade experimental, sendo apenas uma folha em cada nó.

$$AF = C \times L \times f \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

AF = área foliar (cm²)

C = comprimento da folha (m)

L = largura da folha (m)

f = fator de correção (0,7)

4.8.3 Razão da Área Foliar (RAF) e Duração da Área Foliar (DAF)

A Razão da Área Foliar (RAF) foi definida pela relação entre área foliar e peso da matéria seca total, conforme (Equação 2).

$$RAF = AF / W \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

RAF = razão da área foliar

AF = área foliar (cm²)

W = peso seco total (g)

A Duração da Área Foliar (DAF), refere-se à fixação da folha ao caule ao longo da evolução do crescimento das plantas. A durabilidade e manutenção da área foliar foram realizadas através do acompanhamento quinzenal da área foliar das plantas (SILVA et al., 2002).

$$DAF = AF / (AS \times t) \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

DAF = duração da área foliar

AF = área foliar (cm²)

AS = área do solo coberto pela planta (cm²)

t = tempo (dias)

5 Taxas de Crescimento

5.1 Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Taxa de Crescimento de Cultivo (TCC), Índice de Área Foliar (IAF) e Taxa de Assimilação Líquida (TAL)

A Taxa de Crescimento Relativo (TCR), expressa quantos gramas de matéria seca a planta é capaz de acrescentar à sua fitomassa em um dia, em função da fitomassa previamente acumulada, ponderando-se o total de matéria seca naquele dia (SEVERINO et al., 2004).

$$TCR = \frac{W_2 - W_1}{W_1 (t_2 - t_1)} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

TCR = taxa de crescimento relativo

W₁ = peso seco inicial (g)

W₂ = peso seco final (g)

t₁ = tempo inicial (dias)

t₂ = tempo final (dias)

A Taxa de Crescimento do Cultivo (TCC) é o acúmulo de massa seca em função do tempo, que é aproximadamente igual à fotossíntese da cobertura vegetal por unidade de área de solo, representando a capacidade de produção da cultura (BEZERRA, 2007).

$$TCC = W / (AS \times t) \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

TCC = taxa de crescimento de cultivo

W = peso de matéria seca (g)

AS = área do solo coberto pela planta (cm²)

t = tempo (dias)

O Índice de Área Foliar (IAF), relaciona a área foliar da planta, com a área do solo que a mesma ocupa.

$$IAF = AF / AS \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:

IAF = índice de área foliar

AF = área foliar (cm²)

AS = área do solo coberto pela planta (cm²)

A Taxa de Assimilação Líquida (TAL), expressa quantos gramas de matéria seca cada m² de folha acrescenta à planta em um dia. Essa taxa se relaciona à eficiência fotossintética, ao aproveitamento da radiação e balanço de carbono (fotossíntese – respiração), (SEVERINO et al., 2004).

$$TAL = \frac{W_2 - W_1}{L (t_2 - t_1)} \quad (7)$$

Onde:

TAL = taxa de assimilação líquida

W₁ = peso seco inicial (g)

W₂ = peso seco final (g)

t₁ = tempo inicial (dias)

t₂ = tempo final (dias)

L = largura da folha

5.2 Fitomassa

5.2.1 Matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos.

Foi determinada através da secagem do material vegetal em estufa a 65 °C por aproximadamente 48 horas ou até chegar-se ao peso constante.

5.3 Teor (%) de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas plantas

Determinados a partir da análise em matéria seca das partes da planta.

5.3.1 Teor (%) de macronutrientes na raiz

Determinados a partir da análise laboratorial na matéria seca de raiz.

5.3.2 Teor (%) de macronutrientes em caule

Determinados a partir da análise laboratorial na matéria seca de caule.

5.3.3 Teor (%) de macronutrientes em folhas

Determinados a partir da análise laboratorial na matéria seca de folhas.

5.4 Conteúdo (mg) de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas plantas

Determinados a partir da análise em matéria seca das partes da planta.

5.4.1 Conteúdo (mg) de macronutrientes na raiz

Determinados a partir da análise laboratorial do peso de matéria seca e do teor de nutrientes encontrados nas raízes.

5.4.2 Conteúdo (mg) de macronutrientes em caule

Determinados a partir da análise laboratorial do peso de matéria seca e do teor de nutrientes encontrados no caule.

5.4.3 Conteúdo (mg) de macronutrientes em folhas

Determinados a partir da análise laboratorial do peso de matéria seca e do teor de nutrientes encontrados nas folhas.

5.5 Produção e seus componentes

5.5.1 Número de Frutos por Planta (NFP), Rendimento de Grãos e Índice de Colheita (I.C.)

O número de frutos por planta foi determinado em 10 plantas de cada unidade experimental. Essas plantas foram coletadas previamente à colheita devido a realização da análise de matéria seca.

O rendimento de grãos, determinado ao partir da pesagem dos grãos de cada unidade experimental, sendo os resultados expressos em kg m^{-2}

O índice de colheita (I.C) foi calculado pela formula: $\text{I.C.} = \text{Rendimento de sementes/Peso de biomassa}$ (SHUCH et al., 2000).

5.6 Variáveis relacionadas à semente

5.6.1 Teor de umidade, peso de mil sementes, teor de óleo e teor de proteína

A umidade das sementes foi determinada pelo método de estufa a 105 °C, por 24 horas, segundo as regras para análise de sementes (BRASIL, 1992).

Para determinação do peso de mil sementes, foram retiradas ao acaso, 10 (dez) amostras de 1000 (mil) sementes de cada tratamento e pesadas em balança com precisão de 0,0001 g. O peso de 1000 sementes foi utilizado como índice do tamanho do grão tanto inteiro como descascado (BRASIL, 1992).

A determinação do teor de óleo foi feita a partir da RMN de baixo campo (OXFORD, 2007).

O teor de proteína foi obtido multiplicando-se o nitrogênio total pelo fator 6,25 (AOAC, 1984). O N total foi determinado pelo método MicroKjeldahl (YASUHARA & NOKIHARA, 2001).

5.7 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada considerando o experimento em faixas. Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância pelo teste F e ajustados por regressão polinomial para os fatores quantitativos. Para o fator

qualitativo (genótipos), as diferenças entre elas foram determinadas pelo do teste de comparação múltipla de Tukey, a 1 e 5% de probabilidade. Os dados de matéria seca, área foliar, razão e duração da área foliar e taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento de cultivo, índice de área foliar e taxa de assimilação líquida foram transformados em raiz quadrada de (X), para correção da heterocedasticidade, antes de proceder à análise. A análise estatística foi realizada através do software SAS e a confecção das figuras através do software MicroCal Origin v. 8.0 e do Excel 2007.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Variáveis de crescimento

6.1.1 Altura de plantas

Na Tabela 7, são apresentados os resultados do Resumo das análises de variância para altura de plantas de gergelim em função dos períodos estudados. Não foram verificadas diferenças estatísticas significativas para os períodos de 15 a 90 dias em relação aos genótipos de gergelim estudados. Resultados similares foram verificados por Boydak et al., (2007) em estudo com efeito de diferentes métodos de irrigação na produção e componentes de produção do gergelim.

Já para lâminas, só foi observada diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey, nos períodos de 75 e 90 dias.

Tabela 7. Resumo das análises de variância referente aos dados de altura de plantas (cm) dos 15 aos 90 dias após a geminação. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrado Médio – altura de plantas (cm)		
		Idade de plantas (DAE)		
		15 dias	30 dias	45 dias
Genótipo (G)	2	45,8375 ^{ns}	45,8380 ^{ns}	388,5500 ^{ns}
Bloco	3	84,2708	84,2710	397,3056
Resíduo (a)	6	44,3375	44,3380	173,4389
(Parcelas)	(11)	-	-	-
Lâmina (L)	4	51,5271 ^{ns}	51,5269 ^{ns}	228,3917 ^{ns}
Resíduo (b)	12	14,0660	14,0660	163,0694
G x L	8	19,8740 ^{ns}	19,8739 ^{ns}	161,4667 ^{ns}
Resíduo (c)	24	22,1587	22,1586	222,66111
C.V.(%)	-	27,3283	19,1939	19,9356
		60 dias	75 dias	90 dias
Genótipo (G)	2	840,0167 ^{ns}	684,0500 ^{ns}	624,267 ^{ns}
Bloco	3	868,5056	1931,5278	3547,306
Resíduo (a)	6	314,4389	446,9611	569,622
(Parcelas)	(11)	-	-	-
Lâmina (L)	4	893,1917 ^{ns}	1479,8583*	2022,933*
Resíduo (b)	12	387,8250	423,1806	496,333
G x L	8	98,3292 ^{ns}	148,8833 ^{ns}	245,246 ^{ns}
Resíduo (c)	24	427,2792	516,9889	147,4910
C.V.(%)	-	15,5751	15,3683	15,89

* Significativo a 5% de probabilidade e ns Não significativo.

Na Tabela 8, dos testes de médias, pode-se comprovar estatisticamente os resultados encontrados quando da análise de variância para os dados de altura de plantas (Tabela 7), como frisado anteriormente. Nos períodos de 75 e 90 dias após a germinação, verifica-se que a lâmina 4 foi a que resultou em maior altura de plantas, enquanto que a lâmina 1, foi a que resultou em menor altura de plantas, sem diferença significativa entre as demais.

Tabela 8. Teste de médias para altura de plantas (cm) de gergelim em função de lâminas de irrigação e de genótipos dos 15 aos 90 dias após a emergência. Barbalha-CE, 2010.

Altura de plantas (cm)			
F.V	15 dias	30 dias	45 dias
Lâmina 1	14,908 a	22,208 a	68,417 a
Lâmina 2	16,700 a	24,000 a	76,250 a
Lâmina 3	19,742 a	27,042 a	78,500 a
Lâmina 4	18,992 a	26,292 a	78,583 a
Lâmina 5	15,783 a	23,083 a	72,500 a
DMS	4,8802	4,8802	16,617
Genótipo 1	18,550 a	25,850 a	79,800 a
Genótipo 2	17,550 a	24,850 a	73,400 a
Genótipo 3	15,575 a	22,875 a	71,350 a
DMS	6,4604	6,4604	12,778
	60 dias	75 dias	90 dias
Lâmina 1	120,667 a	135,167 b	142,333 b
Lâmina 2	131,917 a	142,500 ab	148,833 ab
Lâmina 3	138,750 a	152,083 ab	162,500 ab
Lâmina 4	142,917 a	164,583 a	175,250 a
Lâmina 5	129,333 a	145,417 ab	151,167 ab
DMS	25,626	26,768	28,99
Genótipo 1	126,400 a	141,200 a	149,950 a
Genótipo 2	132,400 a	151,500 a	160,950 a
Genótipo 3	139,350 a	151,150 a	157,150 a
DMS	17,205	20,512	23,16

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fez-se os desdobramentos dos graus de liberdade da interação G x L (Tabela 9 e 10) na tentativa de detectar algum efeito significativo envolvendo genótipos. Verificou-se, efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey para genótipos dentro da lâmina 1, nos períodos de 15 a 45 dias.

Nos demais períodos não foram encontradas diferenças estatísticas significativas. Verifica-se na Tabela 8, que em relação aos genótipos nas lâminas,

houve diferença estatística entre G1 e G3 apenas na lâmina 1 e nos períodos de 15 e 45 dias. Para lâminas dentro dos genótipos, verifica-se diferença estatística aos 15 e 90 dias apenas, sendo que, aos 15 dias, a lâmina 4 favoreceu a maior altura de plantas (18,3250 cm) e, a lâmina 1, a menor altura (10,0750cm).

Tabela 9. Resumo das análises de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade da variável, altura de planta (cm) dos 15 aos 90 dias após a emergência das plantas (DAE). Barbalha-CE, 2010.

Quadrado Médio - altura de plantas (cm)				
Idade de plantas (DAE)				
F.V	G.L	15 dias	30 dias	45 dias
Genótipo d/ L1	2	103,145833 *	103,1458 *	824,3333*
Genótipo d/ L2	2	0,250000 ^{ns}	0,2500 ^{ns}	39,2500 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	9,020833 ^{ns}	9,0208 ^{ns}	97,0000 ^{ns}
Genótipo d/ L4	2	9,020833 ^{ns}	9,0208 ^{ns}	30,0833 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	6,520833 ^{ns}	6,5208 ^{ns}	43,7500 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	17,7000 ^{ns}	17,7000 ^{ns}	61,9250 ^{ns}
Lâmina d/ G2	4	25,4187 ^{ns}	25,4187 ^{ns}	123,0750 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	48,1562 ^{ns}	48,1562 ^{ns}	366,3250 ^{ns}
		60 dias	75 dias	90 dias
Genótipo d/ L1	2	508,0833 ^{ns}	9,0833 ^{ns}	85,5833 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	195,0833 ^{ns}	558,5833 ^{ns}	819,0000 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	217,7500 ^{ns}	137,3333 ^{ns}	113,2500 ^{ns}
Genótipo d/ L4	2	129,3333 ^{ns}	128,2500 ^{ns}	63,0833 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	183,0833 ^{ns}	446,3333 ^{ns}	524,3333 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	443,5750 ^{ns}	492,3250 ^{ns}	1007,32 ^{ns}
Lâmina d/ G2	4	312,5750 ^{ns}	765,8750 ^{ns}	810,92 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	333,7000 ^{ns}	519,4250 ^{ns}	695,17 ^{ns}

* Significativo a 5% de probabilidade e ns Não significativo.

Resultados semelhantes também foram observados para o período de 90 dias, onde na lâmina 3 as plantas tinham maior altura (161,50 cm) e na lâmina 5, a menor (129,50 cm). Vale salientar que esses resultados foram encontrados no genótipo G3. Porém, aos 90 dias após a germinação todos os genótipos diferiram estatisticamente em algum ponto (Tabela 8).

Os genótipos G1 e G2 tiveram suas melhores alturas na lâmina 4 e as menores alturas na lâmina 1, como era de se esperar, visto que é a lâmina que recebeu o menor quantitativo de irrigação.

Tabela 10. Teste de médias do desdobramento da interação para altura de plantas (cm), dos 15 aos 90 dias após a emergência das plantas. Barbalha-CE, 2010.

		Altura de plantas (cm)		
Lâminas \ Genótipos	15 dias			
	Genótipo 1	Genótipo 2	Genótipo 3	
L 1	20,2000 aA	14,4500 abA	10,0750 bC	
L 2	16,4500 aA	16,7000 aA	16,9500 aAB	
L 3	21,2000 aA	19,8250 aA	18,2000 aAB	
L 4	18,2000 aA	20,4500 aA	18,3250 aA	
L 5	16,7000 aA	16,3250 aA	14,3250 aABC	
DMS de 8,855 para linha e DMS de 6,805 para coluna				
		30 dias		
L 1	27,5000 aA	21,7500 aA	17,3750 aA	
L 2	23,7500 aA	24,0000 aA	24,2500 aA	
L 3	28,5000 aA	27,1250 aA	25,5000 aA	
L 4	25,5000 aA	27,7500 aA	25,6250 aA	
L 5	24,0000 aA	23,6250 aA	21,6250 aA	
DMS de 8,854 para linha e DMS de 6,805 para coluna				
		45 dias		
L 1	84,2500 aA	64,7500 abA	56,2500 bA	
L 2	76,5000 aA	73,0000 aA	79,2500 aA	
L 3	82,5000 aA	80,0000 aA	73,0000 aA	
L 4	80,7500 aA	75,5000 aA	79,5000 aA	
L 5	75,0000 aA	73,7500 aA	68,7500 aA	
DMS de 24,68 para linha e DMS de 22,00 para coluna				
		60 dias		
L 1	142,250 aA	124,250 aA	121,5000 aA	
L 2	150,500 aA	141,500 aA	136,7500 aA	
L 3	143,500 aA	142,500 aA	130,2500 aA	
L 4	138,250 aA	127,250 aA	130,2500 aA	
L 5	122,250 aA	126,500 aA	113,2500 aA	
DMS de 34,02 para linha e DMS de 31,46 para coluna				
		75 dias		
L 1	145,250 aA	144,000 aA	147,000 aA	
L 2	170,250 aA	172,500 aA	151,000 aA	
L 3	149,750 aA	158,750 aA	147,750 aA	
L 4	148,500 aA	141,750 aA	137,250 aA	
L 5	142,000 aA	140,500 aA	123,000 aA	
DMS de 37,97 para linha e DMS de 34,05 para coluna				
		90 dias		
L 1	146,000 aB	151,250 aB	129,500 aC	
L 2	151,250 aB	151,000 aB	144,250 aABC	
L 3	157,750 aB	168,250 aAB	161,500 aA	
L 4	184,250 aA	182,750 aA	158,750 aAB	
L 5	146,500 aB	151,500 aB	155,750 aABC	
DMS de 26,97 para linha e DMS de 25,94 para coluna				

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na tabela 11, são apresentados os resultados da análise de variância para os modelos de equações de regressão (Tabela 12) representada graficamente nas Figuras 3, e 4.

Tabela 11. Resumo das análises de variância para os modelos de equações de regressão, ajustada aos dados de altura de plantas em função de lâminas (L) e genótipos (G) durante o período de estudo (dias). Barbalha-CE, 2010.

Altura de plantas (cm)		
F.V	G.L	QM
Modelo L1	4	16529,30**
Resíduo	2	2,65
Modelo L2	4	21221,59**
Resíduo	2	3,92
Modelo L3	4	19012,21**
Resíduo	2	10,19
Modelo L4	4	16769,70**
Resíduo	2	3,66
Modelo L5	4	14781,00**
Resíduo	2	1,97
Modelo G1	4	18583,50**
Resíduo	2	3,61
Modelo G2	4	18385,17**
Resíduo	2	0,06
Modelo G3	4	16390,30**
Resíduo	2	0,25

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Na Tabela 12 estão os parâmetros das equações obtidas na análise de crescimento dos dados da relação altura (cm) de plantas em função das lâminas e dos genótipos utilizados em relação ao tempo (t) em dias. Pode-se observar na referida tabela, que o parâmetro altura de plantas, seja nas lâminas como nos genótipos, diferiram, significativamente entre si, pelo teste de F a 1% de probabilidade.

O comportamento do crescimento em altura, em relação ao tempo, foi esperado, visto que a variação da fitomassa está diretamente relacionada com a variação temporal desta, em geral, aumenta-se até um máximo, que ocorre entre 30 aos 90 dias (AMARAL & SILVA, 2008).

Os modelos de equações encontradas para análise de crescimento em altura de plantas estão apresentados na Tabela 10. Os coeficientes de determinação (R^2) para altura de plantas tanto em relação às lâminas, quanto aos genótipos foi de 0,99, ou seja, o modelo encontrado indica que 99% dos dados obtidos são ajustados pela regressão.

Tabela 12. Análise de crescimento em altura do gergelim, em função de lâminas (L) e genótipos (G), ao longo do período de estudo (dias). Barbalha-CE, 2010.

Equações		R ²
Altura de plantas em função das lâminas		
L1	$\hat{Y} = 152,40547 + (15,89425 - 152,40547) / (1 + (x/48,02312)^{6,94627})$	0,99
L2	$\hat{Y} = 177,44909 + (16,55855 - 177,44909) / (1 + (x/48,94408)^{6,19421})$	0,99
L3	$\hat{Y} = 162,32456 + (19,89562 - 162,32456) / (1 + (x/47,42483)^{6,55194})$	0,99
L4	$\hat{Y} = 148,85554 + (19,33599 - 148,85554) / (1 + (x/46,04794)^{6,89886})$	0,99
L5	$\hat{Y} = 143,61599 + (15,24977 - 143,61599) / (1 + (x/46,69425)^{6,02463})$	0,99
Altura de plantas em função dos genótipos		
G1	$\hat{Y} = 157,30062 + (19,22525 - 157,30062) / (1 + (x/46,48015)^{7,18147})$	0,99
G2	$\hat{Y} = 164,17189 + (17,53436 - 164,17189) / (1 + (x/48,69084)^{6,12463})$	0,99
G3	$\hat{Y} = 152,81795 + (15,69355 - 152,81795) / (1 + (x/47,78288)^{6,30679})$	0,99

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Nas Figuras 5 e 6 estão as curvas de crescimento em altura de plantas em função das lâminas e ao longo do ciclo, com crescimento no período entre 35 e 60 dias após a germinação. A maior altura de plantas, foi observada na lâmina 4 (698,88 mm), a partir dos 60 dias após a germinação e a menor, foi verificada na lâmina 1 (47,38 mm) para o mesmo período. Portanto, pode-se dizer que o crescimento da planta em altura, aconteceu de forma exponencial e, depois dos 70 dias após a germinação, tendeu a se estabilizar, mantendo-se próximo a 1,80 m de altura.

Tal comportamento foi semelhante ao encontrado por Severino et al. (2002), em estudo realizado sobre estimativa de área foliar de plantas de gergelim.

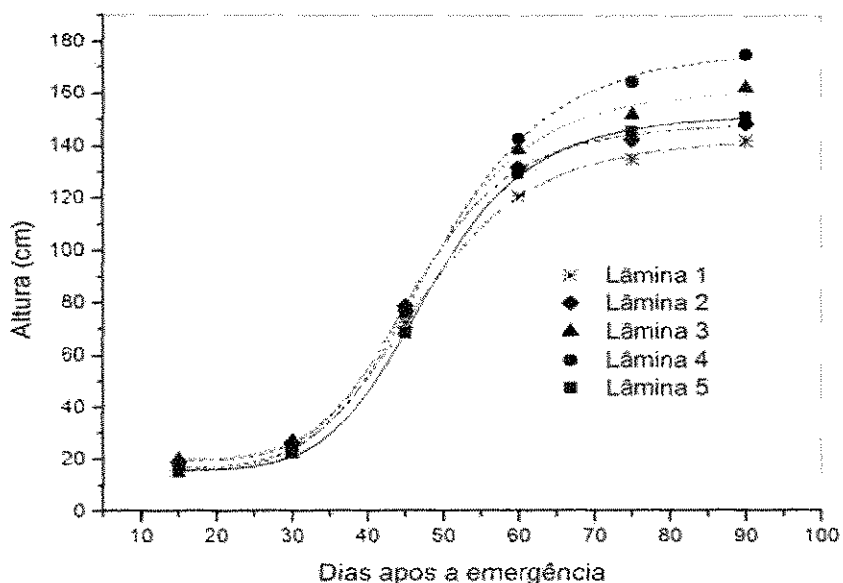


Figura 5. Altura da planta de gergelim em função de lâminas (L) de irrigação ao longo do tempo de estudos (dias). Barbalha-CE, 2010.

Em relação aos genótipos (Figura 6), o resultado foi similar a altura das lâminas, diferenciando-se o G1, no período entre 45 e 70 DAE. Ao final do ciclo, G2 superou os demais por ter sido crescente seu crescimento em altura, nas últimas avaliações. Observa-se que a maior altura foi observada no genótipo 2 (BRS 196 CNPA G4), a partir dos 70 DAE e a menor altura observada no genótipo 3 (ELAG09 - 27561), em todo o ciclo.

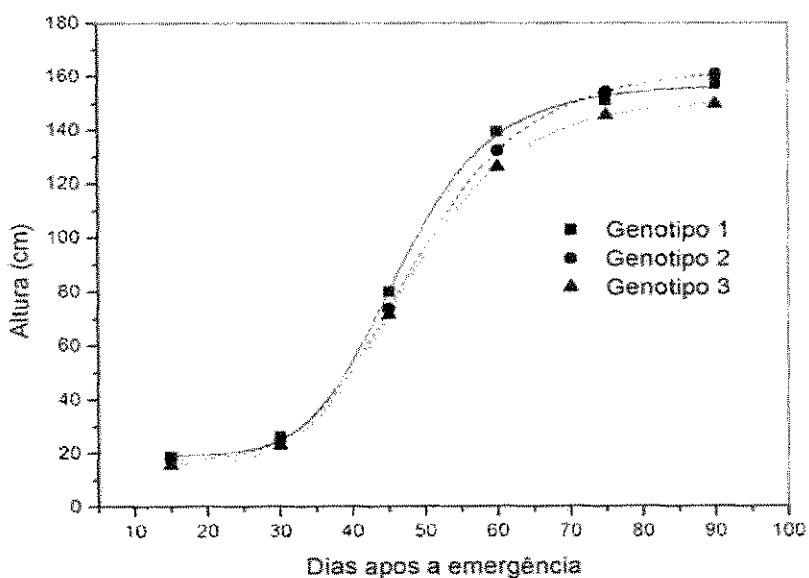


Figura 6. Altura da planta de gergelim em função dos genótipos estudados, em relação ao tempo (dias). Barbalha-CE, 2010.

6.1.2 Diâmetro caulinar

Na tabela 13, estão os resultados da análise de variância para os modelos de regressão, e nas Figuras 7 e 8 a representação gráfica do crescimento em diâmetro nas avaliações ao longo do ciclo. Os modelos obtidos através das análises da regressão linear dessas figuras estão destacados na Tabela 14.

Tabela 13. Resumo das análises de variância para o modelo exponencial de crescimento de equações em diâmetro das plantas, em função de lâminas (L) e genótipos (G) durante o período de estudo (dias). Barbalha-CE, 2010.

Diâmetro caulinar (mm)		
F.V	G.L	QM
Modelo L1	4	193,75**
Resíduo	2	0,56
Modelo L2	4	221,98**
Resíduo	2	0,24
Modelo L3	4	241,83**
Resíduo	2	0,03
Modelo L4	4	220,28**
Resíduo	2	0,79
Modelo L5	4	230,79**
Resíduo	2	0,23
Modelo G1	4	250,86**
Resíduo	2	0,44
Modelo G2	4	223,79**
Resíduo	2	0,26
Modelo G3	4	187,65**
Resíduo	2	0,17

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Na Tabela 14 são apresentados os parâmetros das equações obtidas na análise de regressão dos dados de diâmetro caulinar (cm) de plantas, em função das lâminas e dos genótipos, em relação ao tempo (t) em dias. O diâmetro caulinar de plantas, seja nas lâminas como nos genótipos diferiram, significativamente entre si, pelo teste de F a 1% de probabilidade.

Observa-se que tal comportamento era também, esperado, visto que à medida que se fornece água às plantas, a variação da fitomassa está diretamente relacionada com a variação temporal desta, em geral, aumenta-se lentamente até

os 30 dias após a germinação e rapidamente dos 31 aos 60 DAE, como pico máximo, estabilizando-se até o final do ciclo.

Os coeficientes de determinação (R^2) para diâmetro de plantas em relação às lâminas variaram de 0,94, em L4, a 0,99 em L3. Quanto aos genótipos, foi observado um R^2 médio de 0,98, ou seja, os modelos encontrados indicam que de 97 a 98% dos dados obtidos são ajustados pela regressão, podendo-se visualizar os fenômenos observados nas Figuras 7 e 8.

Tabela 14. Análise de crescimento em diâmetro de plantas de gergelim, em função de lâminas (L) e genótipos (G), ao longo do período de estudo, em dias. Barbalha-CE, 2010.

Equações		R^2
Diâmetro caulinar em função das lâminas		
L1	$\hat{Y} = 13,975 + (6,093 - 13,975) / (1 + \exp(x - 43,714) / 3,594)$	0,96
L2	$\hat{Y} = 15,216 + (5,928 - 15,216) / (1 + \exp(x - 42,090) / 8,296)$	0,98
L3	$\hat{Y} = 16,129 + (5,460 - 16,129) / (1 + \exp(x - 40,833) / 10,490)$	0,99
L4	$\hat{Y} = 14,846 + (6,455 - 14,846) / (1 + \exp(x - 42,005) / 6,411)$	0,94
L5	$\hat{Y} = 15,598 + (6,609 - 15,598) / (1 + \exp(x - 45,744) / 4,858)$	0,98
Diâmetro caulinar em função nos genótipos		
G1	$\hat{Y} = 16,0197 + (6,908 - 16,0197) / (1 + \exp(x - 44,218) / 4,348)$	0,97
G2	$\hat{Y} = 15,153 + (6,039 - 15,153) / (1 + \exp(x - 41,794) / 7,328)$	0,98
G3	$\hat{Y} = 13,972 + (5,353 - 13,972) / (1 + \exp(x - 41,341) / 8,903)$	0,98

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Observam-se nas Figuras 7 e 8 as curvas de regressão para as avaliações de diâmetro das plantas em função das lâminas e dos genótipos, em relação ao tempo.

Na Figura 5, verifica-se aumento da variável com o aumento da idade das plantas, em relação à lâmina aplicada. No final do ciclo da cultura, o maior valor de diâmetro foi observado na lâmina 3 (477,88 mm) e o menor, foi verificado na lâmina 5 (1026,50 mm), isso possivelmente aconteceu por excesso de água nessa lâmina, ocorrido devido a um vazamento nos primeiros dias após a germinação das sementes, prejudicando o crescimento inicial das plântulas.

Desse modo, verifica-se um crescimento de diâmetro muito lento até os primeiros 30 DAE, ocorrendo um pico de crescimento de diâmetro muito rápido

dos 31 aos 50 DAE, tendendo a se estabilizar a partir dos 60 dias após a germinação.

Em estudo realizado sobre o crescimento e desenvolvimento do gergelim em estresse hídrico, Bezerra (2008) constatou no tratamento sem estresse, que o crescimento em diâmetro do caule das plantas de gergelim foi menor em virtude, sem dúvida, da saturação dos macro e microporos do solo, reduzindo a aeração e inibindo o desenvolvimento do sistema radicular, com reflexos negativos sobre o desenvolvimento da cultura.

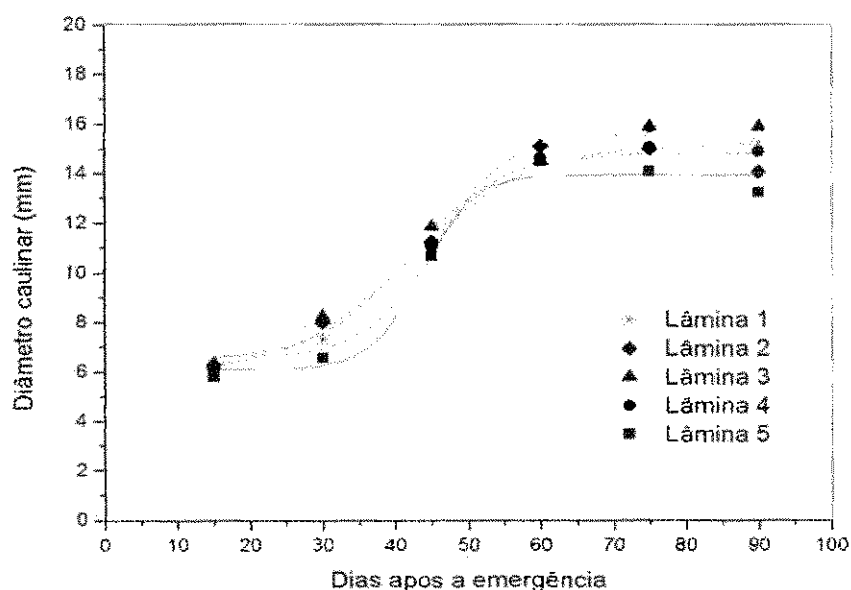


Figura 7. Diâmetro caulinar da planta de gergelim em função de lâminas de irrigação, ao longo do tempo. Barbalha-CE, 2010.

Quanto a velocidade de crescimento do diâmetro das plantas, em função dos genótipos (Figura 8), verifica-se que é semelhante ao ocorrido quando se avaliou as lâminas.

Observando-se que inicialmente, até os 30 DAE, não houve mudanças acentuadas no crescimento do diâmetro das plantas. Dos 30 aos 60 DAE ocorreu um rápido crescimento dessa variável e, que depois dos 60 DAE até o final do ciclo da cultura o crescimento do diâmetro se estabilizou.

Verifica-se uma melhor resposta do crescimento do diâmetro no genótipo 1 (BRS Seda), dos 60 DAE até o final do ciclo, sendo o menor valor observado para o genótipo 3 (ELAG09 - 27561), desde o início do ciclo da cultura.

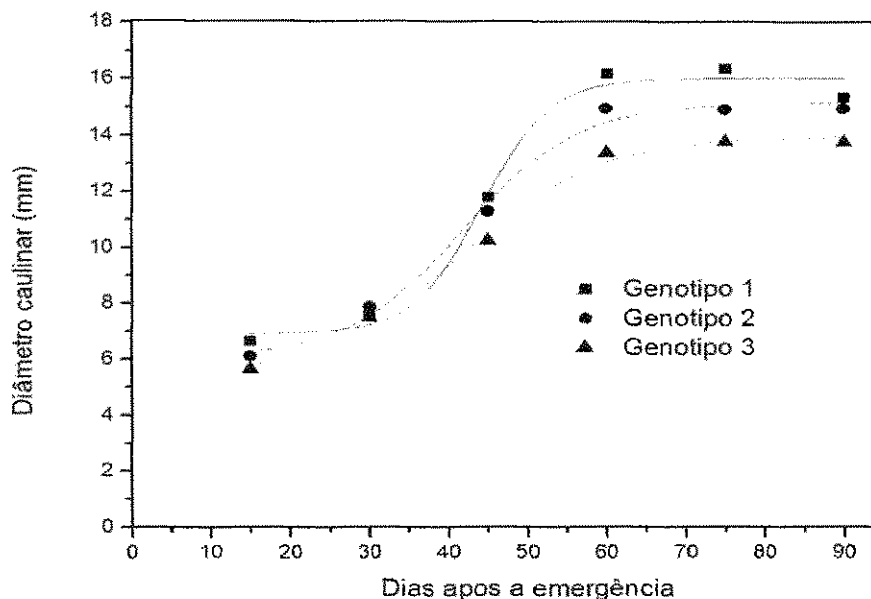


Figura 8. Diâmetro caulinar da planta dos três genótipos de gergelim no período de estudo, Barbalha-CE, 2010.

6.1.3 Área Foliar (AF)

Na tabela 15, estão os resultados da análise de variância para os modelos de regressão, e nas Figuras 9 e 10, a representação gráfica da área foliar de plantas nas avaliações ao longo do ciclo.

Tabela 15. Resumo das análises de variância para os modelos de equações de regressão, ajustada aos dados de área foliar (cm^2) em função de lâminas (L) e genótipos (G) durante o período de estudo (dias). Barbalha-CE, 2010.

Área foliar (cm^2)		
F.V	G.L	QM
Modelo L1	4	6535170,0*
Resíduo	2	155805,1
Modelo L2	4	11529200,0**
Resíduo	2	48097,3
Modelo L3	4	9708530,0**
Resíduo	2	92346,2
Modelo L4	4	8332410,0*
Resíduo	2	110557,6
Modelo L5	4	9093980,0**
Resíduo	2	248061,9
FV	G.L	QM
Modelo G1	4	11500700,0*
Resíduo	2	124236,9
Modelo G2	4	9210540,0*
Resíduo	2	140723,9
Modelo G3	4	7102860,0*
Resíduo	2	170330,6

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Pode-se observar na tabela 15, que o parâmetro estudado variou tanto em relação às lâminas, quanto nos genótipos, diferindo estatisticamente entre si, ao nível de significância, pelo teste F a 1% de probabilidade para lâminas e de 1 e 5% de probabilidade para genótipos.

Na Tabela 16 estão os parâmetros das equações obtidas na análise de regressão dos dados da área foliar (cm²) de plantas em função das lâminas e dos genótipos utilizados em relação ao tempo (t) em dias.

Podendo-se dizer para o caso das lâminas (Tabela 16), que de 88 a 98% dos dados obtidos indicam que os modelos estão perfeitamente ajustados pela análise de regressão (Figura 9). Já para os tratamentos de genótipos a variação foi de 0,87 a 0,98, ou seja, os modelos encontrados indicam que de 87 a 95% dos dados obtidos são ajustados pela regressão, podendo-se visualizar os fenômenos encontrados na figura 9. Portanto, verificam-se ótimos valores dos coeficientes de determinação (R²) para as equações, indicando bom ajuste das equações aos dados.

Tabela 16. Análise de crescimento de área foliar de plantas de gergelim, em função de lâminas (L) e genótipos (G) durante o período de estudo, em dias, Barbalha-CE, 2010.

Equações		R ²
Área foliar em função das lâminas		
L1	$\hat{Y} = 2823,860 + (-180,126 - 2823,860)/(1 + \exp(x-36,648)/8,5404)$	0,88
L2	$\hat{Y} = 4066,508 + (105,620 - 4066,508)/(1 + \exp(x-47,47)/8,713)$	0,98
L3	$\hat{Y} = 3810,122 + (-272,623 - 3810,122)/(1 + \exp(x-42,436)/13,696)$	0,95
L4	$\hat{Y} = 3170,958 + (-68,142 - 3170,958)/(1 + \exp(x-38,489)/8,949)$	0,93
L5	$\hat{Y} = 3330,925 + (351,183 - 3330,925)/(1 + \exp(x-44,106)/5,705)$	0,87
Área foliar em função dos genótipos		
G1	$\hat{Y} = 4714,313 + (-76,26 - 4714,313)/(1 + (x/45,478)^{2,5698})$	0,95
G2	$\hat{Y} = 3657,05 + (194,39 - 3657,05)/(1 + (x/44,887)^{4,7352})$	0,93
G3	$\hat{Y} = 2977,24 + (207,62 - 2977,24)/(1 + \exp(x-44,115)/6,2959)$	0,87

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

A cultura do gergelim apresenta acentuada senescência foliar entre os 75 e 100 dias, outro fator que contribuiu para a redução de sua área foliar (PINTO et al., 2006). Esse autor afirma que a redução na área foliar foi maior que a do

número de folhas, indicando que a restrição causada pela deficiência hídrica foi maior na expansão que na divisão celular.

Verifica-se na figura 9, que até os 30 DAE das plantas o crescimento da área foliar foi bastante lento, como as demais variáveis avaliadas nesse estudo. Dos 30 aos 60 DAE, esse crescimento foi muito acentuado e, a partir, dos 60 DAE até o final do ciclo da cultura tendeu a se estabilizar. Concordando com estudo realizado por Severino et al. (2002), onde os autores estudaram a análise do crescimento e a fenologia do gergelim cultivar CNPA G4.

A maior área foliar encontrada foi observada na lâmina 4 (698,88 mm), indicando que essa apresentou o melhor comportamento dentre as demais estudadas. Enquanto que, a menor área foliar observada foi verificada na lâmina 5 (1026,50 mm).

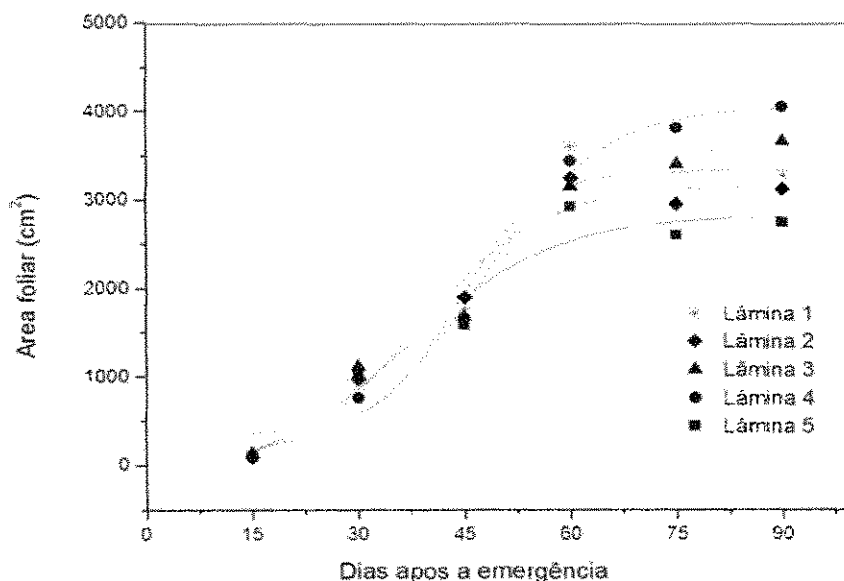


Figura 9. Área foliar da planta de gergelim em função de lâminas de irrigação, ao longo do tempo. Barbalha-CE, 2010.

Na Figura 10, verifica-se que a maior área foliar encontrada entre os genótipos foi observada em G1, indicando que esse, possivelmente, tenha expressado melhor seu potencial dentre os demais estudados. Enquanto isso, a menor área foliar observada entre os genótipos estudados, foi verificada em G3, indicando que esse foi o que menos respondeu ao tratamento utilizado.

O comportamento das plantas no final do ciclo quando expostas as menores lâminas de irrigação apresentavam-se murchas, além da visível redução na turgescência, também apresentaram enrolamento do limbo foliar. Fatores

estes, também foram verificados em plantas de amendoim por (SILVA, 1986; SÁ SOBRINHO, 1988) e em feijão-de-corda (ROCHA, 2001).

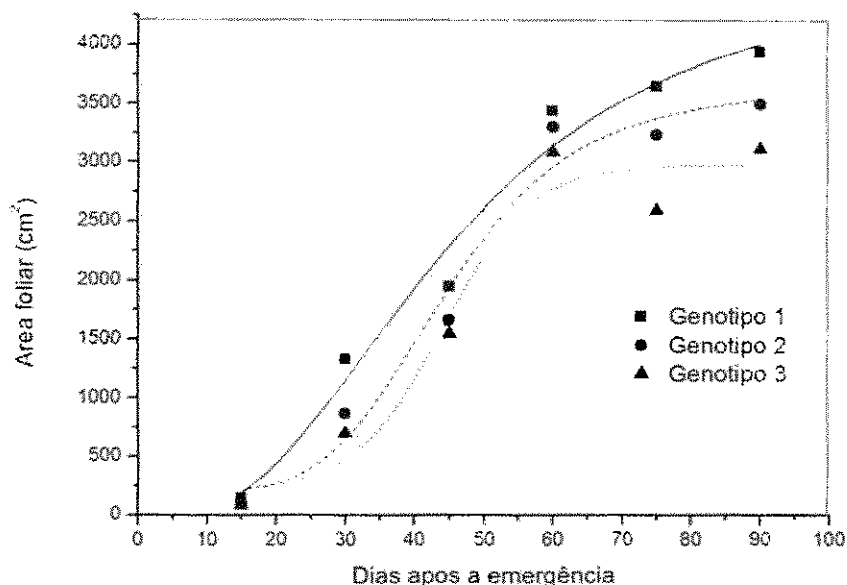


Figura 10. Área foliar dos três genótipos estudados de gergelim, em relação ao tempo, após emergência. Barbalha-CE, 2010.

6.1.4 Razão da Área Foliar (RAF), Duração da Área Foliar (DAF) e Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

São apresentados na Tabela 17 os Resumos das análises de variância para razão e duração da área foliar e taxa de crescimento relativo.

Tabela 17. Resumos das análises de variância referente aos dados de RAF, DAF e TCR. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		RAF ¹ (cm ² .dia)	DAF ¹ (dias)	TCR ¹ (g.g ⁻¹ .dia ⁻¹)
Genótipo (G)	2	2,86118854 ^{ns}	0,00751427 ^{**}	0,11948529 ^{ns}
Bloco	3	24,91686898 ^{ns}	0,01070520 ^{**}	0,00420893 ^{ns}
Resíduo (a)	6	17,1400285	0,00051900	0,04955424
(Parcelas)	(11)	-	-	-
Lâmina (L)	4	3,1788405 ^{ns}	0,00151242 ^{ns}	0,00767108 ^{ns}
Resíduo (b)	12	17,9000591	0,00213945	0,00627001
G x L	8	12,2655828 ^{ns}	0,00127554 ^{ns}	0,00996979 ^{ns}
Resíduo (c)	24	14,8551745	0,00208327	0,01018389
C.V.(%)	-	30,85900	24,39300	26,11972

* Significativo a 5% de probabilidade e ns Não significativo, ¹ dados transformados em \sqrt{x}

Nos resultados obtidos após a análise dos dados realizada para essas variáveis, revelou-se que não houve diferença estatística significativa tanto quando o mesmo foi comparado em função das lâminas, quanto em relação aos genótipos para RAF e TCR (Tabela 17). Diferentemente dessas, os resultados da DAF expressaram significância a 1% de probabilidade para o teste de Tukey. Esses resultados também podem ser comprovados pelos testes de médias realizados, de acordo com a Tabela 18.

Benincasa (1988) relata que a razão de área foliar (RAF), expressa a área foliar útil para a fotossíntese, e constitui-se num importante índice morfofisiológico. No estudo deste autor, não foi detectada alteração significativa na razão de área foliar entre as cultivares de amendoim e mamona, enquanto que no gergelim houve variação significativa. A deficiência hídrica reduziu a razão de área foliar em 9,55 % para o gergelim, e aumentou na mamona em 23,88 %.

Paz et al. (2003), estudaram *Barleria lupulina* Lindl, e constataram redução na razão de área foliar sob diminuição dos níveis de água no solo. Por outro lado, Aguiar Netto et al. (1995) concluíram que a redução do potencial de água no solo não interferiu na razão de área foliar, em ervilha.

Semelhante ao encontrado na pesquisa em estudo. Mesmo não se verificando diferenças estatísticas para esse estudo, tanto em relação às lâminas aplicadas, quanto em relação aos genótipos estudados, verifica-se que no caso das lâminas, a maior resposta foi observada para lâmina L3 e a menor observada na L1. Para o caso dos genótipos, verifica-se que o G1 expressou o maior resultado e o G3 o menor, visualizado na figura 9.

Tabela 18. Teste de médias para duração da área foliar em função dos diferentes genótipos, Barbalha-CE, 2010.

F.V	RAF ¹ (cm ² .dia)	DAF ¹ (dias)	TCR ¹ (g.g ⁻¹ .dia ⁻¹)
Lâmina 1	11,950 a	0,17201 a	0,34399 a
Lâmina 2	12,499 a	0,20134 a	0,39984 a
Lâmina 3	13,279 a	0,19421 a	0,39141 a
Lâmina 4	12,598 a	0,18257 a	0,38662 a
Lâmina 5	12,124 a	0,18544 a	0,40991 a
DMS	5,5053	0,0602	0,103
Genótipo 1	12,796 a	0,206017a	0,47133 a
Genótipo 2	12,607 a	0,188043 ab	0,36750 a
Genótipo 3	12,067 a	0,167284 b	0,32023 a
DMS	4,0168	0,0221	0,216

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, ¹ dados transformados em \sqrt{x}

Quando se comparou a DAF em relação às lâminas aplicadas, não se verificou diferença estatística entre si para tal parâmetro. Porém, verificou-se que a maior DAF encontrada foi no tratamento L2 e a menor, no tratamento L1, isso possivelmente aconteceu pelo fato desse tratamento ter recebido a maior quantidade de água ocasionando certo encharcamento do solo, provocando a queda precoce das folhas.

Para os tratamentos relacionados aos genótipos, observa-se que a partir da diferenciação das lâminas de irrigação que os tratamentos começaram a divergir, sendo os maiores valores registrados no Genótipo 1, seguido pelo G2 e G3. Verificando-se, portanto, diferença estatística significativa a 1% de probabilidade entre G1 e G3, de acordo com as Tabelas 15 e 16, podendo ser visualizado na Figura 11.

Segundo Aguiar Netto et al., (2000), a DAF é a integral das curvas de (L) em função do tempo, e o coerente seria que os resultados e os comportamentos dos mesmos fossem semelhantes em relação ao efeito do estresse hídrico.

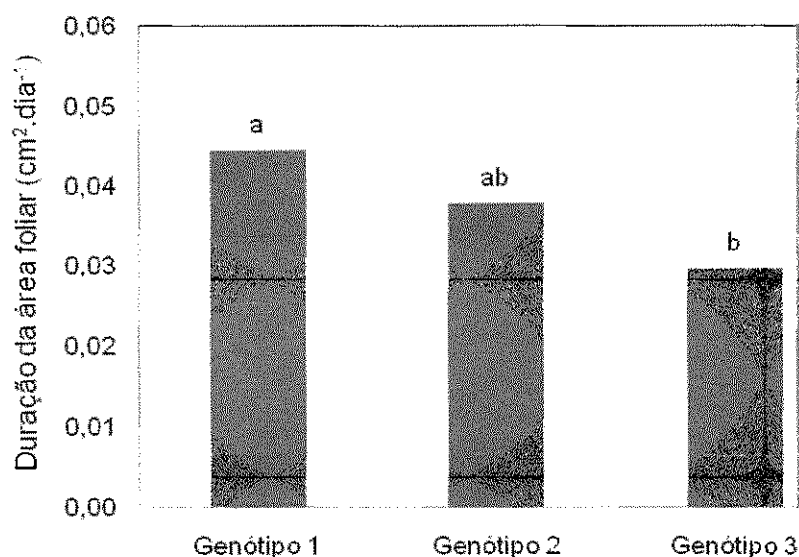


Figura 11 – Duração da área foliar de gergelim, em função dos três genótipos estudados, Barbalha-CE, 2010.

Em relação à TCR, essa reflete o aumento da matéria orgânica seca, em gramas, das plantas, num período de tempo, sendo função do tamanho inicial, ou seja, do material pré-existente (BARCELOS et al., 2007). Para esses autores, as curvas da taxa de crescimento relativo (TCR) em razão dos dias após plantio da

cultura da batata submetidas a diferentes lâminas de irrigação, observou-se que os tratamentos 1 e 2 apresentaram valores semelhantes ao longo de todo o período estudado, sendo superiores aos tratamentos 3, 4 e 5.

Semelhante ao encontrado para DAF, conforme Tabela 15, verificando-se que não houve diferença estatística para os tratamentos de Lâminas (L), e nesse caso, também para os Genótipos (G), observando-se, porém, que no caso das lâminas, a maior resposta foi verificada no tratamento L2 e a menor, no L1.

Em relação aos genótipos, foi observada uma maior resposta para o tratamento que envolveu o G1 e o menor para G3 (Tabela 16 e Figura 9).

Desde que TCR foi conceituada como um índice de eficiência, já que representa a capacidade da planta em produzir material novo, deduziu-se que o aumento das lâminas de irrigação influencia positivamente essa variável.

Além disso, Radford (1967) e Chiariello et al. (1991) citados por (AGUIAR NETTO et al., 2000) argumentam que esse índice fisiológico é o mais apropriado para comparar efeitos de diferentes manejos agrônômicos, por ser relativo e não depender de pressuposições matemáticas.

A partir da análise do desdobramento dessas variáveis e seus testes de médias, conforme as Tabelas 19 e 20. Pode-se observar na Tabela 19, diferença estatística ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste de Tukey para genótipos dentro das lâminas 2 e 3, apenas para TCR, observado na tabela 20, onde verifica-se L2 com maior resultado e a L1 com o menor resultado obtido.

Tabela 19. Resumo das análises de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis RAF, DAF e TCR, Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		RAF ¹ (cm ² .dia)	DAF ¹ (dias)	TCR ¹ (g.g ⁻¹ dia ⁻¹)
Genótipo d/ L1	2	10,647895 ^{ns}	0,000813 ^{ns}	0,028294 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	0,619481 ^{ns}	0,003132 ^{ns}	0,064462 ^{**}
Genótipo d/ L3	2	25,036933 ^{ns}	0,004070 ^{ns}	0,048793 [*]
Genótipo d/ L4	2	7,249797 ^{ns}	0,002563 ^{ns}	0,010037 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	8,369414 ^{ns}	0,002038 ^{ns}	0,007779 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	3,908109 ^{ns}	0,001273 ^{ns}	0,015237 ^{ns}
Lâmina d/ G2	4	17,617467 ^{ns}	0,002477 ^{ns}	0,002858 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	6,184431 ^{ns}	0,000314 ^{ns}	0,009516 ^{ns}

^{**} Significativo a 1% de probabilidade, ^{*} Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo, ¹ dados transformados em \sqrt{x}

Tabela 20. Teste de médias do desdobramento da interação para TCR, Barbalha-CE, 2010.

Lâminas \ Genótipos	TCR ¹ (g.g ⁻¹ .dia ⁻¹)		
	Genótipo 1	Genótipo 2	Genótipo 3
L 1	0,39002 a B	0,39504 aA	0,24692 aA
L 2	0,54611 aA	0,335074 aA	0,31834 aA
L 3	0,517283 aAB	0,346266 aA	0,31069 aA
L 4	0,443083 aAB	0,369257 aA	0,34752 aA
L 5	0,460173 aAB	0,391876 aA	0,37769 aA

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, DMS na linha = 0,241207 e na coluna = 0,145251, ¹ dados transformados em \sqrt{x}

6.1.5 Taxas de Crescimento

6.1.5.1 Taxa de Crescimento de Cultivo (TCC), Índice de Área Foliar (IAF) e Taxa de Assimilação Líquida (TAL)

Os resultados da análise de variância para taxa de crescimento de cultivo (TCC), índice de área foliar (IAF) e taxa assimilatória líquida (TAL) são apresentados na Tabela 21 e 22. Como aconteceu para a TCR, a taxa de crescimento do cultivo (TCC) não apresentou diferença estatística quando se analisaram as lâminas aplicadas, quanto os genótipos utilizados.

Diferentemente ao encontrado por (AGUIAR NETTO et al., 2000) em estudo realizado em com batata. Constatou, portanto, em seu estudo que na primeira coleta não houve distinção entre os tratamentos, uma vez que a diferenciação das lâminas de irrigação iniciou-se aos 30 DAP.

Tabela 21. Resumos das análises de variâncias referentes aos dados de TCC, IAF e TAL. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		TCC ¹ (g.cm ² .dia)	IAF ¹	TAL ¹ (g.dia)
Genótipo (G)	2	0,00002594 ^{ns}	0,67467259**	0,00000025 ^{ns}
Bloco	3	0,00001317 ^{ns}	0,96335133**	0,00001482 ^{ns}
Resíduo (a)	6	0,00001590	0,04685209	0,00002075
(Parcelas)	(11)	-	-	-
Lâmina (L)	4	0,00000458 ^{ns}	0,13617016 ^{ns}	0,00000038 ^{ns}
Resíduo (b)	12	0,00000496	0,19274535	0,00001342
G x L	8	0,00000402 ^{ns}	0,11492105 ^{ns}	0,00000888 ^{ns}
Resíduo (c)	24	0,00000720	0,18738414	0,00001109
C.V.(%)	-	17,37863	24,38646	34,55923

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ns Não significativo, ¹ dados transformados em \sqrt{x}

A partir da segunda coleta, verificou-se diferenciação entre os tratamentos, que progrediu significativamente ao longo do ciclo da cultura. O que não aconteceu no estudo em discussão, porém, verificou-se que a melhor resposta foi observada na lâmina L2 e a menor resposta na L1.

E, no caso dos genótipos, a melhor resposta encontrada foi observada no genótipo G1 e a menor resposta para o G3, conforme Tabela 22.

Tabela 22. Teste de médias para TCC, IAF e TAL em função de diferentes lâminas de irrigação e genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.

F.V	TCC ¹ (g,cm ² ,dia)	IAF ¹	TAL ¹ (g,dia)
Lâmina 1	0,0149043 a	1,6318 a	0,009701 a
Lâmina 2	0,0163819 a	1,9102 a	0,009879 a
Lâmina 3	0,0154157 a	1,8422 a	0,009626 a
Lâmina 4	0,0148745 a	1,7320 a	0,009394 a
Lâmina 5	0,0156151 a	1,7591 a	0,009579 a
DMS	0,0029	0,5713	0,0048
Genótipo 1	0,016629 a	1,95410 a	0,009663 a
Genótipo 2	0,015327 a	1,78404 ab	0,009513 a
Genótipo 3	0,014359 a	1,58709 b	0,009731 a
DMS	0,0039	0,2100	0,0044

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, ¹ dados transformados em \sqrt{x}

Para Souza et. al. (2008) em estudo realizado com mamona, afirma que a taxa de crescimento da cultura (TCC) é empregada para comunidades vegetais e representa a quantidade total de matéria seca acumulada por unidade de área em função do tempo.

De modo geral, a TCC assumiu valores iniciais baixos, passando por uma fase de crescimento contínuo até chegar ao máximo em torno dos 120 DAE, decrescendo posteriormente na fase final do ciclo. Essa mesma tendência foi semelhante às encontradas por Brandelero et al., (2002) em estudo realizado com nove cultivares de soja em Cruz das Almas - BA.

Considerando o IAF como um índice da eficiência funcional das partes produtivas de um vegetal (HUNT, 1982), inferiu que o estresse hídrico afeta significativamente essa eficiência na cultura da batata.

Tal resultado concorda com os relatos de Gandar & Tanner (1976), Scaloppi & Ferraz (1978), Dar & Rosario (1981), Kleinkopf (1982), Wolfe et al. (1983), Hang & Miller (1986), Duarte (1989) e Wright & Stark (1990). Conforme

esse autor, o comportamento do IAF em relação ao tempo apresentou-se semelhante em todos os tratamentos, com aumento à medida que a cultura se desenvolveu, explorando o máximo espaço disponível por volta dos 60 DAP, para depois decrescer, atingindo valores próximos à zero no tratamento T5 de seu estudo.

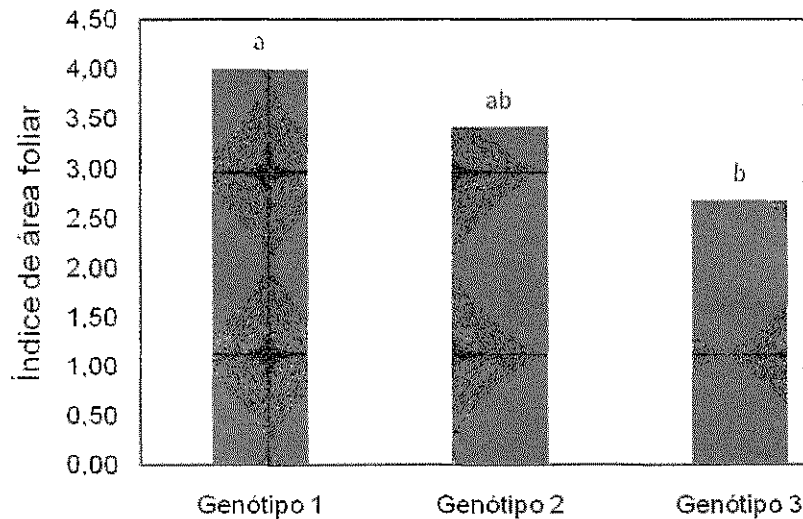


Figura 12. Índice de área foliar de gergelim, em função dos três genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.

No estudo em questão, verifica-se na Tabela 21, que após a análise de variância não houve diferença estatística para lâminas, sendo a maior verificada em L2 e a menor em L1.

Em relação aos genótipos, verificou-se sim diferença estatística ao nível de 1% de probabilidade entre G1 e G3, conforme se verifica na Tabela 20 de testes de médias e Figura 12.

Não se observa diferença entre G1 e G2, e nem entre G2 e G3. Para esse tratamento, observa-se maior expressão no tratamento G1 e o menor, em G3.

A redução de IAF no final do período estudado justifica-se pela senescência e abscisão foliar, que se intensifica nos tratamentos menos irrigados. (AGUIAR NETTO et al., 2000).

Os máximos valores atingidos por IAF nos tratamentos T1 e T2, próximos a quatro, assemelham-se aos relatados por Kleinkopf (1982) e Wright & Stark (1990), na cultura da batata em seu estágio de desenvolvimento vegetativo.

Após a análise de variância e seus testes de médias, os dados foram submetidos à análise de desdobramentos (Tabela 23). Verificou-se que não foram

encontradas diferenças estatísticas significativas, indicando que o IAF foi estatisticamente semelhante entre os tratamentos estudados, o que dispensou a realização de testes de médias.

Tabela 23. Resumo das análises de variância referente aos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis TCC, IAF e TAL. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		TCC ¹ (g.cm ² .dia)	IAF ¹	TAL ¹ (g.dia)
Genótipo d/ L1	2	0,000009283 ^{ns}	0,073181 ^{ns}	0,000011882 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	0,000015323 ^{ns}	0,280395 ^{ns}	0,000002573 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	0,000016558 ^{ns}	0,366322 ^{ns}	0,000015663 ^{ns}
Genótipo d/ L4	2	0,000000776 ^{ns}	0,230570 ^{ns}	0,000003344 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	9,7069697E-8 ^{ns}	0,183888 ^{ns}	0,000002296 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	0,000007412 ^{ns}	0,114427 ^{ns}	0,000005821 ^{ns}
Lâmina d/ G2	4	0,000002412 ^{ns}	0,222982 ^{ns}	0,000007525 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	0,000002798 ^{ns}	0,028603 ^{ns}	0,000004785 ^{ns}

^{ns} Não significativo, ¹ dados transformados em \sqrt{x}

Quanto aos resultados referentes à taxa assimilatória líquida (TAL). Constata-se na Tabela 23 que o comportamento tanto para lâminas, quanto para os genótipos utilizados, a TAL foi estatisticamente semelhante e não sendo influenciados significativamente.

No caso das lâminas, os valores de L2 e L3 são superiores aos demais. Os tratamentos L1, L4 e L5 expressaram os menores valores da TAL, em basicamente todo o período amostrado.

Tendo em vista que TAL expressa o balanço entre a fotossíntese e a respiração (WATSON, 1952), também em estudo com batata afirma que por ser planta C3 deve-se levar em conta também as perdas por fotorrespiração, verificando-se que o estresse hídrico prejudica a assimilação de CO₂ pelas folhas o que reforça a argumentação de que a cultura é bastante sensível ao estresse hídrico. Nessa condição reduz a taxa de fotossíntese por unidade de área foliar (LOON, 1981), em contraposição às afirmações de Krudev (1994), de que por influência do estresse hídrico o tamanho consideravelmente reduzido das folhas pode ser compensado por uma atividade mais intensa desse órgão vegetal.

Porém, algumas pesquisas onde os tratamentos foram submetidos a

maiores lâminas de irrigação, discordam dos relatados na literatura, que sempre demonstram que TAL decresce no final do ciclo. Esses fatores possivelmente também podem acontecer com a cultura do gergelim, visto que, principalmente por ser uma cultura de folhas muito pequenas fazendo com que se exija uma maior atividade fotossintética para compensar o seu tamanho.

6.2 Fitomassa de raiz, caule, folhas e frutos.

O resumo das análises de variância e os valores médios obtidos nas variáveis avaliadas são apresentados nas Tabelas 24 e 25 e na Figura 13. Observando-se a Tabela 24, verifica-se que as variáveis PMS Raiz, PMS Caule e PMS Folhas não foram afetadas significativamente pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade.

Nota-se que essas variáveis analisadas não foram afetadas pelos tratamentos sob lâminas, nem aos relacionados aos genótipos, mantendo médias semelhantes, conforme a Tabela 25. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Almeida (2010) quando avaliou a fitomassa seca de gergelim sob adubação orgânica apenas para peso de matéria seca de raízes. Diferentemente do ocorrido para peso seco do caule e peso seco das folhas, que sofreram influência da adubação com esterco caprino, onde os tratamentos exerceram efeitos quadráticos de acordo com a análise de regressão.

Tabela 24. Resumo das análises de variância referente aos dados de peso de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios			
		PMS Raiz	PMS Caule	PMS Folhas	PMS Frutos
Genótipo (G)	2	14,6251237 ^{ns}	1,72096007 ^{ns}	2,43318455 ^{ns}	7,8368709 ^{**}
Bloco	3	15,8176368 ^{ns}	3,84451431 ^{ns}	0,86668117 ^{ns}	4,0335773 ^{ns}
Resíduo (a)	6	5,16230067	1,28694211	1,48594151	0,56990808
(Parcelas)	(11)	-	-	-	-
Lâmina (L)	4	4,67316986 ^{ns}	3,77484232 ^{ns}	0,53693757 ^{ns}	4,6340589 ^{ns}
Resíduo (b)	12	3,54153755	1,40420884	0,68009937	3,71297853
G x L	8	2,34686961 ^{ns}	2,95156569 ^{ns}	0,47608790 ^{ns}	4,1274942 ^{ns}
Resíduo (c)	24	2,1065210	1,9036773	0,55502414	1,9658439
C.V.(%)	-	26,21344	18,79889	15,98694	19,64517

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ns Não significativo, ¹ dados transformados em \sqrt{x}

No entanto, Santos et al. (2009), estudando a produção de massa seca na cultura da soja adubada com dejetos líquidos de suínos, verificou que a aplicação de adubação orgânica exerceu efeitos significativos nessa cultura. Os autores obtiveram as maiores produtividades da massa seca das raízes quando foram utilizados dois diferentes tratamentos (adubação mineral e 50 m³ ha de dejetos líquidos de suínos + residual de N), o que não foi o caso desse estudo, pois não foi realizada comparação de adubação.

Apenas PMS Frutos apresentou diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F nos tratamentos de genótipos (Tabelas 24 e 25 e Figura 13), respectivamente. Semelhante ao verificado por Almeida (2010). Resultados contrários foram observados por Silva (2006), quando estudou o efeito residual das adubações orgânica e mineral na cultura do gergelim, em segundo ano de cultivo, pois o mesmo verificou que a massa seca desta cultura não foi afetada pelos tratamentos utilizados.

Tabela 25. Teste de médias para peso de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos em função de diferentes lâminas de irrigação e genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.

F.V	PMS Raiz¹	PMS Caule¹	PMS Folhas¹	PMS Frutos¹
Lâmina 1	4,7068 a	7,1726 a	4,4611 a	6,1523 a
Lâmina 2	6,0389 a	7,9089 a	4,9116 a	7,0598 a
Lâmina 3	6,2006 a	7,9284 a	4,6266 a	7,4308 a
Lâmina 4	5,1242 a	7,0278 a	4,4571 a	7,8275 a
Lâmina 5	5,6135 a	6,6597 a	4,8439 a	7,2149 a
DMS	2,4488	1,542	1,0731	2,5074
Genótipo 1	6,5064 a	7,6681 a	4,9920 a	7,8558 a
Genótipo 2	4,8903 a	7,1041 a	4,6916 a	6,7114 b
Genótipo 3	5,2138 a	7,2462 a	4,2966 a	6,8440 b
DMS	2,2044	1,1007	1,1827	0,7325

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De modo geral, verifica-se na Figura 13 que o genótipo 1 diferenciou-se significativamente entre os demais, onde o mesmo apresentou cerca de 7,8g de peso de matéria seca, enquanto que os demais não passaram de 6,8g. Esse genótipo foi superior aos demais em aproximadamente 12,82% em peso de matéria seca de frutos.

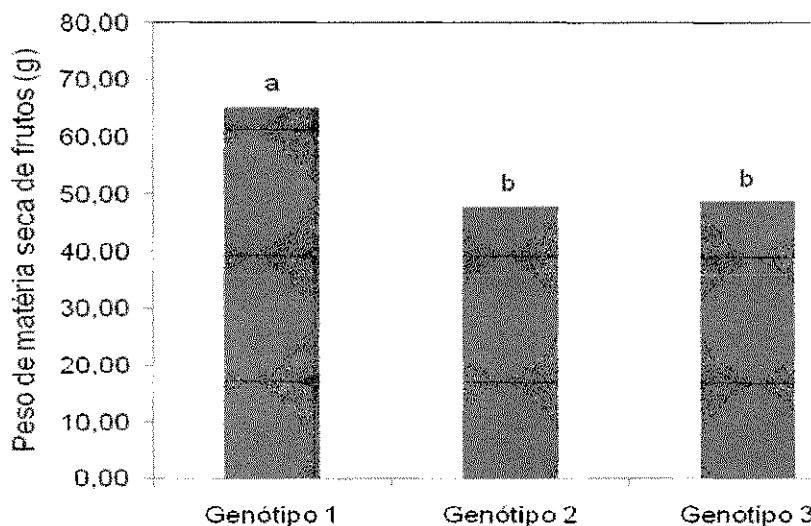


Figura 13. Peso de matéria seca de frutos (g) em função dos genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.

O desdobramento dos dados relacionados ao peso de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos estão na Tabela 26 e os testes de médias na Tabela 27, na tentativa de detectar diferenças estatísticas significativas que não foram observadas na análise de variância geral.

Após análise dos resultados, verifica-se na Tabela 26, que houve diferença estatística significativa a 5% de probabilidade pelo teste F em peso de matéria seca de raízes, para genótipos dentro das lâminas 1 e 3, de caule nos genótipos dentro da lâmina 3 e a 1% de probabilidade para peso de matéria seca de frutos em genótipos dentro da lâmina 3.

Para lâminas dentro de genótipos, também verificou-se diferença estatística para as mesmas variáveis, sendo para peso de matéria seca de raízes e caule de 5% de probabilidade e a 1% para peso de matéria seca de frutos, ambos em lâminas dentro do genótipo 1.

Tabela 26. Resumo das análises de variância referente aos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis: Peso de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios			
		Peso de matéria seca			
		Raiz [†]	Caule [†]	Folhas [†]	Frutos [†]
Genótipo d/ L1	2	8,905104*	2,759822 ^{ns}	0,946737 ^{ns}	3,312037 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	3,104399 ^{ns}	0,662043 ^{ns}	1,401008 ^{ns}	2,291855 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	8,632766*	6,134328*	1,550852 ^{ns}	12,826595**
Genótipo d/ L4	2	2,826056 ^{ns}	0,980487 ^{ns}	0,064350 ^{ns}	2,964575 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	0,544277 ^{ns}	2,990542 ^{ns}	0,374590 ^{ns}	2,951785 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	5,929750*	7,119960*	0,688598 ^{ns}	9,858999**
Lâmina d/ G2	4	2,041878 ^{ns}	2,401399 ^{ns}	0,517446 ^{ns}	1,698462 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	1,395280 ^{ns}	0,156615 ^{ns}	0,283070 ^{ns}	1,331586 ^{ns}

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Esses resultados podem ser verificados na Tabela 27, onde a mesma expressa os resultados obtidos através dos testes de médias. Verifica-se nessa tabela que para peso de matéria seca de raízes, as lâminas diferenciaram-se estatisticamente no genótipo 1, sendo a lâmina 3 a que expressou o maior resultado, enquanto que a lâmina 5 expressou o menor resultado para peso de matéria seca de raízes.

No caso dos genótipos, também houve diferença entre si, sendo o G1 o que apresentou o maior resultado e o G2 o que apresentou o menor resultado de peso de matéria seca de raízes em L1 e em L3.

Para peso de matéria seca de frutos, também ocorreram diferenças estatísticas entre as lâminas dentro de G1. Observando-se que a L5 foi a que expressou o maior resultado e a L1 o menor resultado. Sendo esses resultados já esperados, visto que, a lâmina 5, teve um maior quantitativo de água aplicada, enquanto que e a lâmina 1, o menor quantitativo aplicado na irrigação, fazendo com que o peso de matéria seca fosse nessa lâmina, menor que nas demais.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes et al. (1986), reportam que a produção de matéria seca do feijoeiro é reduzida drasticamente pelo estresse hídrico em decorrência das reduções na taxa assimilatória líquida e na área foliar.

Para caule e folhas não foram verificadas diferenças estatísticas a 1 ou 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 27).

Tabela 27. Teste de médias do desdobramento da interação para peso de matéria seca da raiz, caule, folhas e frutos. Barbalha-CE, 2010.

Genótipos	G 1	G 2	G 3	G 1	G 2	G 3
	PMS de raiz			PMS de caule		
Lâminas						
L 1	4,6775 aB	4,2737 bA	5,3452 abA	8,0117 aA	6,3507 aA	7,1552 aA
L 2	6,9412 aAB	5,9945 aA	5,1810 aA	7,9890 aA	8,2697 aA	7,4680 aA
L 3	7,7552 aA	4,8355 bA	6,0110 abA	9,3525 aA	7,1042 aA	7,3285 aA
L 4	5,9365 aAB	4,2580 aA	5,1780 aA	7,3007 aA	6,4562 aA	7,3262 aA
L 5	7,2215 aA	5,0895 aA	4,3535 aA	5,6865 aA	7,3395 aA	6,9530 aA
DMS 2,852 para linhas e DMS 2,51 para colunas			DMS 2,255 para linhas e DMS 2,035 para colunas			
	PMS de folhas			PMS de frutos		
L 1	4,8535 aA	4,6130 aA	3,9167 aA	7,9592 aA	6,2005 aA	7,4850 aA
L 2	5,5120 aA	4,8940 aA	4,3287 aA	8,6377 aA	7,7062 aA	7,1385 aA
L 3	5,3452 aA	4,2860 aA	4,2485 aA	9,4970 aA	6,4655 bA	6,3297 bA
L 4	4,5782 aA	4,4677 aA	4,3252 aA	7,8870 aA	6,1687 aA	7,1235 aA
L 5	4,6710 aA	5,1972 aA	4,6635 aA	5,2980 aB	7,0160 aA	6,1430 aA
DMS 1,50 para linhas e DMS 1,20 para colunas			DMS 2,20 para linhas e DMS 2,50 para colunas			

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey,

6.3 Teor de macronutrientes

6.3.1 Teor (%) de macronutrientes na matéria seca de raiz

Os dados de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), expressos pelo acúmulo de matéria seca e teor desses macronutrientes nos órgãos do gergelim, encontram-se na Tabela 28. Pela análise de variância dos dados não foram verificadas diferenças estatísticas significativas para os macronutrientes analisados entre os genótipos. Porém, em relação às lâminas de irrigação foram detectadas diferenças estatísticas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F apenas para teor de fósforo.

Tabela 28. Resumo das análises de variância referente aos dados de teor (%) de nutrientes em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo (G)	2	0,0058 ^{ns}	0,0040 ^{ns}	0,2625 ^{ns}	0,0171 ^{ns}	0,0116 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Bloco	3	0,0191 ^{ns}	0,0079 ^{ns}	0,0997 ^{ns}	0,0092 ^{ns}	0,0102 ^{ns}	0,0048 ^{ns}
Resíduo (a)	6	0,0484	0,0035	0,0831	0,0071	0,0135	0,0058
(Parcelas)	(11)	-	-	-	-	-	-
Lâmina (L)	4	0,0758 ^{ns}	0,0097 ^{**}	0,1479 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0056 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Resíduo (b)	12	0,0594	0,0017	0,0507	0,0037	0,0070	0,0006
G x L	8	0,04061 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,0646 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Resíduo (c)	24	0,0297	0,0024	0,0411	0,0037	0,0042	0,0005
C.V.(%)	-	23,2347	38,1638	16,2181	15,0877	18,6637	24,9797

** Significativo a 1% de probabilidade e ^{ns} Não significativo pelo teste F.

Na Tabela 29, estão apresentados os dados da análise do desdobramento dos dados. Verifica-se nessa análise que foram encontradas diferenças estatísticas significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo F, para potássio, nos genótipos dentro da lâmina 3 e a 5% na lâmina de irrigação 4.

Tabela 29. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referentes aos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo d/ L1	2	0,020667 ^{ns}	0,000834 ^{ns}	0,004133 ^{ns}	0,000108 ^{ns}	0,003775 ^{ns}	0,000433 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	0,058291 ^{ns}	0,003281 ^{ns}	0,037300 ^{ns}	0,004008 ^{ns}	0,007633 ^{ns}	0,000433 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	0,021193 ^{ns}	0,003766 ^{ns}	0,221633 ^{**}	0,012058 [*]	0,004158 ^{ns}	0,000083 ^{ns}
Genótipo d/ L4	2	0,052638 ^{ns}	0,000669 ^{ns}	0,141633 [*]	0,000956 ^{ns}	0,004508 ^{ns}	0,001033 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	0,015452 ^{ns}	0,000656 ^{ns}	0,141633 ^{ns}	0,009787 ^{ns}	0,000700 ^{ns}	0,000033 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	0,067206 ^{ns}	0,003829 ^{ns}	0,133480 [*]	0,002300 ^{ns}	0,004788 ^{ns}	0,000375 ^{ns}
Lâmina d/ G2	4	0,085446 [*]	0,004139 ^{ns}	0,076638 ^{ns}	0,001506 ^{ns}	0,003087 ^{ns}	0,000145 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	0,004331 ^{ns}	0,004381 ^{ns}	0,066993 ^{ns}	0,003282 ^{ns}	0,002308 ^{ns}	0,000470 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo pelo teste F.

Também verificou-se diferença significativa a 5% para cálcio no desdobramento dos genótipos dentro da lâmina 3. Quanto ao desdobramento das lâminas dentro dos genótipos, verificou-se diferenças estatísticas significativas a 5% de probabilidade pelo teste F para nitrogênio no genótipo 2 e para potássio, no genótipo 1.

Na Tabela 30, são apresentados os resultados dos testes de médias dos desdobramentos realizados. Verifica-se na referida tabela que apenas para potássio foi identificada diferença estatística significativa entre os genótipos e dentro da lâmina 3.

Tabela 30. Teste de médias do desdobramento da interação para N, P, K, Ca, Mg e S em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.

Genótipos Lâminas	Nitrogênio			Fósforo		
	G 1	G 2	G 3	G 1	G 2	G 3
L 1	0,679 aA	0,600 aA	0,744 aA	0,134 aA	0,152 aA	0,163 aA
L 2	0,620 aA	0,561 aA	0,793 aA	0,137 aA	0,153 aA	0,098 aA
L 3	0,897 aA	0,892 aA	0,768 aA	0,178 aA	0,174 aA	0,123 aA
L 4	0,615 aA	0,833 aA	0,788 aA	0,103 aA	0,120 aA	0,094 aA
L 5	0,837 aA	0,788 aA	0,714 aA	0,103 aA	0,092 aA	0,078 aA
DMS 0,366 para linhas e DMS 0,266 para colunas			DMS 0,102 para linhas e DMS 0,061 para colunas			
Potássio			Cálcio			
L 1	1,1975 aA	1,2475 aA	1,2575 aA	0,3850 aA	0,3950 aA	0,3925 aA
L 2	1,1000 aA	1,2900 aA	1,2250 aA	0,4475 aA	0,4250 aA	0,3850 aA
L 3	1,5775 aA	1,5625 abA	1,1625 bA	0,4350 aA	0,4400 aA	0,3425 aA
L 4	1,2225 aA	1,4375 aA	1,0625 aA	0,4150 aA	0,4182 aA	0,3900 aA
L 5	1,2175 aA	1,2500 aA	0,9400 aA	0,4300 aA	0,3957 aA	0,3325 aA
DMS 0,382 para linhas e DMS 0,327 para colunas			DMS 0,133 para linhas e DMS 0,080 para colunas			
Magnésio			Enxofre			
L 1	0,3550 aA	0,4125 aA	0,3650 aA	0,0725 aA	0,0925 aA	0,0875 aA
L 2	0,2750 aA	0,3350 aA	0,3600 aA	0,0925 aA	0,0975 aA	0,0775 aA
L 3	0,3075 aA	0,3700 aA	0,3250 aA	0,0950 aA	0,0950 aA	0,0925 aA
L 4	0,3175 aA	0,3700 aA	0,3075 aA	0,0775 aA	0,0825 aA	0,1075 aA
L 5	0,3575 aA	0,3625 aA	0,3375 aA	0,0875 aA	0,0875 aA	0,0925 aA
DMS 0,136 nas linhas e DMS 0,112 nas colunas			DMS 0,075 nas linhas e DMS 0,036 nas colunas			

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O teor de potássio é apresentado graficamente na Figura 14. Nota-se nessa figura, que o genótipo 1 foi diferente estatisticamente do genótipo 3 e igual ao genótipo 2.

O genótipo 1 foi o que apresentou o maior teor de potássio, com cerca de 1,8%, enquanto que e o genótipo 3, apresentou o menor teor desse macronutriente, com aproximadamente 1,2%.

Resultados semelhantes foram verificados por Arriel et al. (2006) e Ciancio (2010). Para essa variável não foram identificadas diferenças significativas em relação às lâminas aplicadas. Note-se que entre o genótipo 1 foi superior ao genótipo 3 em aproximadamente 26,58%.

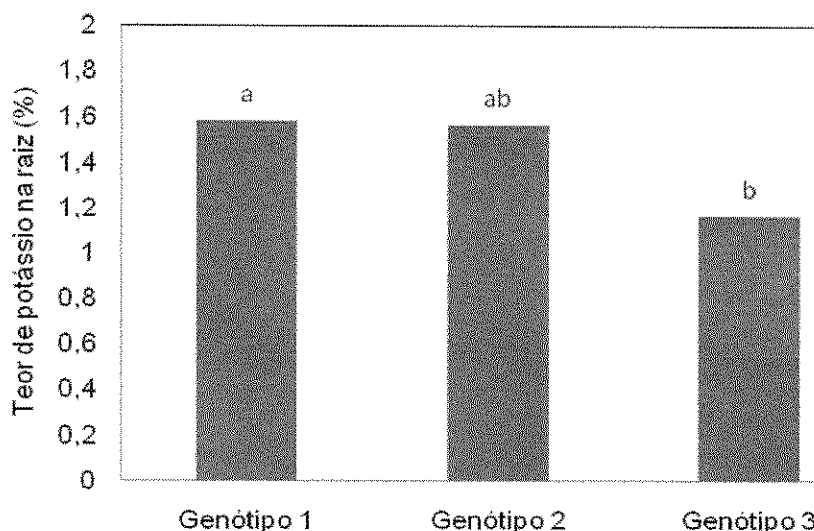


Figura 14. Teor de Potássio na lâmina de irrigação 3, em função dos genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.

6.3.2 Teor (%) de macronutrientes na matéria seca de caule

Os resultados da análise de variância do teor de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em matéria seca de caule em função dos genótipos e das lâminas de irrigação estão apresentados na Tabela 31.

Nota-se pela referida tabela que para genótipos não foram verificadas diferenças estatísticas significativas pelo teste F. Porém, para o caso das lâminas, observam-se efeitos significativos a 1 e 5% de probabilidade para teor de magnésio, nitrogênio, fósforo e enxofre, respectivamente.

Também se verificou diferença significativa a 1% de probabilidade para o teor de cálcio na interação genótipos x lâminas.

Tabela 31. Resumo das análises de variância referente aos dados de teor (%) de nutrientes em matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo (G)	2	0,2379 ^{ns}	0,0138 ^{ns}	0,0028 ^{ns}	0,0259 ^{ns}	0,0344 ^{ns}	0,0025 ^{ns}
Bloco	3	0,0447 ^{ns}	0,0712 ^{ns}	0,0472 ^{ns}	0,7485 ^{ns}	0,1103 ^{ns}	0,0240 ^{ns}
Resíduo (a)	6	0,1616	0,0354	0,0169	0,4886	0,0301	0,0179
(Parcelas)	(11)	-	-	-	-	-	-
Lâmina (L)	4	0,2207*	0,0173*	0,0109 ^{ns}	0,0449 ^{ns}	0,0356**	0,0075*
Resíduo (b)	12	0,0493	0,0038	0,0077	0,0374	0,0054	0,0022
G x L	8	0,0278 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	0,0041 ^{ns}	0,0581**	0,0064 ^{ns}	0,0026 ^{ns}
Resíduo (c)	24	0,0774	0,0033	0,0065	0,0167	0,0057	0,0024
C.V.(%)	-	25,2493	19,1581	7,4510	9,2733	14,7099	17,5255

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo pelo teste F.

Após a análise de variância dos dados (Tabela 31) pordeceu-se a análise do desdobramento e seus testes de médias, Tabelas 32 e 33, respectivamente. Verifica-se nessa análise, que foram encontradas diferenças estatísticas significativas ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo testes de Tukey, para cálcio nos genótipos dentro das lâminas 2 e 3, respectivamente.

Também foram verificadas diferenças significativas a 5% para magnésio nos genótipos dentro da lâmina 4. No caso de lâminas dentro de genótipos 1, ocorreram significância positiva para fósforo e magnésio a 5% de probabilidade.

Em lâminas dentro do genótipo 2, significância a 1% para cálcio e a 5%, para magnésio e enxofre. Já nas lâminas dentro do genótipo 3, ocorreram efeitos significativos a 5% de probabilidade para fósforo e cálcio.

Tabela 32. Resumo das análises de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo d/ L1	2	0,038388 ^{ns}	0,005027 ^{ns}	0,014819 ^{ns}	0,009100 ^{ns}	0,016808 ^{ns}	0,003675 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	0,031733 ^{ns}	0,000757 ^{ns}	0,001433 ^{ns}	0,067500*	0,013433 ^{ns}	0,000433 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	0,084065 ^{ns}	0,001977 ^{ns}	0,000133 ^{ns}	0,098258**	0,001033 ^{ns}	0,002433 ^{ns}
Genótipo d/ L4	2	0,166483 ^{ns}	0,008776 ^{ns}	0,000108 ^{ns}	0,035258 ^{ns}	0,024033*	0,001308 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	0,028336 ^{ns}	0,004561 ^{ns}	0,002765 ^{ns}	0,048225 ^{ns}	0,004933 ^{ns}	0,004900 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	0,048652 ^{ns}	0,008820*	0,000887 ^{ns}	0,027613 ^{ns}	0,017350*	0,003480 ^{ns}
Lâmina d/ G2	4	0,195854 ^{ns}	0,001907 ^{ns}	0,005239 ^{ns}	0,080382**	0,017567*	0,006730*
Lâmina d/ G3	4	0,031770 ^{ns}	0,010240*	0,013036 ^{ns}	0,053158*	0,013562 ^{ns}	0,002430 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo

Esses efeitos são apresentados na Tabela 33, pelo resultados dos testes de médias dos desdobramentos realizados. Verificando-se na referida tabela, que o genótipo 2, se sobressaiu em relação ao demais, apresentando efeito significativo para nitrogênio.

No caso do teor de fósforo, o genótipo 1 foi o que apresentou os maiores resultados. Para teor de potássio, o genótipo 3, foi o que apresentou diferença estatística significativa, tendo este os maiores teores.

Quanto as lâminas de irrigação, as principais diferenças ocorreram para fósforo na lâmina 4. Para cálcio na lâmina 3, magnésio nas lâminas 1, 2 e 4 e para enxofre, na lamina 5.

Tabela 33. Teste de médias do desdobramento da interação para N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.

Genótipos Lâminas	G 1	G 2	G 3	G 1	G 2	G 3
	Nitrogênio			Fósforo		
L 1	1,034aA	1,244aBA	0,874aA	0,248aB	0,264aA	0,199aB
L 2	1,113aA	1,433aA	0,935aA	0,350aA	0,322aA	0,263bAB
L 3	1,215aA	1,178aBA	0,947aA	0,324aAB	0,309aA	0,281aAB
L 4	1,311aA	1,008aB	1,035aA	0,356aA	0,300abA	0,336aA
L 5	1,248aA	0,856aB	1,100aA	0,361aA	0,303aA	0,298aA
DMS 0,535 nas linhas e DMS 0,402 nas colunas			DMS 0,190 nas linhas e DMS 0,091 nas colunas			
	Potássio			Cálcio		
L 1	1,102aA	1,051aA	1,099aBC	1,365aA	1,360aA	1,280aA
L 2	1,077aA	1,042aA	1,112aAB	1,472aA	1,472aA	1,247bA
L 3	1,102aA	1,112aA	1,047aABC	1,345bA	1,657aA	1,480abA
L 4	1,105aA	1,112aA	1,115aA	1,377aA	1,292aA	1,480aA
L 5	1,075aA	1,046aA	0,981aC	1,240bA	1,375abA	1,457aA
DMS 0,162 para linhas e DMS 0,129 para colunas			DMS 0,815 nas linhas e DMS 0,206 nas colunas			
	Magnésio			Enxofre		
L 1	0,605bA	0,532aA	0,412bA	0,247aA	0,300aA	0,247aA
L 2	0,540abA	0,522aA	0,407bA	0,292aA	0,307aA	0,287aA
L 3	0,510aAB	0,485aA	0,480aA	0,307aA	0,347aA	0,302aA
L 4	0,477abBC	0,660aA	0,515bA	0,267aA	0,237aA	0,270aA
L 5	0,430aC	0,565aA	0,535aA	0,237bA	0,272abA	0,307aA
DMS 0,220 nas linhas e DMS 0,099 nas colunas			DMS 0,164 nas linhas e DMS 0,064 nas colunas			

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A partir da análise de variância dos dados (Tabela 31) e da identificação de diferenças significativas procedeu-se a confecção das Figuras de 15 a 17. Para melhor visualização da significância dos modelos encontrados nas Figuras 15, 16 e 17, realizou-se a análise de variância desses modelos conforme a Tabela 34.

Tabela 34. Resumo das análises de variância para os modelos de equações da análise de crescimento, ajustada aos dados dos teores de nitrogênio, fósforo e magnésio no caule em função das lâminas. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Teor de N	Teor de P	Teor de Mg
		QM	QM	QM
Modelos	4	1,536*	0,115*	0,3304**
Resíduo	1	0,003	0,0004	0,000054

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Os valores médios de teor de nitrogênio em função das lâminas de irrigação estão apresentados no gráfico da Figura 15. Verificou-se que a regressão com modelo polinomial teve bom ajuste, com 84,0% da variação total

observada nos dados explicada. Consta-se que a medida em que se aumentam as lâminas de irrigação, diminuíram-se os teores de nitrogênio no caule. A lâmina 2 foi a que apresentou o maior percentual desse nutriente, sendo superior a lâmina 5 em aproximadamente 40,56%. Tais resultados podem ser explicados pela grande solubilidade no solo e mobilidade do nutriente para outras partes da planta para uso na diferenciação celular e conseqüentemente, crescimento de novas partes.

Resultados esses, também comprovados por Corrêa et al. (1995), que em pesquisa com absorção de macronutrientes em gergelim identificaram que houve uma evolução dos teores de nitrogênio nos órgãos da planta, em função do estágio de desenvolvimento.

Observaram que durante o ciclo da cultura, há um decréscimo nos teores de nitrogênio pelas partes vegetativas (folhas e caules), o que evidenciou, inicialmente, o efeito de diluição causado pelo crescimento mais rápido a partir dos 35 dias e adicionado ao efeito de redistribuição do nutriente para os frutos a partir dos 50 dias.

Malavolta et al. (1989) em estudo com citrus e Fernandes et al. (1989) com goiabeira, afirmam que por ser um elemento de grande mobilidade, concentrações de N verificadas em suas pesquisas foram maiores nas partes superiores das plantas, principalmente flores e frutos, sendo isto comprovado também em outras culturas.

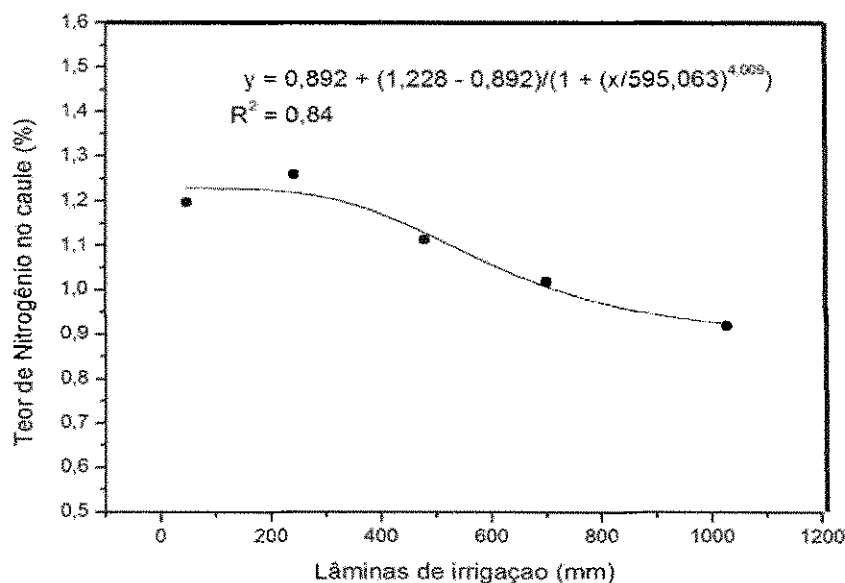


Figura 15. Modelo de regressão para teor de nitrogênio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Quanto aos teores médios de fósforo no caule (Figura 16), verificou-se que a regressão com modelo polinomial teve ajuste regular, com 74,0% da variação total observada nos dados.

Verifica-se nessa figura que os teores desse nutriente aumentaram conforme o aumento das lâminas de irrigação. Sendo verificado o maior teor na lâmina 4.

Nota-se pela média da lâmina 4 uma superioridade à lâmina 1 em aproximadamente 28,33% de incremento. Resultados estes diferentes dos encontrados por Malavolta et al. (1989) em estudo com citrus e Fernandes et al. (1989) com goiabeira que revelaram uma tendência linear decrescente para as folhas e caules e linear crescente, para os frutos.

Em relação ao teor de potássio no caule (Figura 17), os resultados foram semelhantes em todas as lâminas. Observa-se que a modelo matemático teve ajuste de 77,0% da variação total observada nos dados.

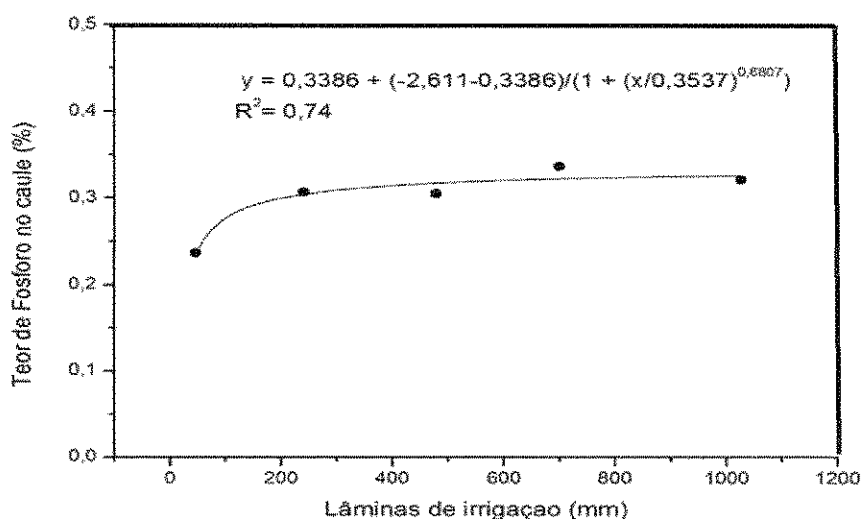


Figura 16. Modelo de regressão para teor de fósforo no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

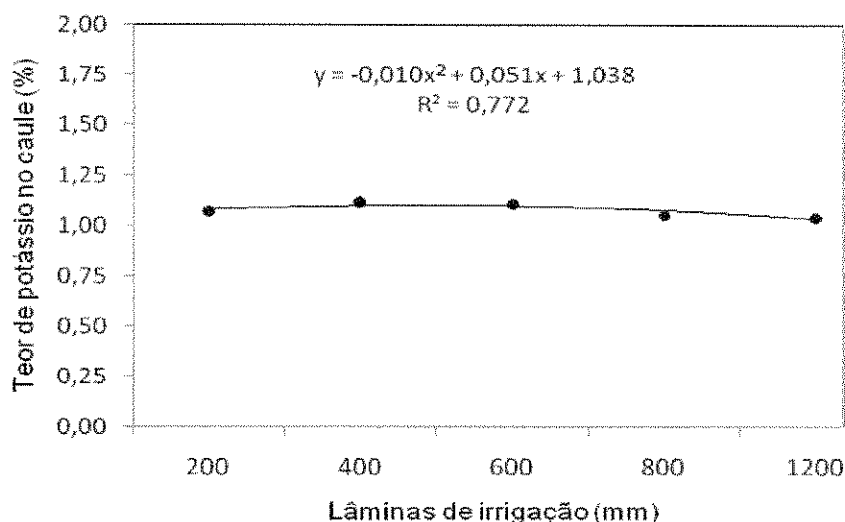


Figura 17. Modelo de regressão para teor de potássio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Em relação ao teor de magnésio no caule (Figura 18), os resultados foram semelhantes ao de teor de nitrogênio. Observa-se que a concentração de magnésio foi mais elevada na lâmina com o menor conteúdo de água aplicado, enquanto para as maiores lâminas, seus teores foram decrescentes. Verifica-se que entre a lâmina 1 e a 5 ocorreu um decréscimo de aproximadamente 18,02%.

Quanto aos teores médios de enxofre no caule (Figura 19), verifica-se que a regressão com modelo polinomial teve um ajuste de apenas 68,0% da variação total observada nos dados. Verifica-se nessa figura, que os teores de enxofre tiveram pouca variaram com o aumento das lâminas de irrigação.

A lâmina 4 foi superior a lâmina 1 em aproximadamente 7,89%. Com base na equação da figura 19 determinou-se o ponto máximo para o teor de S, e em qual lâmina de irrigação esse teor seria estimado. Desse maneira, observa-se que os valores estimados para teor de S e lâmina são de 0,29% e 608,33mm, respectivamente.

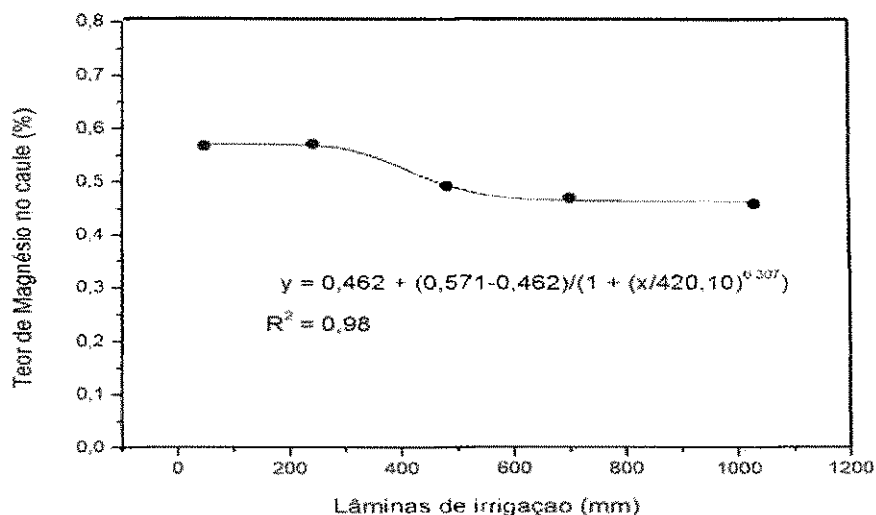


Figura 18. Modelo de regressão para teor de magnésio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

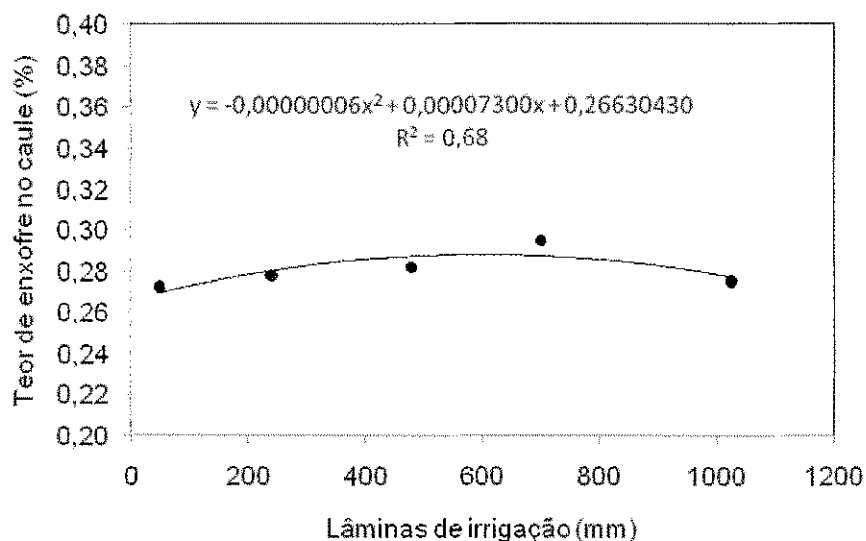


Figura 19. Modelo de regressão para teor de enxofre no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

6.3.3 Teor (%) de macronutrientes na matéria seca de folhas

Para os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em matéria seca de folhas, os resultados da análise de variância em função dos genótipos e das lâminas de irrigação estão apresentados na Tabela 35.

Percebe-se pela referida tabela, que para genótipos também não foram verificadas diferenças estatísticas significativas pelo teste F, como em caule. Nota-se, para o caso das lâminas, que foram verificadas diferenças significativas

a 1% de probabilidade para teor de fósforo e magnésio e a 5% de probabilidade para nitrogênio e potássio. Para os demais nutrientes não foram verificadas diferenças significativas a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 35. Resumo das análises de variância referente aos dados de nutrientes em peso de matéria seca das folhas. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo (G)	2	0,8921 ^{ns}	0,0766 ^{ns}	0,0670 ^{ns}	0,3342 ^{ns}	0,0286 ^{ns}	0,0787 ^{ns}
Bloco	3	0,2247 ^{ns}	0,1556*	0,4105 ^{ns}	0,6693 ^{ns}	0,0654 ^{ns}	0,5677 ^{ns}
Resíduo (a)	6	1,0615	0,0267	0,1290	0,2967	0,0241	0,1229
(Parcelas)	(11)	-	-	-	-	-	-
Lâmina (L)	4	1,0569*	0,0754**	0,1004*	0,2521 ^{ns}	0,0592**	0,1118 ^{ns}
Resíduo (b)	12	0,2673	0,0101	0,0263	0,1450	0,0112	0,0391
G x L	8	0,3131 ^{ns}	0,0105 ^{ns}	0,0470 ^{ns}	0,1393 ^{ns}	0,0359 ^{ns}	0,0865 ^{ns}
Resíduo (c)	24	0,2341	0,0209	0,0453	0,0799	0,0183	0,0401
C.V.(%)	-	14,0121	32,9961	18,0943	11,6391	20,3991	24,6948

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo

Os resultados da análise de desdobramento são apresentados na Tabela 36. Verifica-se diferença estatística significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, para cálcio no desdobramento de genótipos dentro da lâmina 2.

Verifica-se diferença significativa a 5% para nitrogênio em genótipos dentro da lâmina 3. Para magnésio, em genótipos dentro das lâminas 4 e 5, como também para enxofre em genótipos dentro da lâmina 1.

No caso de lâminas dentro de genótipos 1, só ocorreu significância positiva para fósforo a 5% de probabilidade e para magnésio a 1%. Em lâminas dentro do genótipo 2, ocorreu significância a 1% para nitrogênio e cálcio.

Já nas lâminas dentro do genótipo 3, ocorreram efeitos significativos a 1% de probabilidade apenas para magnésio.

Tabela 36. Resumo das análises de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de folhas. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo d/ L1	2	0,184851 ^{ns}	0,022445 ^{ns}	0,092133 ^{ns}	0,044100 ^{ns}	0,015100 ^{ns}	0,086308 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	0,219116 ^{ns}	0,059076 ^{ns}	0,027433 ^{ns}	0,725208**	0,022008 ^{ns}	0,148433*
Genótipo d/ L3	2	1,017979*	0,027149 ^{ns}	0,014933 ^{ns}	0,052975 ^{ns}	0,002508 ^{ns}	0,051633 ^{ns}
Genótipo d/ L4	2	0,467553 ^{ns}	0,003654 ^{ns}	0,116608 ^{ns}	0,034358 ^{ns}	0,069258*	0,014033 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	0,255114 ^{ns}	0,006203 ^{ns}	0,004133 ^{ns}	0,034608 ^{ns}	0,063475*	0,124308 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	0,329035 ^{ns}	0,067856*	0,095388 ^{ns}	0,043517 ^{ns}	0,022692 ^{ns}	0,204312**
Lâmina d/ G2	4	0,958414**	0,014226 ^{ns}	0,060338 ^{ns}	0,443557**	0,014433 ^{ns}	0,009917 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	0,395730 ^{ns}	0,014246 ^{ns}	0,038737 ^{ns}	0,043520 ^{ns}	0,093933**	0,070593 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo pelo teste F.

Os efeitos significativos observados na Tabela 36, são apresentados na Tabela 37, pelo resultados dos testes de médias dos desdobramentos realizados. Observando-se na referida tabela, que para o nitrogênio, fósforo e cálcio não houve efeito significativo entre as lâminas, apenas entre genótipos.

Tabela 37. Teste de médias do desdobramento da interação para teor (%) de N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de folhas. Barbalha-CE, 2010.

Genótipos Lâminas	Nitrogênio			Fósforo		
	G 1	G 2	G 3	G 1	G 2	G 3
L 1	3,348aA	3,541aA	3,112aA	0,607aA	0,528aA	0,457aA
L 2	3,509aA	3,096aA	3,112aA	0,591aA	0,474abA	0,348bA
L 3	3,740aA	2,935bA	2,811bA	0,546aA	0,461aA	0,381aA
L 4	4,077aA	4,007aA	3,453aA	0,413aA	0,434aA	0,374aA
L 5	3,478aA	3,966aA	3,608aA	0,303aA	0,365aA	0,293aA
DMS 1,672 nas linhas e DMS 0,655 nas colunas			DMS 0,296 nas linhas e DMS 0,220 nas colunas			
Lâminas	Potássio			Cálcio		
	G 1	G 2	G 3	G 1	G 2	G 3
L 1	1,110aB	1,020aA	1,320aA	2,400aA	2,430aA	2,595aA
L 2	1,495aA	1,042aA	1,137aA	2,400bA	3,137aA	2,400bA
L 3	1,257aAB	1,217aA	1,137aA	2,307aA	2,537aA	2,415aA
L 4	1,207aAB	1,297aA	1,155aA	2,162aA	2,335aA	2,307aA
L 5	1,130aB	1,060aA	1,050aA	2,232aA	2,355aA	2,415aA
DMS 0,434 nas linhas e DMS 0,304 nas colunas			DMS 0,908 nas linhas e DMS 0,424 nas colunas			
Lâminas	Magnésio			Enxofre		
	G 1	G 2	G 3	G 1	G 2	G 3
L 1	0,587aA	0,682aA	0,567aC	1,032aAB	0,862abA	0,740bA
L 2	0,527aA	0,675aA	0,587aC	1,125aA	0,745abA	0,880bA
L 3	0,670aA	0,620aA	0,642aABC	0,647aB	0,772aA	0,687aA
L 4	0,705abA	0,557bA	0,820aAB	0,780aAB	0,785aA	0,885aA
L 5	0,687aA	0,707aA	0,915aA	0,802aAB	0,845aA	0,572bA
DMS 0,237 nas linhas e DMS 0,195 nas colunas			DMS 0,490 nas linhas e DMS 0,264 nas colunas			

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

partir dos 50 dias.

Segundo Arriel et. al. (2006) citado por Costa et. al. (2012) esse nutriente é o segundo nutriente mais exigido pelo gergelim, ficando atrás apenas do K, sendo que, do início do ciclo até o trigésimo dia o N não é muito exigido, mas a partir desta data, os requerimentos da planta por este nutriente crescem rapidamente, alcançando a demanda máxima aos 74 dias após a germinação.

Conforme Below (2002), o nitrogênio é o mineral que mais limita o crescimento das culturas se aplicado de forma inadequada, já que faz parte de numerosos compostos essenciais à planta, sendo a vasta maioria representada pelas proteínas (90% ou mais); desta forma, o suprimento de N dentro dos limites adequados promove aumento no crescimento e vigor da planta, enquanto a deficiência resulta em plantas menores e cloróticas.

Com base na equação da figura 20 determinou-se o ponto mínimo para o teor de N, e em qual lâmina de irrigação esse teor seria estimado. Desse maneira, observa-se que os valores estimados para teor de N e lâmina foram de 3,06% e 860,00mm, respectivamente.

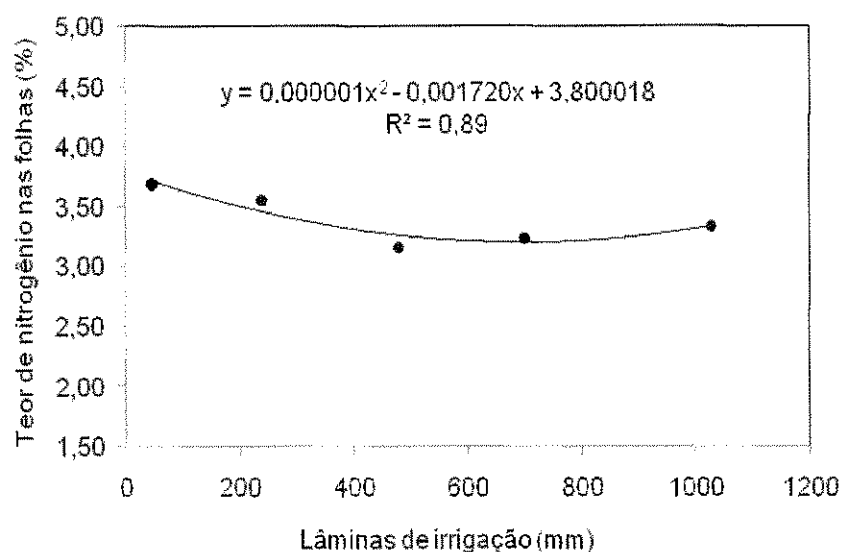


Figura 20. Modelo de regressão para teor de nitrogênio nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Quanto aos teores médios de fósforo no caule (Figura 21), verificou-se que a regressão com modelo linear teve um ajuste de 88,0% da variação total observada nos dados.

Verifica-se nessa figura, que os teores de fósforo aumentaram de forma linear conforme o aumento das lâminas de irrigação. Sendo verificado o maior teor na lâmina 5. Esses resultados podem ser explicados, possivelmente, pelo aumento da disponibilidade do fósforo devido a maior disponibilidade de água no solo, fazendo com que esse nutriente tenha reagido mais rapidamente na solução desse solo, tornando-o mais disponível para a planta.

Conforme Bissani et al. (2008) é uma das características a ser considerada na hora de avaliar a velocidade com que o fósforo é disponibilizado às plantas, como também, a capacidade de extração de fósforo por elas.

Quando analisado os tecidos vegetais verifica-se que a quantidade deste elemento é inferior quando comparado com as quantidades de nitrogênio e potássio e, em geral, semelhante aos teores de enxofre, magnésio e cálcio.

Por sua vez o fósforo torna-se indispensável na vida vegetal pela sua participação na divisão celular, reprodução sexuada, fotossíntese, respiração e síntese de substâncias orgânicas (MARSCHNER, 1995; FILGUEIRA, 2000).

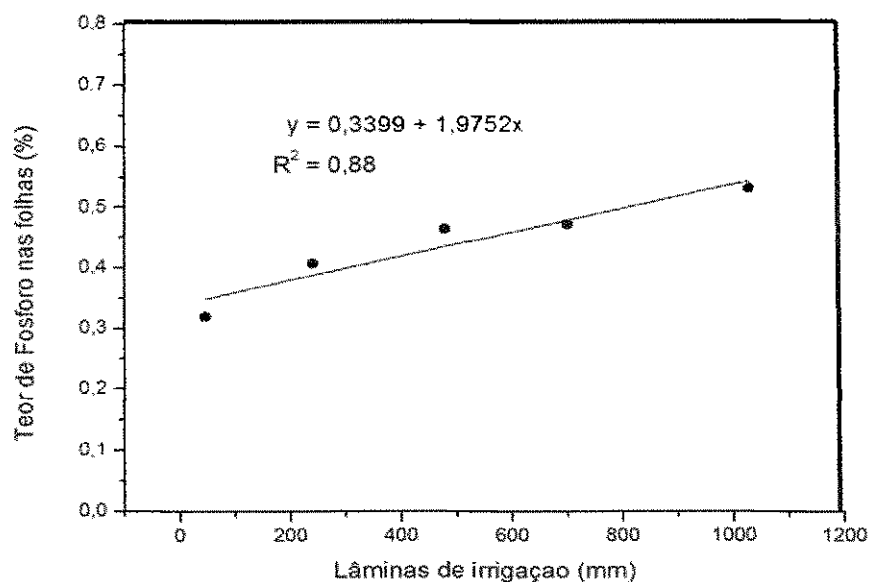


Figura 21. Modelo de regressão para teor de fósforo nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Na Figura 22 são apresentados os teores de potássio encontrados na folha. Os resultados foram semelhantes em todas as lâminas. Observa-se com base na equação matemática da figura, um ajuste com 81,0% da variação total observada nesses dados.

A lâmina 2 foi a que apresentou o maior teor desse nutriente, enquanto que

a lâmina 1 expressou o menor teor. Sendo que, a partir da equação matemática da figura determinou-se o ponto máximo para o teor desse nutriente, como também em que lâmina de irrigação esse teor seria estimado. Desse forma, verificou-se que os valores estimados foram de 1,40% de potássio em uma lâmina estimada de 517,60mm. Verificou-se entre a menor e a maior lâmina de irrigação um incremento de 18,32%.

O potássio (K) é o nutriente mais requerido pelo gergelim, sendo que a planta absorve pequenas quantidades na fase inicial de cultivo e potencializa sua absorção a partir dos 35 dias após a emergência até o final do ciclo da cultura (ARRIEL et al., 2006).

Segundo Ciancio (2010) o K é retido nos sitios de troca e a água de percolação retira somente na fração que se encontra na solução do solo. Além disto, o potássio é considerado o primeiro nutriente em ordem de extração nas culturas, pela sua contribuição na formação e translocação de carboidratos, uso eficiente da água pela planta, equilibra a aplicação de nitrogênio, além disto, facilita a absorção de outros nutrientes como o cálcio. Conforme Oliveira et al. (1996) o potássio atua no mecanismo de proteção e no controle estomático.

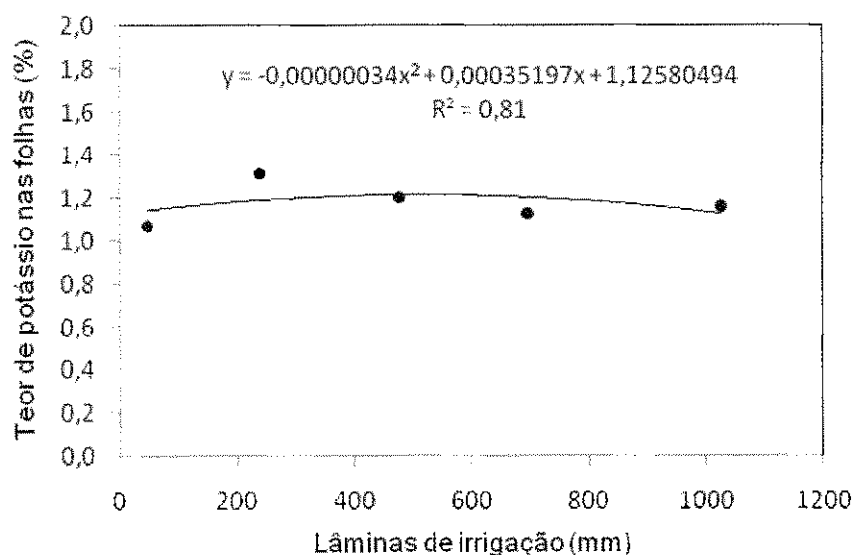


Figura 22. Modelo de regressão para teor de potássio nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Quanto aos teores de magnésio na folha (Figura 23), os resultados foram semelhantes aos encontrados no caule. Verifica-se que a regressão com modelo polinomial teve ajuste, com 90,0% da variação total observada nesses dados.

Observa-se que a concentração desse nutriente foi mais elevada na lâmina 1 (47,38 mm), com o menor conteúdo de água aplicado, enquanto para as maiores lâminas, seus teores foram decrescentes, com o menor teor, para lâmina 4 (698,88 mm).

Ressalta-se a diferença estatística existente para esses dados. Semelhantes aos encontrados por Ciancio (2010) em estudo com culturas submetidas com adubação orgânica e mineral, destacando o acúmulo de magnésio na parte aérea das plantas de feijão, milho e sorgo. Também concordando com (SILVA, 2005) que destaca que isto ocorre provavelmente por que as fontes orgânicas disponibilizam o Mg mais lentamente.

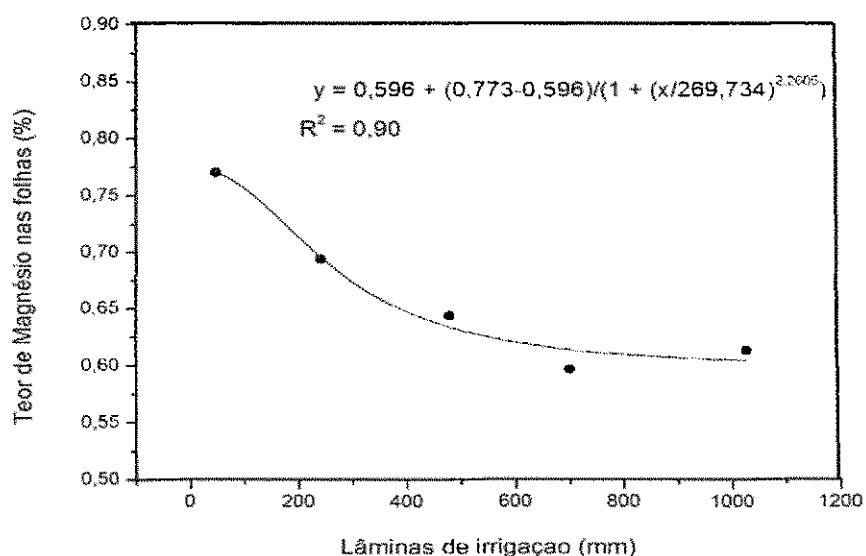


Figura 23. Modelo de regressão para teor de magnésio nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Quanto aos teores médios de enxofre na folha (Figura 24), verifica-se que a equação da figura teve um baixo ajuste, com apenas 56,0% da variação total observada nos dados. Verifica-se nessa figura, que os teores de enxofre tiveram uma pequena tendência de aumento conforme o aumento das lâminas de irrigação.

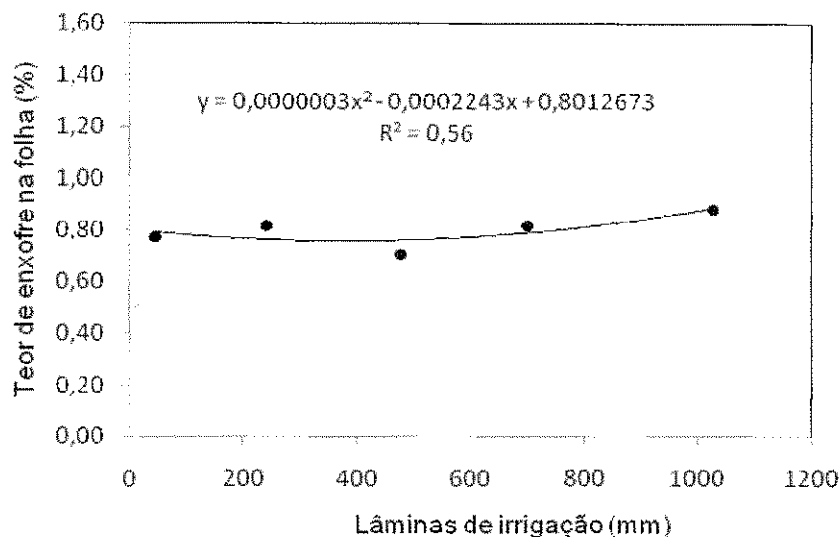


Figura 24. Modelo de regressão para teor de enxofre nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Nota-se que o maior teor de enxofre está concentrado na lâmina 5, enquanto que o menor teor de enxofre encontra-se na lâmina 3. Sendo que a partir da equação da curva procedeu-se a determinação do ponto mínimo que foi de 0,76% para o nutriente em uma lâmina estimada de 373,83mm. Nota-se que a partir da lâmina 1 até a lâmina 5 ocorreu um incremento no teor do nutriente de aproximadamente 13,64%.

6.4 Conteúdo de macronutrientes

6.4.1 Conteúdo de macronutrientes (mg) na matéria seca de raiz

Os dados referente ao conteúdo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), avaliados em peso de matéria seca de raiz do gergelim, encontram-se na Tabela 39. Pela análise de variância dos dados, em relação aos genótipos, só foi identificada diferença estatística a 5% de probabilidade para conteúdo de nitrogênio. Nas lâminas de irrigação, verifica-se diferença estatística para fósforo, potássio e enxofre, também a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 39. Resumo das análises de variância referente aos dados de conteúdo de nutrientes (mg) em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo (G)	2	110,9874*	31,2096 ^{ns}	179,3923 ^{ns}	80,6376 ^{ns}	29,1735 ^{ns}	11,4165 ^{ns}
Bloco	3	154,1706 ^{ns}	41,8359 ^{ns}	207,4417 ^{ns}	88,4282 ^{ns}	49,6151 ^{ns}	17,7005 ^{ns}
Resíduo (a)	6	56,9712	13,1992	78,9371	29,9527	25,0312	13,3268
(Parcelas)	(11)	-	-	-	-	-	-
Lâmina (L)	4	39,2759 ^{ns}	24,9054*	92,2116*	24,1019 ^{ns}	12,5026 ^{ns}	6,4689*
Resíduo (b)	12	27,4085	4,6733	41,6991	15,4632	12,9881	3,7999
G x L	8	20,8500 ^{ns}	5,2335 ^{ns}	35,3194 ^{ns}	10,0585 ^{ns}	6,3448 ^{ns}	3,2733 ^{ns}
Resíduo (c)	24	27,4085	6,6742	32,6163	12,4752	8,6215	2,2435
C,V,(%)	-	34,66	41,83	29,23	31,63	28,84	29,15

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo pelo teste F.

Na Tabela 40 estão os resultados da análise de variância relativa ao desdobramento da interação G x L. Foram observadas diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo testes F, para fósforo, potássio, cálcio e enxofre em genótipos dentro da lâmina 3 e para fósforo e potássio, a 5% de probabilidade, em lâmina 5 dentro do genótipo 1 e para enxofre também em L5 no genótipo 1, a 1% de probabilidade.

Estão apresentados na Tabela 41, os resultados dos testes de médias dos desdobramentos realizados para conteúdo de nutrientes em peso de matéria seca de raiz. Apenas para potássio foi identificada diferença estatística significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre os genótipos, dentro da lâmina 3.

Observa-se que nas variáveis N, P, K e Ca foram verificadas diferenças significativas entre as lâminas, no genótipo 1. Verifica-se que entre os genótipos, só foram observadas diferenças significativas na lâmina 3.

Tabela 40. Resumos das análises de variâncias (quadrados médios) referente aos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo d/ L1	2	74,7421 ^{ns}	11,2486 ^{ns}	96,7827 ^{ns}	35,2456 ^{ns}	22,0724 ^{ns}	4,2139 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	15,3641 ^{ns}	12,2607 ^{ns}	25,4212 ^{ns}	26,2777 ^{ns}	3,1378 ^{ns}	6,5289 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	88,4728 ^{ns}	26,0222*	157,7238*	44,2290*	19,2258 ^{ns}	11,3849*
Genótipo d/ L4	2	10,4272 ^{ns}	1,8694 ^{ns}	19,3272 ^{ns}	10,2868 ^{ns}	6,3769 ^{ns}	1,8375 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	5,3812 ^{ns}	0,7430 ^{ns}	21,4146 ^{ns}	4,8322 ^{ns}	3,7400 ^{ns}	0,5446 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	58,6922 ^{ns}	22,5757*	110,2921*	29,1442 ^{ns}	15,4601 ^{ns}	9,6144**
Lâmina d/ G2	4	10,8308 ^{ns}	6,5452 ^{ns}	24,8748 ^{ns}	8,7422 ^{ns}	4,8875 ^{ns}	2,1308 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	11,4528 ^{ns}	6,2516 ^{ns}	27,6833 ^{ns}	6,3324 ^{ns}	4,8445 ^{ns}	1,2703 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo pelo teste F.

Tabela 41. Teste de médias do desdobramento da interação para N, P, K, Ca, Mg e S em matéria seca de raiz. Barbalha-CE, 2010.

Genótipos Lâminas	Nitrogênio			Fósforo		
	G 1	G 2	G 3	G 1	G 2	G 3
L 1	19,0000aAB	10,3550aA	14,7450aA	8,5725aAB	5,2200aA	6,9800aA
L 2	17,6125aAB	14,0025aA	14,4850aA	8,3800aABC	7,3425aA	4,9650aA
L 3	23,1800aA	14,2150aA	16,2325aA	10,5900aAB	6,2850aA	6,0675aA
L 4	15,1025aAB	12,4225aA	15,3225aA	6,0325aBC	4,6750aA	5,2125aA
L 5	13,2000aB	14,0100aA	11,7225aA	4,4975aD	4,1650aA	3,6425aA
DMS 9,89544 para linhas e DMS 8,083774 para colunas			DMS 4,850031 para linhas e DMS 3,780809 para colunas			
Potássio			Cálcio			
L 1	24,7725aAB	14,9575aA	19,2850aA	14,3525aAB	8,4650aA	10,7475aA
L 2	22,9125aAB	21,3850aA	17,9875aA	15,1925aAB	12,2150aA	10,0900aA
L 3	30,4725aA	19,0575bA	20,2300abA	16,3075aA	10,1025aA	11,1325aA
L 4	20,5550aB	16,2475aA	17,6400aA	11,9750aAB	8,7750aA	10,5625aA
L 5	16,2675aBC	17,9525aA	13,3775aA	9,5825aB	10,0375aA	7,9475aA
DMS 11,19568 para linhas e DMS 9,272166 para colunas			DMS 6,913626 para linhas e DMS 5,700198 para colunas			
Magnésio			Enxofre			
L 1	13,2475aA	8,6625aA	10,0675aA	6,0450aA	3,9950aA	4,9275aA
L 2	11,5375aA	10,9550aA	9,7975aA	7,0725aA	5,6950aA	4,5200aA
L 3	13,6225aA	9,2775aA	10,9400aA	7,9150aA	4,6850aA	5,4550aA
L 4	10,6300aA	8,1200aA	9,1350aA	4,7975aA	3,8625aA	5,1800aA
L 5	8,8225aA	9,9225aA	7,9950aA	4,1700aA	4,7225aA	4,0225aA
DMS 6,020376 nas linhas e DMS 4,948459 nas colunas			DMS 3,85406 nas linhas e DMS 2,596514 nas colunas			

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os valores médios do conteúdo de macronutrientes que apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) pelos testes de médias estão representados graficamente nas Figuras de 25 a 28. Em termos gerais, em função das lâminas de irrigação, verifica-se pelos testes de médias, que o conteúdo de N, P, K e Ca foram significativos entre lâminas, apenas para genótipo 1.

De acordo com a equação (Figura 25), a interação entre o conteúdo de N na raiz da planta e as lâminas de irrigação foi significativa. Observa-se um ajuste da curva da equação de 69,0% da variação total observada nesses dados. O conteúdo de N na raiz apresentou valores médios entre 13,2 a 23,18 mg g⁻¹.

Com base na equação da Figura 25, verificou-se que o maior conteúdo de N estimado no ponto máximo da equação foi de 19,54 mg, observado numa lâmina estimada de 622,00 mm, enquanto que o menor resultado obtido, foi verificado na lâmina 1 (47,4mm). Verificou-se entre a menor e a maior lâmina de irrigação um incremento de 18,32%.

O nitrogênio é considerado o elemento mineral mais abundante nas plantas, sendo componente de biomoléculas e inúmeras enzimas. É o nutriente absorvido em maior quantidade pela maioria das culturas, mas também pode ser o mais limitante para as mesmas (VIANA, 2007).

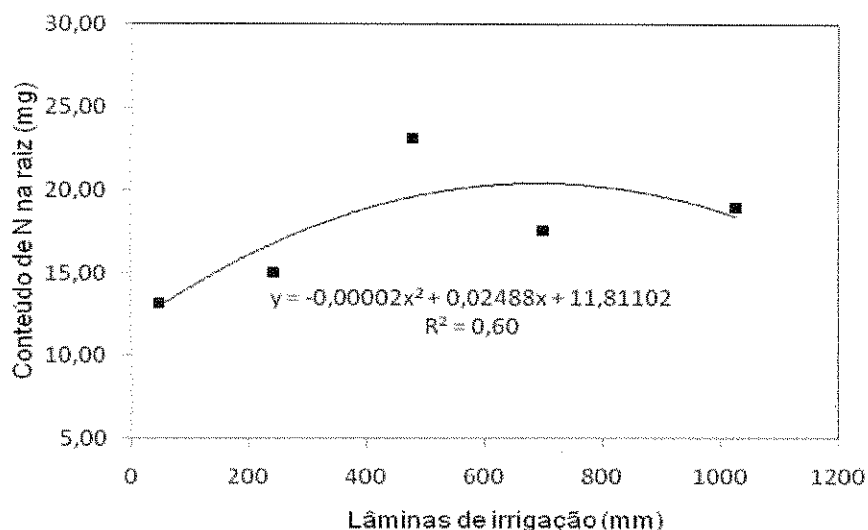


Figura 25. Conteúdo de N (mg) nas raízes em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Para conteúdo de P nas raízes, de acordo com Marin-Prével; Gagnard e Gautier (1984) esse elemento faz parte do grupo de nutrientes cujo conteúdo na planta diminui com a idade da mesma.

Fageria; Barbosa Filho e Stone (2004) afirmam que em feijão o fósforo diminui até os 40 dias após o plantio, ficando estável dos 40 aos 63 dias após o plantio, diminuindo linearmente até a maturação fisiológica.

Conforme pode-se observar na Figura 26 e com base na equação encontrada, verifica-se um ajuste da mesma em 89% da variação total observada nesses dados. O conteúdo de P na raiz apresentou valores médios entre 4,10 a 7,65 mg g^{-1} . Com base na equação da figura 26, verificou-se que o maior conteúdo de P estimado no ponto máximo da equação foi de 7,51 mg, observado numa lâmina estimada de 752,00 mm. A disponibilidade do nutriente entre o menor e o maior ponto correspondente às lâminas 1 e 3 sofreu um incremento de 88,92%.

Sendo esse nutriente (MARSCHNER, 1995; FILGUEIRA, 2000) indispensável no desenvolvimento vegetal pela sua participação na divisão celular, reprodução sexuada, fotossíntese, respiração e síntese de substâncias orgânicas.

E, de acordo com Stauffer e Sulewiski (2004) é um nutriente móvel nos tecidos da planta e fica concentrado nas áreas mais ativas de crescimento pelo fato desse elemento estar fortemente ligado aos processos metabólicos da planta.

Quando o conteúdo de P em peso de matéria seca de raiz é comparado aos do caule e das folhas, verifica-se que o mesmo foi inferior às demais partes da planta (caule e folhas) analisadas, semelhante ao afirmado por (STAUFFER E SULEWISKI, 2004).

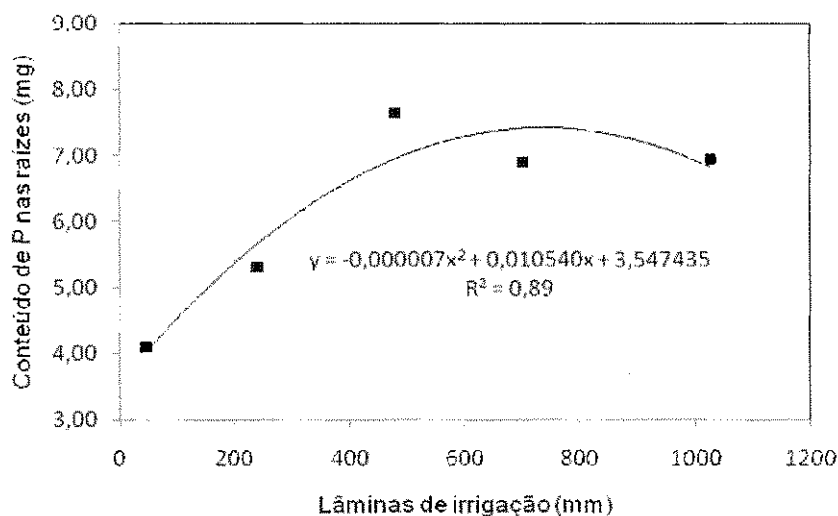


Figura 26. Conteúdo de P (mg) nas raízes função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Em relação aos conteúdos de K e Ca em peso de matéria seca de raiz, observa-se comportamento semelhante aos do N e P, sendo as maiores quantidades encontradas nas maiores lâminas e os menores valores desses nutrientes, verificados nas menores lâminas de irrigação.

Pode-se observar nas Figura 27 e 28 com base na equação matemática encontrada, um ajuste do modelo aos dados de 82% para K e de 96% para Ca, explicando a variação total observada nesses dados.

O conteúdo de K em peso de matéria seca de raiz apresentou valores médios entre 15,87 a 23,25 mg g⁻¹. Com base na equação da Figura 27, verificou-se que o conteúdo de K estimado no ponto máximo da equação foi de 21,98 mg, observado numa lâmina estimada de 640,72 mm. Semelhante ao ocorrido com o fósforo, a disponibilidade do potássio entre lâminas 1 e 3 aumentou em aproximadamente de 15,40%.

Quando se compara o conteúdo de K na raiz aos observados no caule e nas folhas, verifica-se que o mesmo foi superior às demais partes da planta (caule e folhas) analisadas, similar ao encontrado por Kuangfei et al. (1999) em estudo com pimentão.

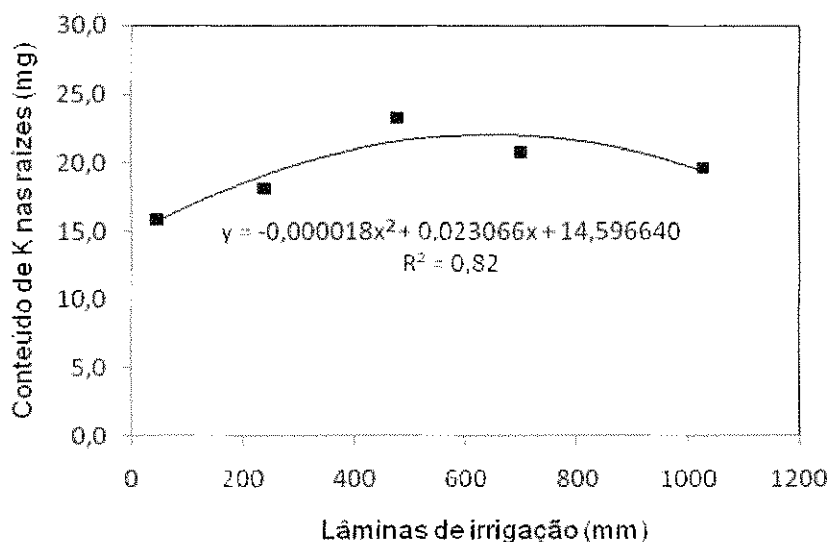


Figura 27. Conteúdo de K (mg) nas raízes função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Para conteúdo de Ca, conforme a equação matemática da Figura 28, verifica-se que após a determinação do ponto máximo, o conteúdo estimado desse nutriente foi de 12,33 mg, em uma lâmina de irrigação estimada de 624,70 mm. O conteúdo de Ca em peso de matéria seca de raiz apresentou valores médios dos três genótipos entre 9,18 a 12,51mg g⁻¹. Para Ca, o incremento ocorrido na disponibilidade do nutriente entre lâminas 1 e 3 foi de aproximadamente 26,54%.

Em comparação aos resultados de conteúdo de Ca na raiz com os observados no caule e nas folhas, observa-se que o mesmo foi inferior aos encontrados nas demais partes da planta (caule e folhas).

Resultados similares também foram encontrados por Prado et al. (2011) em estudo sobre marcha de absorção de nutrientes em tomateiro, onde os mesmos observaram valores de cálcio com distribuição nas folhas, caule e raízes de 70; 26; 2%, respectivamente.

Halbrooks e Wilcox (1980) também observaram que o Ca concentra-se mais nas folhas do que em outras partes da planta do tomateiro.

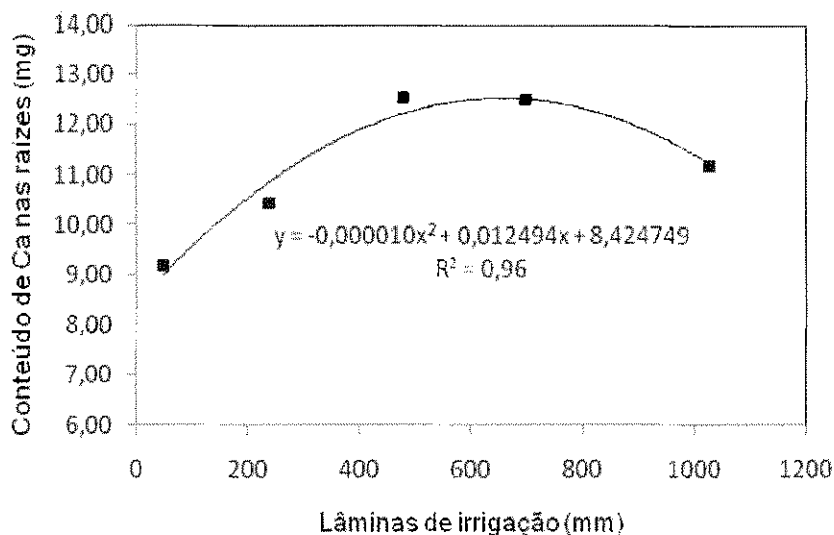


Figura 28. Conteúdo de Ca (mg) nas raízes função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

6.4.2 Conteúdo (mg) de macronutrientes na matéria seca de caule

Os resultados da análise de variância do conteúdo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em matéria seca de caule em função dos genótipos e das lâminas de irrigação estão apresentados na Tabela 42. Nota-se pela referida tabela, que para genótipos não foram verificadas diferenças estatísticas significativas pelo teste F. Porém, nas lâminas foram verificadas diferenças significativas a 1 e 5% de probabilidade para as variáveis P, Ca e S, respectivamente.

Tabela 42. Resumo das análises de variância referente aos dados de conteúdo (mg) de nutrientes em matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo (G)	2	66,5018 ^{ns}	20,2565 ^{ns}	24,7954 ^{ns}	16,8620 ^{ns}	12,5055 ^{ns}	2,6647 ^{ns}
Bloco	3	48,8594 ^{ns}	20,8188 ^{ns}	43,3639 ^{ns}	120,4276 ^{ns}	82,2284 ^{ns}	7,0371 ^{ns}
Resíduo (a)	6	32,4690	21,0640	20,3169	54,5859	12,3371	7,9392
(Parcelas)	(11)	-	-	-	-	-	-
Lâmina (L)	4	44,1116 ^{ns}	35,3836*	43,6999 ^{ns}	78,1188*	12,1232 ^{ns}	27,9388**
Resíduo (b)	12	29,5156	4,8363	18,3680	20,6256	9,4119	4,4801
G x L	8	37,8429 ^{ns}	9,3635 ^{ns}	31,7154 ^{ns}	46,5452 ^{ns}	15,1857 ^{ns}	10,0570 ^{ns}
Resíduo (c)	24	28,4099	9,4741	23,4732	23,8068	10,8783	5,8011
C.V. (%)	-	22,02	24,46	20,09	17,92	20,04	19,75

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Após a análise de variância dos dados (Tabela 42) procedeu-se a análise do desdobramento das variáveis N, P, K, Ca, Mg e S (Tabela 43) e os testes de médias dessas variáveis (Tabela 42). Foram encontradas diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo testes de Tukey, para nitrogênio e magnésio em genótipos dentro da lâmina 3.

Para as variáveis nas lâminas dentro de genótipos, foram verificadas diferenças significativas a 5% para fósforo e potássio no genótipo 1 e a 1% de probabilidade para cálcio e enxofre.

Para a variável fósforo, Shehu et al. (2010) encontraram resultados similares em estudo sobre a eficiência agrônômica da fertilização de N, P e K em gergelim na região de Mubi, na Nigéria, afirmando que tais efeitos são indicativos da função importante de P na formação da semente.

Tabela 43. Resumo das análises de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo d/ L1	2	54,1943 ^{ns}	15,8072 ^{ns}	38,4518 ^{ns}	42,9982 ^{ns}	3,4818 ^{ns}	2,8966 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	18,7207 ^{ns}	2,5716 ^{ns}	6,0047 ^{ns}	28,3406 ^{ns}	18,5682 ^{ns}	3,1727 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	103,5217*	24,7858 ^{ns}	65,9472 ^{ns}	44,6102 ^{ns}	37,8004*	16,2027 ^{ns}
Genótipo d/ L4	2	8,7614 ^{ns}	6,2452 ^{ns}	10,8361 ^{ns}	31,1941 ^{ns}	0,1640 ^{ns}	6,5208 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	32,6750 ^{ns}	8,3007 ^{ns}	30,4174 ^{ns}	55,8998 ^{ns}	13,2339 ^{ns}	14,0998 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	78,5875 ^{ns}	36,4561*	81,0539*	110,7067**	28,6325 ^{ns}	32,5316**
Lâmina d/ G2	4	37,9930 ^{ns}	9,3637 ^{ns}	22,3486 ^{ns}	54,3414 ^{ns}	10,3680 ^{ns}	13,9153 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	3,2166 ^{ns}	8,2908 ^{ns}	3,7283 ^{ns}	6,1611 ^{ns}	3,4941 ^{ns}	1,6058 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo pelo teste F

Esses efeitos estão apresentados nas médias contidas na Tabela 44. Verifica-se na referida tabela, que o genótipo 1 se sobressaiu em relação aos demais, com efeito significativo para todas as variáveis estudadas.

Quanto aos conteúdos das variáveis analisadas, os maiores valores obtidos foram verificados na lâmina 3. Em relação aos genótipos estudados, apenas foi verificada diferença significativa na lâmina 3 para conteúdo de nitrogênio. Possivelmente, as diferenças na taxa e/ou absorção de um nutriente ao longo do ciclo de vida de uma planta sejam reguladas por um controle no tipo ou na atividade do transportador (BIANCO et al., 2012).

Tabela 44. Teste de médias do desdobramento da interação para conteúdo de N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de caule. Barbalha-CE, 2010.

Genótipos	G 1			G 2			G 3		
	Nitrogênio			Fósforo					
L 1	25,7000aAB	18,4100aA	21,1675aA	14,8800aA	10,9600aA	12,3450aA			
L 2	26,9675aAB	26,1525aA	22,8800aA	15,2475aA	14,5700aA	13,6500aA			
L 3	32,2325aA	24,4225abA	22,6800bA	16,5425aA	12,2025aA	12,2600aA			
L 4	26,4150aAB	24,2850aA	23,5700aA	13,2875aA	10,7900aA	11,9625aA			
L 5	19,7725aB	25,4725aA	22,9950aA	8,7575aB	11,5825aA	9,6800aA			
DMS 9,1735 nas linhas e DMS 8,3128 nas colunas			DMS 5,9149 nas linhas e DMS 4,3402 nas colunas						
Potássio			Cálcio						
L 1	26,6000aA	20,5575aA	22,3725aA	29,6050aA	23,1800aB	25,2575aA			
L 2	26,2475aA	26,6725aA	24,3700aA	30,2000aA	31,5150aA	26,3900aA			
L 3	31,0550aA	23,6825aA	24,4200aA	34,2475aA	28,6750aAB	28,2725aA			
L 4	24,2625aAB	21,5225aA	24,4725aA	27,2525aAB	22,8375aBC	28,0075aA			
L 5	18,6450aB	23,7150aA	23,0600aA	19,9975aB	26,3425aAB	26,5950aA			
DMS 8,0913 para linhas e DMS 7,2032 para colunas			DMS 9,4150 nas linhas e DMS 7,3736 nas colunas						
Magnésio			Enxofre						
L 1	16,2275aAB	14,6450aA	14,5800aA	12,5200aB	10,9800aA	11,1225aA			
L 2	17,8050aAB	18,7800aA	14,6575aA	13,8275aAB	14,4025aA	12,6550aA			
L 3	21,1850aA	15,5725aA	16,2050aA	16,3400aA	13,0625aA	12,6775aA			
L 4	16,8550aAB	16,4525aA	16,6150aA	11,6775aBC	9,6650aA	12,0325aA			
L 5	13,8350aB	17,4475aA	16,0125aA	8,5775aC	11,2175aA	12,2100aA			
DMS 5,6704 nas linhas e DMS 4,9834 nas colunas			DMS 4,2427 nas linhas e DMS 3,5743 nas colunas						

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A avaliação estatística revelou que a maioria dos macronutrientes só apresentaram efeito significativo sobre lâminas no genótipo 1 (Tabela 44). Esses efeitos são representados graficamente nas Figuras de 29 a 34.

O conteúdo de nitrogênio em função das lâminas de irrigação está apresentado no gráfico da Figura 29. Verifica-se com base na equação da figura um ajuste da curva aos dados que explica 78,0% da variação total observada.

Tais resultados podem ser explicados pela grande solubilidade nutriente no solo e sua mobilidade para outras partes da planta, como folhas e frutos, para uso na diferenciação celular e consequentemente, crescimento de novas partes.

Nota-se que após a determinação do ponto de máxima, o conteúdo estimado desse nutriente foi de 30,28 mg, em uma lâmina de irrigação estimada de 610,11mm.

O conteúdo de N em peso de matéria seca de caule apresentou valores médios entre 19,77 a 32,23mg g⁻¹. Semelhante ao ocorrido na raiz, a disponibilidade do nitrogênio entre lâminas 1 e 3 aumentou em aproximadamente de 38,66%.

Segundo Costa et al. (2012) esse nutriente é o segundo nutriente mais

exigido pelo gergelim, ficando atrás apenas do K, sendo que, do início do ciclo até o trigésimo dia o N não é muito exigido, mas a partir desta data, os requerimentos da planta por este nutriente crescem rapidamente, alcançando a demanda máxima aos 74 dias após a germinação.

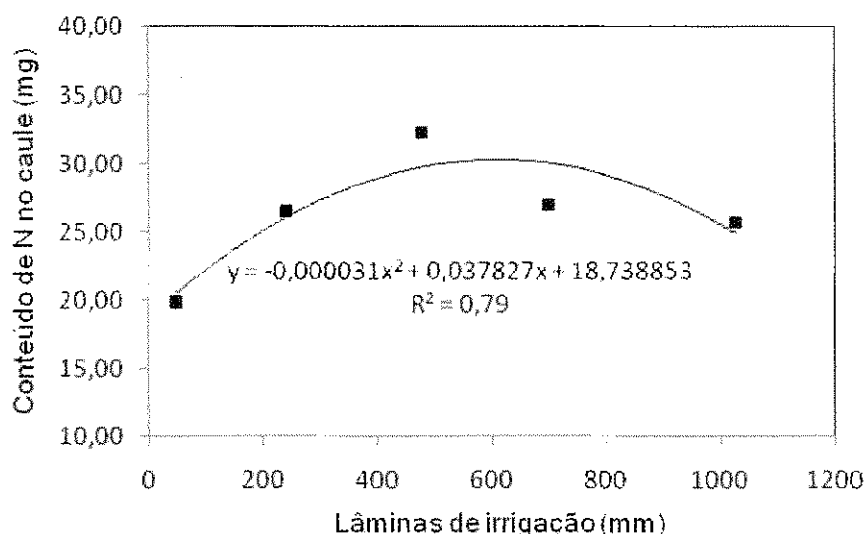


Figura 29. Modelo de regressão para conteúdo de nitrogênio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Conforme Below (2002), o N é o mineral que mais limita o crescimento das culturas se aplicado de forma inadequada, já que faz parte de numerosos compostos essenciais à planta, na maioria representada pelas proteínas (90% ou mais); desta forma, o suprimento de N adequado promove aumento no crescimento e vigor da planta, enquanto a deficiência resulta em plantas menores e cloróticas.

Corrêa et al. (1995) em pesquisa com absorção de macronutrientes em gergelim, identificaram que houve uma evolução dos conteúdos de nitrogênio nos órgãos da planta, em função do estágio de desenvolvimento. Esses mesmos autores observaram que durante o ciclo da cultura, há um decréscimo nos conteúdos de nitrogênio nas partes vegetativas (folhas e caules), o que evidenciou, inicialmente, o efeito de diluição causado pelo crescimento mais rápido a partir dos 35 dias e adicionado ao efeito de redistribuição do nutriente para os frutos a partir dos 50 dias.

Resultados semelhantes aos encontrados por Malavolta et al. (1989) em estudo com citrus e Fernandes et al. (1989) com goiabeira, afirmando que por ser um elemento de grande mobilidade, concentrações de N verificadas em suas

pesquisas foram maiores nas partes superiores das plantas, principalmente flores e frutos, sendo isto comprovado também em outras culturas.

Na avaliação do conteúdo médio de fósforo no caule (Figura 30), verificou-se que a regressão da equação teve um bom ajuste, explicando 93,0% da variação total observada nos dados.

Com base na equação matemática da Figura 30 verifica-se que o conteúdo de P estimado pelo ponto de máxima para esse nutriente foi de 16,33mg, em uma lâmina de irrigação estimada de 679,14mm. A partir do ponto máximo estimado, observa-se que ocorre um declínio na curva de disponibilidade do nutriente no caule. Porém, em relação ao incremento ocorrido da lâmina 1 para a 3 aumentou em aproximadamente de 47,10%.

Notou-se que os conteúdos de P apresentaram maior conteúdo no caule, do que nas outras partes da planta analisadas, o que difere dos resultados obtidos por Fayad (1998) em estudo com absorção de nutrientes em tomateiro, onde obteve maior concentração de P no fruto.

Estes resultados são similares aos encontrados por Prado et al. (2011) onde constatou que acúmulo de fósforo foi de 0,943 g por planta (18,86 kg ha⁻¹), tendo seu maior conteúdo distribuído nas folhas, caule, raízes e frutos: 37; 23; 2 e 38%, respectivamente.

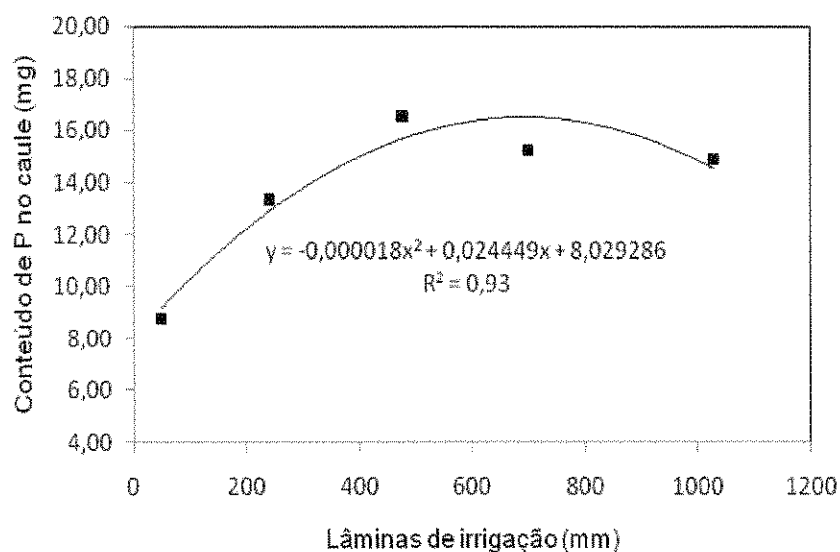


Figura 30. Modelo de regressão para conteúdo de fósforo no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Em relação aos conteúdos de K, Ca, Mg e S no caule (Figuras 31 a 34), os resultados foram semelhantes, visto que observa-se que a equação matemática da regressão teve ajuste de 79, 87, 79 e 86% da variação total observada nos dados, respectivamente.

A partir da determinação do ponto máximo, com base na equação da Figura 31, foram estimados os valores do conteúdo de K e da lâmina de irrigação nesse ponto. Observa-se que o conteúdo de K estimado foi de 29,42mg, em uma lâmina de irrigação estimada de 677,75mm.

Pode-se verificar também que a partir do ponto máximo ocorreu um decréscimo na disponibilidade do nutriente. Porém, em relação ao incremento ocorrido da lâmina 1 para a 3 aumentou em aproximadamente de 39,95%.

Segundo Arriel et al. (2006) o potássio (K) é o nutriente mais requerido pelo gergelim, sendo que a planta absorve pequenas quantidades na fase inicial de cultivo e potencializa sua absorção a partir dos 35 dias após a emergência até o final do ciclo da cultura.

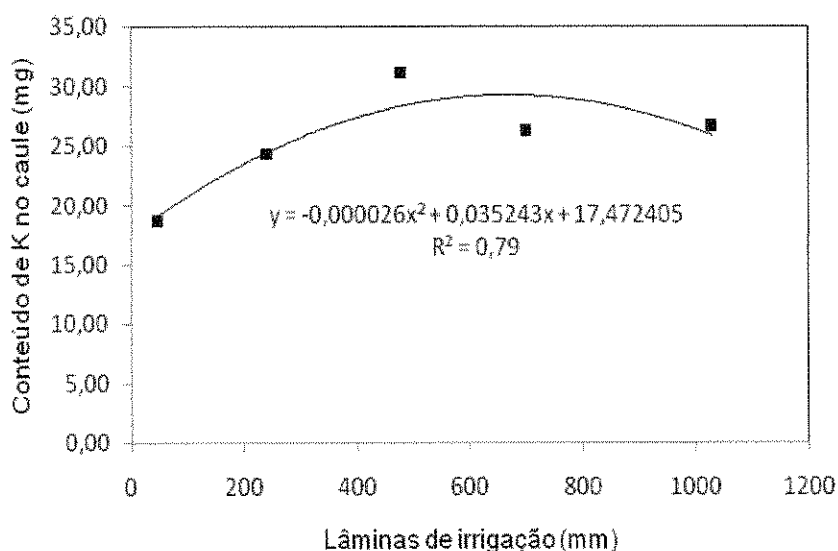


Figura 31. Modelo de regressão para conteúdo de potássio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

O K é retido nos sítios de troca e a água de percolação retira somente na fração que se encontra na solução do solo (CIANCIO, 2010). Além disto, o potássio é considerado o primeiro nutriente em ordem de extração nas culturas, pela sua contribuição na formação e translocação de carboidratos, uso eficiente da água pela planta, equilibra a aplicação de nitrogênio, além disto, facilita a absorção de outros nutrientes como o cálcio. Conforme Oliveira et al. (1996) o

potássio atua no mecanismo de proteção e no controle estomático.

Na Figura 32, de acordo com a equação da curva, verifica-se para conteúdo de Ca a mesma tendência encontrada para N, P e K.

Conforme a equação matemática da curva, determinou-se o ponto máximo, onde foram estimados os valores do conteúdo de Ca e a lâmina de irrigação nesse ponto.

No ponto máximo determinado o conteúdo de Ca estimado foi de 33,17mg, em uma lâmina de irrigação estimada de 675,61mm. Verifica-se que a partir do ponto máximo calculado ocorre um decréscimo na disponibilidade de Ca, tendendo a se manter constante. Para esse nutriente, o incremento calculado da lâmina 1 para a 3, foi de 41,61%, aproximadamente.

O acúmulo de cálcio no caule foi maior do que na raiz e nas folhas. Diferente dos encontrados por Prado et al. (2011) que teve a distribuição nas folhas, caule, raízes e frutos, respectivamente.

Halbrooks e Wilcox (1980) em estudo com tomateiro também observaram que o Ca concentram-se mais nas folhas do que em outras partes da planta.

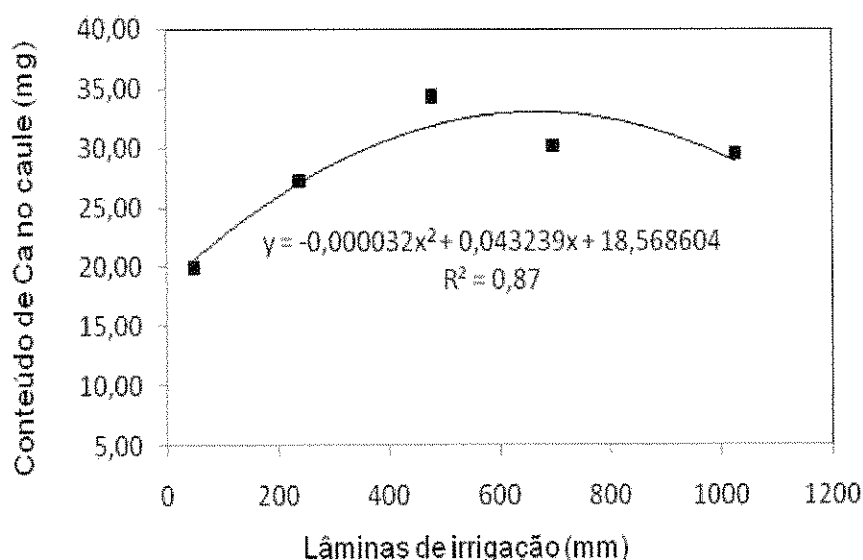


Figura 32. Modelo de regressão para conteúdo de potássio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

O conteúdo de Mg no caule está apresentado na Figura 33. Verifica-se que ocorreu a mesma tendência encontrada para os outros nutrientes analisados.

Com base na equação matemática da curva da figura determinou-se o ponto máximo onde foram estimados os valores do conteúdo de Mg e a lâmina de

irrigação nesse ponto.

O conteúdo de Mg estimado nesse ponto foi de 19,61mg, em uma lâmina de irrigação estimada de 581,00mm. Verifica-se também nessa figura que a partir do ponto máximo calculado ocorre um decréscimo na disponibilidade de Mg, tendendo a se manter constante. O incremento calculado para esse nutriente foi de aproximadamente 34,69%, partindo-se da lâmina 1 para a 3.

O magnésio no caule também foi maior do que na raiz e nas folhas, como ocorreu com o cálcio. Resultados diferentes dos encontrados por Prado et al. (2011) que teve sua distribuição na seguinte ordem: folhas > caule > raízes > frutos, respectivamente.

Halbrooks e Wilcox (1980) em estudo com tomateiro também observaram que o Mg concentram-se mais nas folhas do que em outras partes da planta.

Quanto ao conteúdo de S, o comportamento foi similar aos demais nutrientes avaliados.

A partir do cálculo do ponto máximo da curva (Figura 34) estimou-se os valores do conteúdo de S e a lâmina de irrigação nesse ponto. Sendo 15,00mg de S em uma lâmina estimada de 617,70mm.

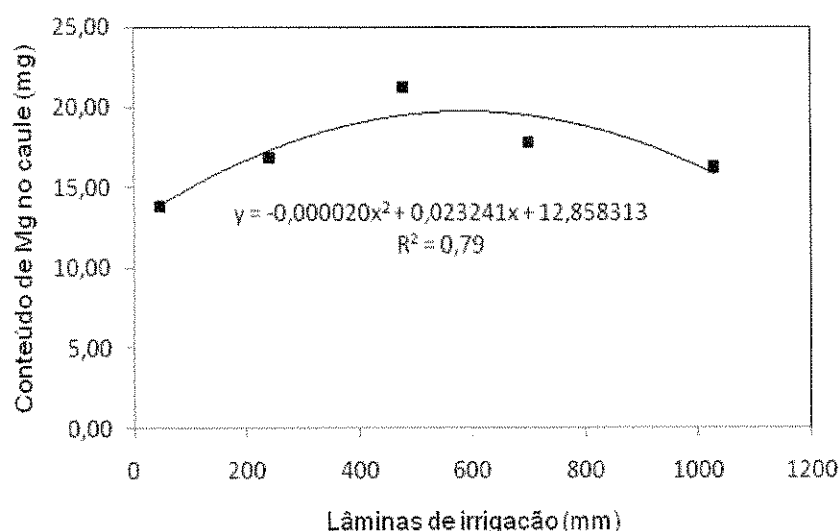


Figura 33. Modelo de regressão para conteúdo de magnésio no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Nota-se que os valores médios do conteúdo de S em peso de matéria seca de caule variou de 8,58 a 13,83mg g⁻¹. O incremento calculado para esse nutriente foi aproximadamente 47,49%, partindo-se da lâmina 1 para a 3.

Por ser um nutriente de baixa mobilidade na planta o enxofre (S) interfere

principalmente nos órgãos jovens da planta, onde sua ausência se expressa por alterações metabólicas que dificultam a formação da clorofila, interrompendo as atividades vegetativas. A deficiência do nutriente ocorre em solos com baixo teor de matéria orgânica e também nos solos com aplicação de adubos concentrados sem enxofre.

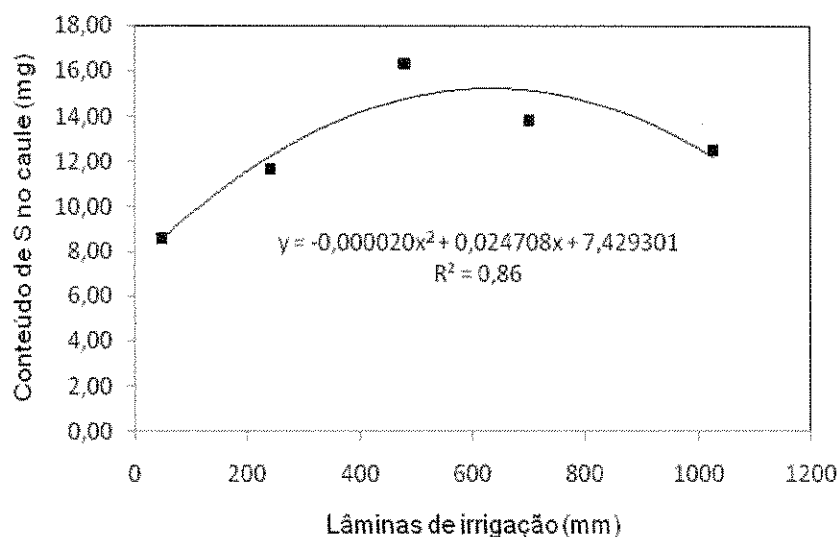


Figura 34. Modelo de regressão para conteúdo de enxofre no caule em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

6.4.3 Conteúdo (mg) de macronutrientes na matéria seca de folhas

Na Tabela 45, estão apresentados os resultados da análise de variância para os dados de conteúdo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em matéria seca de folhas.

Tabela 45. Resumo das análises de variância referente aos dados de nutrientes em peso de matéria seca das folhas. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo (G)	2	172,1986 ^{ns}	41,6764 ^{ns}	45,6239 ^{ns}	46,7806 ^{ns}	6,5984 ^{ns}	41,5686 ^{ns}
Bloco	3	53,4412 ^{ns}	20,3565 ^{ns}	25,8961 ^{ns}	21,6581 ^{ns}	11,0914 ^{ns}	51,6996 ^{ns}
Resíduo (a)	6	75,4448	11,2170	38,8972	42,5336	18,3657	27,8101
(Parcelas)	(11)	-	-	-	-	-	-
Lâmina (L)	4	27,4820 ^{ns}	8,0452 ^{**}	3,1896 [*]	26,8899 ^{ns}	8,6054 ^{**}	12,9671 ^{ns}
Resíduo (b)	12	24,0579	3,3843	9,9449	24,9569	6,1411	9,2422
G x L	8	34,3973 ^{ns}	7,4434 ^{ns}	6,2774 ^{ns}	12,6743 ^{ns}	7,0594 ^{ns}	12,0016 ^{ns}
Resíduo (c)	24	24,3517	5,0308	7,2424	14,5637	6,5478	6,9526
C,V,(%)	-	18,05	23,37	16,94	16,68	21,40	20,14

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo

Percebe-se pela referida tabela, que para genótipos não foram verificadas diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey, como também para interação genótipo x lâminas.

Nota-se, para o caso das lâminas, que foram verificadas diferenças significativas a 1% de probabilidade para conteúdo de fósforo e magnésio e a 5% de probabilidade para potássio. Para os demais nutrientes não foram verificadas diferenças significativas a 1 e 5% de probabilidade.

Na Tabela 46, estão os resultados da análise de desdobramento realizado para as variáveis N, P, K, Ca, Mg e S. Verifica-se diferença estatística significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, para fósforo e enxofre no desdobramento de genótipos dentro da lâmina 2 e a 5% de significância para nitrogênio, fósforo e potássio em genótipos dentro da lâmina 3, como também para enxofre em genótipos dentro da lâmina 1.

No caso do desdobramento de lâminas dentro de genótipos, só foram observadas diferenças significâncias a 5% de probabilidade para fósforo e enxofre dentro do genótipo 1

Tabela 46. Resumo das análises de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de folhas. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipo d/ L1	2	45,6855 ^{ns}	12,2070 ^{ns}	4,3512 ^{ns}	18,6300 ^{ns}	9,5011 ^{ns}	23,9223*
Genótipo d/ L2	2	80,5882 ^{ns}	35,1637**	25,3807*	46,5894 ^{ns}	6,5881 ^{ns}	49,4677**
Genótipo d/ L3	2	135,6601*	19,3286*	29,4197*	22,1998 ^{ns}	12,2269 ^{ns}	2,7385 ^{ns}
Genótipo d/ L4	2	19,8985 ^{ns}	0,7728 ^{ns}	7,9340 ^{ns}	0,6629 ^{ns}	3,0687 ^{ns}	0,3538 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	27,9552 ^{ns}	3,9778 ^{ns}	3,6480 ^{ns}	9,3958 ^{ns}	3,4512 ^{ns}	13,0930 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	26,8831 ^{ns}	19,9618*	11,5007 ^{ns}	22,1706 ^{ns}	2,1755 ^{ns}	27,1670*
Lâmina d/ G2	4	44,8855 ^{ns}	2,4548 ^{ns}	3,3441 ^{ns}	24,6450 ^{ns}	7,4878 ^{ns}	4,6985 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	24,5078 ^{ns}	0,5153 ^{ns}	0,8997 ^{ns}	5,4229 ^{ns}	13,0609 ^{ns}	5,1048 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo

Os efeitos significativos são apresentados na Tabela 47, pelo resultados dos testes de médias dos desdobramentos. Observa-se na referida tabela, que só foram verificadas diferenças significativas para fósforo e magnésio, não havendo efeito significativo entre as demais variáveis. Nota-se que para K e Mg, os efeitos significativos se deram entre lâminas, em G1 e G3, respectivamente.

Tabela 47. Teste de médias do desdobramento da interação para conteúdo (mg) de N, P, K, Ca, Mg e S em peso de matéria seca de folhas. Barbalha-CE, 2010.

Genótipos	G 1	G 2	G 3	G 1	G 2	G 3
Lâminas	Nitrogênio			Fósforo		
L 1	28,0550aA	27,0050aA	21,7475aA	11,6900aA	10,4575aA	8,2425aA
L 2	32,9400aA	27,2000aA	24,0925aA	13,4300aA	10,6125abA	7,5025bA
L 3	32,9050aA	23,0600abA	22,5925bA	12,3575aAB	8,9075aA	8,2725aA
L 4	29,2375aA	28,1600aA	24,9500aA	9,2550aBC	9,0425aA	8,4100aA
L 5	27,6425aA	32,4425aA	28,1225aA	8,0500aC	9,7425aA	7,9825aA
DMS 10,27959 nas linhas e DMS 7,62567 nas colunas			DMS 4,306226 nas linhas e DMS 3,26579 nas colunas			
	Potássio			Cálcio		
L 1	16,2500aA	14,6425aA	14,2950aA	23,8025aA	22,8650aA	19,6850aA
L 2	19,2825aA	15,5800aA	14,4725aA	26,8900aA	27,3325aA	21,2125aA
L 3	19,0450aA	14,8725aA	13,9575aA	25,2400aA	21,5675aA	20,8475aA
L 4	17,6400aA	15,9400aA	14,8450aA	20,9875aA	21,6550aA	20,9175aA
L 5	15,4125aA	16,9350aA	15,1750aA	22,1750aA	25,1225aA	22,9200aA
DMS 6,659111 nas linhas e DMS 4,441759 nas colunas			DMS 7,83458 nas linhas e DMS 6,63371 nas colunas			
	Magnésio			Enxofre		
L 1	11,8000aA	12,1200aA	9,3050aB	15,3575aA	13,3150aA	10,4875aA
L 2	12,7725aA	12,6750aA	10,5025aAB	16,7700aA	12,7450aA	12,6150aA
L 3	13,6800aA	10,5500aA	10,7650aAB	13,6275aA	11,8775aA	10,9750aA
L 4	12,0825aA	10,7075aA	12,3350aAB	12,6325aA	12,5725aA	13,1150aA
L 5	12,2825aA	13,8025aA	13,9675aA	13,3950aA	14,7625aA	11,1775aA
DMS 5,2017 nas linhas e DMS 3,918024 nas colunas			DMS 5,928462 nas linhas e DMS 4,32044 nas colunas			

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na Figura 35, são apresentados os conteúdos médios de fósforo na folha. Observa-se que a equação da curva teve um ajuste de 93,0% da variação total observada nos dados. O conteúdo de fósforo aumentou rapidamente da lâmina 1 para a lâmina 2, declinando a partir da lâmina 3. Semelhante ao ocorrido com esse nutriente no caule.

Nota-se que os valores médios do conteúdo de P em peso de matéria seca de folhas variou de 8,05 a 13,43mg g⁻¹. Com Base na equação da curva (Figura 35) calculou-se o ponto máximo da mesma, onde foram estimados os valores do conteúdo de P e a lâmina de irrigação nesse ponto. Sendo 12,75mg e 705,67mm, respectivamente. O incremento calculado para esse nutriente foi aproximadamente 34,87%, partindo-se da lâmina 1 para a 4.

Esses resultados podem ser explicados, possivelmente, pelo aumento da disponibilidade do fósforo devido a maior disponibilidade de água no solo, fazendo com que esse nutriente tenha reagido mais rapidamente na solução do solo.

De acordo com (BISSANI et al., 2008) é uma das características a ser considerada na hora de avaliar a velocidade com que o fósforo é disponibilizado às plantas, como também, a capacidade de extração de fósforo pela planta.

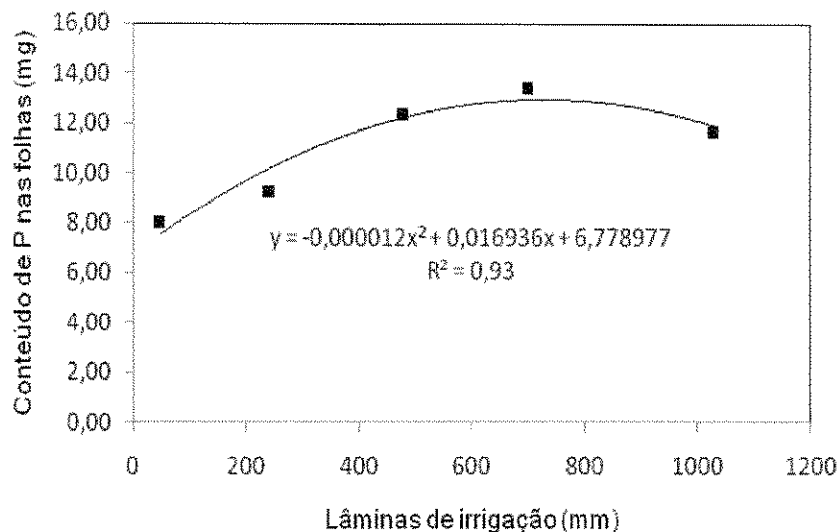


Figura 35. Modelo de regressão para conteúdo de fósforo nas folhas em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

Quando analisado os tecidos vegetais verifica-se que a quantidade deste elemento é inferior quando comparado com as quantidades de nitrogênio e potássio e, em geral, semelhante aos teores de enxofre, magnésio e cálcio.

Por sua vez o fósforo torna-se indispensável na vida vegetal pela sua participação na divisão celular, reprodução sexuada, fotossíntese, respiração e síntese de substâncias orgânicas (MARSCHNER, 1995; FILGUEIRA, 2000).

Quanto ao conteúdo de magnésio na folha (Figura 36), os resultados foram semelhantes aos encontrados no caule. Verifica-se que a equação matemática encontrada teve ajuste de 93,0%, explicando a variação total observada nesses dados. Verifica-se para essa variável que só ocorreu efeito significativo em lâminas no genótipos 3, (Tabela 45). Os valores médios do conteúdo de magnésio em peso de matéria seca de folhas variaram de 9,30 a 13,97mg g⁻¹.

Observa-se com base na Figura 35, que o maior conteúdo desse nutriente foi verificado na lâmina 1. Nota-se que com o aumento das lâminas de irrigação houve um decréscimo do conteúdo de Mg de forma linear. Verifica-se que esse decréscimo foi de aproximadamente 33,36%, partindo-se da lâmina 1 para a 5.

Resultados semelhantes aos encontrados por Ciancio (2010) em estudo com culturas submetidas com adubação orgânica e mineral, destacando o

acúmulo de magnésio na parte aérea das plantas de feijão, milho e sorgo. Também concordando com (SILVA, 2005), que destaca que isto ocorre provavelmente por que as fontes orgânicas disponibilizam o Mg mais lentamente.

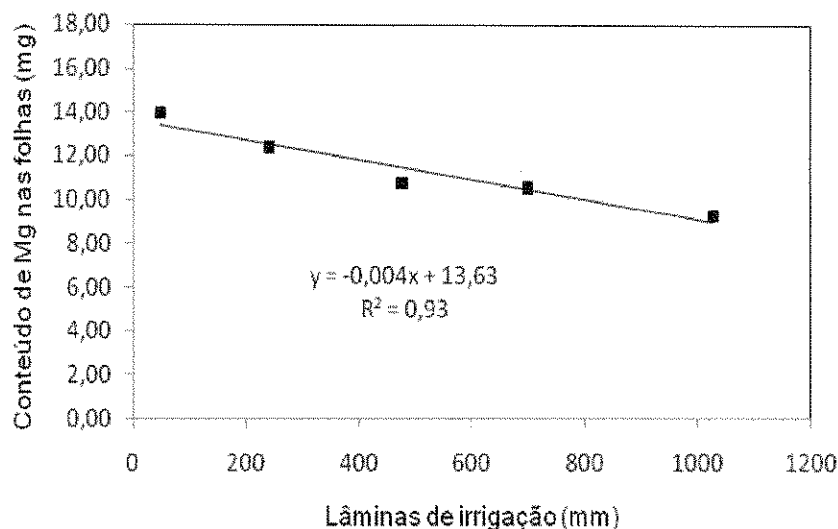


Figura 36. Modelo de regressão para conteúdo de magnésio em folhas, em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

6.5 Variáveis relacionadas à semente

6.5.1 Teor de umidade, Peso de mil sementes, Teor de óleo e Teor de proteína

Para variável teor de umidade, não foram encontradas diferenças estatísticas significativas ao nível de 1 e 5% de probabilidade quando analisadas isoladamente, como também quando se analisaram seus desdobramentos (Tabela 48).

Tabela 48. Resumo das análises de variância referente aos dados de Umidade, Peso de mil sementes, Teor de óleo e Teor de proteína. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios			
		Teor de Umidade	Peso de mil sementes	Teor de óleo	Teor de proteína
Genótipo (G)	2	0,0641 ^{ns}	0,1351 ^{**}	15,4587*	71,654 ^{ns}
Bloco	3	0,0473 ^{ns}	0,01283 ^{ns}	4,7445	10,544 ^{ns}
Resíduo (a)	6	0,0504	0,0138	2,2711	88,42
(Parcelas)	(11)	-	-	-	-
Lâmina (L)	4	0,0529 ^{ns}	0,009 ^{ns}	2,632 ^{**}	87,77*
Resíduo (b)	12	0,0791	0,0447	0,316	16,476
G x L	8	0,0729 ^{ns}	0,0314 ^{ns}	0,7524 ^{ns}	18,194 ^{ns}
Resíduo (c)	24	0,1488	0,0286	0,595	16,64
C.V.(%)	-	7,18	5,22	1,49	12,32

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo

Porém, observam-se nessa tabela, diferenças significativas a 5% de probabilidade para teor de óleo nos genótipos e a 1% de probabilidade nas lâminas. Também se percebe diferença significativa a 5% de probabilidade para teor de proteína nas lâminas de irrigação estudadas.

De acordo com as Tabelas 48 e 49, no tocante aos aspectos relativos à umidade da semente não foi verificada diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto para a análise relacionada às lâminas, quanto às relacionadas aos genótipos, como mencionado na Tabela 44.

Mesmo assim, o valor médio geral (5,37%) obtido foi menor que o valor de referência (5,40%), atendendo, portanto, as exigências do mercado por apresentarem valores abaixo de 5,40% de umidade (FIRMINO, et al. (2010). Resultados diferentes dos encontrados por Firmino et al. (2010) em estudo com sementes de gergelim BRS Seda orgânicas produzidas no sertão Piauiense.

Tabela 49. Teste de médias para teor de umidade (%), peso de mil sementes (%), teor de óleo (%) e teor de proteína (%), em função de diferentes lâminas de irrigação e dos genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.

F.V	Teor de Umidade	Peso de mil sementes	Teor de óleo	Teor de proteína
Lâmina 1	5,4417 a	3,2333 a	52,5667 a	30,811 b
Lâmina 2	5,3717 a	3,2050 a	52,2033 ab	30,726 b
Lâmina 3	5,3050 a	3,2683 a	51,7542 bc	32,050 ab
Lâmina 4	5,4300 a	3,2442 a	51,4325 c	36,567 a
Lâmina 5	5,3017 a	3,2700 a	51,5817 bc	35,385 ab
DMS	0,366	0,2751	0,7319	5,2818
Genótipo 1	5,3115 a	3,3195 a	51,7500 ab	34,6510 a
Genótipo 2	5,3740 a	3,2565 ab	51,1180 b	33,6760 a
Genótipo 3	5,4245 a	3,1565 b	52,8550 a	30,9960 a
DMS	0,2179	0,1138	1,4621	9,1234

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação aos aspectos relativos à qualidade da semente, o peso (massa) de 1.000 sementes dos genótipos avaliados (Tabela 49 e Figura 37), constata-se que os genótipos 1 (BRS Seda) e 2 (CNPA G4) são estatisticamente diferentes, entre o genótipo 1 e 3.

Todos os valores encontrados atendem às exigências do mercado por apresentarem valores acima de 3 gramas (QUEIROGA; SILVA, 2008). Similares aos de Firmino et al. (2010) em estudo com sementes de gergelim BRS Seda orgânicas produzidas no sertão Piauiense, que também encontraram valores superiores ao exigidos pelo mercado.

No caso das lâminas utilizadas, não foram observadas diferenças estatísticas ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nascimento et al, (2010) em avaliação do efeito de lâminas de irrigação sobre componentes de produção do gergelim em ambiente protegido afirmam que o incremento de 100 mm de água proporcionou uma diminuição de 0,4 g/planta de sementes, ou seja, quando aumentou a lâmina de irrigação, diminuiu o peso de sementes por planta.

Observaram que houve redução de todas as variáveis estudadas, com o aumento da lâmina de irrigação. Resultados similares foram obtidos por Beltrão & Vieira (2001), que observaram diminuição na produção do gergelim em solos com muita água. Diferentemente do encontrado por Souza et al. (2000), estudando déficit hídrico no gergelim, em condições de casa de vegetação, onde não observaram diferenças significativas na produção de plantas de gergelim sob déficit hídrico.

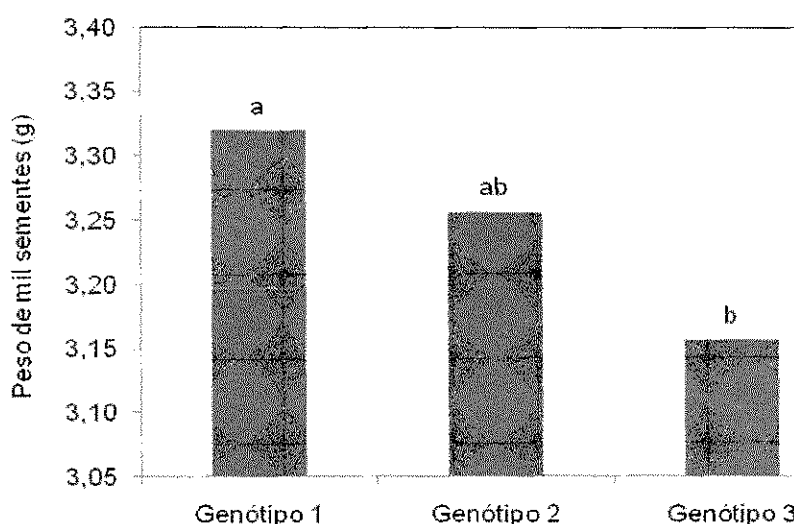


Figura 37. Peso médio de mil sementes de gergelim, em função dos três genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.

Verifica-se também na Tabela 49 que ocorreram diferenças significativas para teor de óleo, tanto nas lâminas, quanto nos genótipos. Entre as lâminas, o maior resultado foi observado para a lâmina 1, com 52,57%, enquanto que o menor teor de óleo foi verificado na lâmina 4, com 51,43%.

Em relação aos genótipos, observa-se que o maior resultado foi encontrado no genótipo 3, com 52,85% e que o menor resultado entre eles foi observado em G2 com 51,11%.

Para teor de proteína, só foram verificadas diferenças significativas para lâminas, sendo o maior teor observado para lâmina 4, com 36,57% e o menor teor observado na lâmina 2, com 30,73%. Resultados similares também foram verificados por Alpaslan et al., (2001) em estudo com o efeito do espaçamento e irrigação no gergelim na Turquia.

Os resultados da análise de desdobramento são apresentados na Tabela 48. Verifica-se diferença estatística significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, para peso de mil sementes apenas nos genótipos dentro da lâmina 2.

Para teor de óleo, verifica-se diferença significativa nos genótipos dentro das lâminas 1, 2 e 3. Alpaslan et al., (2001) também verificaram em estudo com o efeito do espaçamento e irrigação no gergelim na Turquia que a irrigação afetou significativamente o teor de óleo.

Tabela 50. Resumo das análises de variância referente aos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis: Umidade, Peso de mil sementes, Teor de óleo e Teor de proteína. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios			
		Teor de Umidade	Peso de mil sementes	Teor de óleo	Teor de proteína
Genótipo d/ L1	2	0,037158 ^{ns}	0,028258 ^{ns}	4,168408**	4,841058 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	0,015408 ^{ns}	0,136975**	5,534608**	13,643839 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	0,002425 ^{ns}	0,011258 ^{ns}	5,793733**	70,341213*
Genótipo d/ L4	2	0,264700 ^{ns}	0,042858 ^{ns}	1,134325 ^{ns}	41,529694 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	0,035908 ^{ns}	0,041275 ^{ns}	1,837408 ^{ns}	14,073699 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	0,043933 ^{ns}	0,020005 ^{ns}	1,474475 ^{ns}	24,605346 ^{ns}
Lâmina d/ G2	4	0,088558 ^{ns}	0,026170 ^{ns}	0,380230 ^{ns}	77,204239**
Lâmina d/ G3	4	0,066167 ^{ns}	0,025282 ^{ns}	2,282138**	22,238064 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo

Para teor de proteína, observa-se diferença para genótipos dentro da lâmina 3, a 5 % de probabilidade. No caso de lâminas dentro de genótipos, verifica-se diferenças significativas a 1% de probabilidade para teor de óleo, apenas para lâminas dentro de G3 e para teor de proteínas, em lâminas dentro de G2.

Os efeitos significativos observados na Tabela 50, são apresentados na Tabela 51, pelo resultados dos testes de médias dos desdobramentos realizados. Na variável peso de mil sementes, foram verificadas diferenças significativas entre

os genótipos, na lâmina 2. Na variável teor de óleo, foram observadas diferenças significativas entre os genótipos, em todas as lâminas. Já para a variável teor de proteína, só foram observadas diferenças significativas entre os genótipos nas lâminas 3 e 4.

Tabela 51. Teste de médias do desdobramento da interação para peso de mil sementes. Barbalha-CE, 2010.

Lâminas	Peso de mil sementes		
	Genótipo 1	Genótipo 2	Genótipo 3
L 1	3,330aA	3,177aA	3,192aA
L 2	3,200abA	3,392aA	3,022bA
L 3	3,327aA	3,252aA	3,225aA
L 4	3,355aA	3,227aA	3,150aA
L 5	3,385aA	3,232aA	3,192aA
DMS	0,2751 para linhas e 0,1138 para colunas		
Teor de óleo			
L 1	52,75aA	51,47bA	53,48aA
L 2	51,62bA	51,44bA	53,56aA
L 3	51,18bA	50,95bA	53,14aA
L 4	51,39abA	50,92bA	51,98aA
L 5	51,82aA	50,82bA	52,11aA
DMS	0,7319 para linhas e 1,4621 para colunas		
Teor de proteína			
L 1	31,633aA	31,239aA	29,561aA
L 2	32,762aA	29,159aA	30,256aA
L 3	36,573aA	31,284abA	28,292bA
L 4	37,518abA	39,207aA	32,976bA
L 5	34,769aA	37,491aA	33,894aA
DMS	5,2818 para linhas e 9,1234 para colunas		

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A partir da identificação de diferenças significativas (Tabela 51), realizou-se a confecção das Figuras 38 e 39. Para melhor visualização da significância dos modelos encontrados nas Figuras 38 e 39, realizou-se a análise de variância dos modelos, conforme segue na Tabela 52. Para as outras variáveis estudadas, não foram encontrados modelos polinomiais de 2º grau.

Tabela 52. Resumo das análises de variâncias para os modelos de equações de regressão, ajustada aos dados de teor de óleo e teor de proteína em função das lâminas. Barbalha-CE, 2010.

FV	G.L	Teor de óleo	Teor de proteína
		QM	QM
Modelo	4	3368,22**	1377,290*
Resíduo	1	0,0133	0,702

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

No que se refere ao teor de óleo (Figura 38), o gráfico da figura apresenta sementes com teor acima de 50%, ou seja, acima dos valores referenciais descritos por (FIRMINO et al., 2010).

Resultados semelhantes também foram encontradas por Firmino et al. (2010) em estudo com sementes de gergelim BRS Seda orgânicas, que também encontrou valores superiores ao exigidos pelo mercado.

Verifica-se que a lâmina 5 (1026,50 mm) foi a que registrou o melhor resultado, com uma média de 52,6% de óleo, enquanto que a lâmina 2 (240,38 mm) registrou o menor percentual médio de óleo, com apenas 51,4%. Mesmo assim, os teores de óleo encontrados nestas análises reafirmam a aptidão desta oleaginosa para obtenção de óleo de excelente qualidade para uso alimentar, cosmético, químico, farmacêutico, como também, para uso em biocombustíveis, já que se pode obter grandes quantidades deste óleo por hectare plantado.

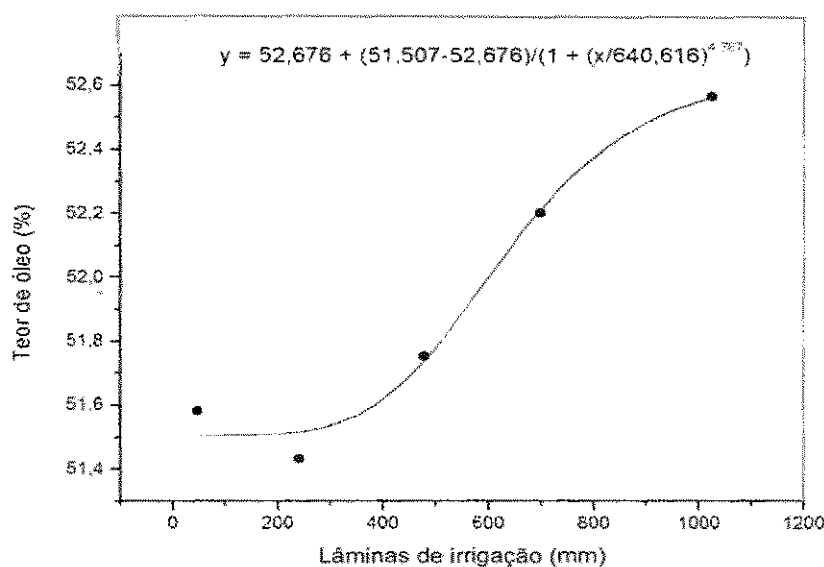


Figura 38. Modelo de regressão para teor de óleo (%) em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

No que se refere ao teor de proteína (Figura 39), as variáveis estudadas apresentam teor acima de 30%, ou seja, acima dos valores referenciais (FIRMINO et al., 2010).

Verifica-se nessa figura, que a lâmina 4 (698,88 mm) foi a que expressou o melhor resultado, com cerca de 36,5% de proteína, enquanto que a lâmina 2 (240,38 mm) registrou a menor percentagem de proteína, com proximadamente 30,8%.

Sendo estes teores de proteína encontrados nestas análises, maiores do que os de Firmino et al. (2010), que foram de 20,03% e dos referenciais (18,60%) e cujo esses autores reafirmam a aptidão desta oleaginosa para obtenção de óleo de excelente qualidade.

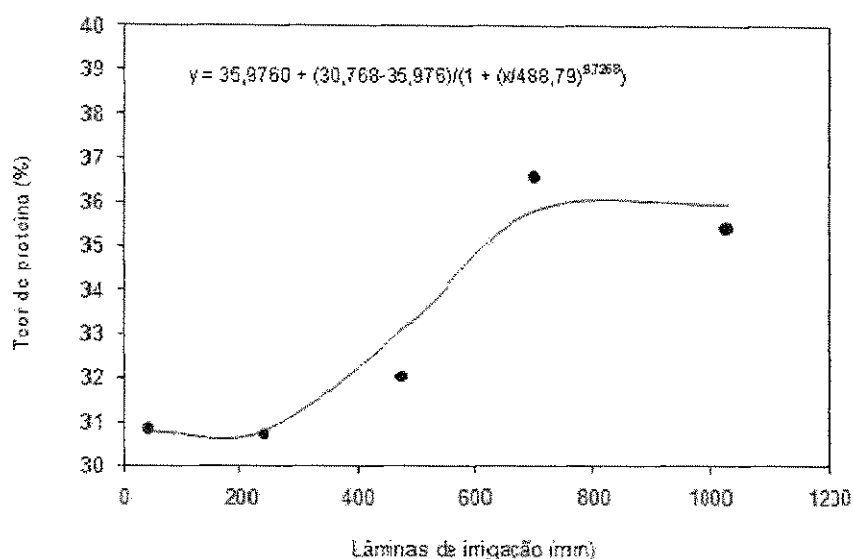


Figura 39. Modelo de regressão para teor de proteína (%) em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

6.6 Produção e seus componentes

6.6.1 Número de Frutos por Planta (NFP), Rendimento de Grãos e Índice de Colheita (I.C.)

Os resultados da análise de variância para número de frutos por planta, rendimento de grãos e índice de colheita são apresentados na Tabela 53 e as respectivas médias na Tabela 54.

Em número de frutos por planta, não foram registradas diferenças estatísticas significativas para os fatores isoladamente (genótipos e lâminas), diferentemente do que ocorreu com sua interação, que foi significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 53. Resumos das análises de variâncias referentes aos dados de número de frutos, rendimento de grãos e índice de colheita, Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		NFP ¹	Rendimento de grãos (kg m ⁻²)	I.C. ¹
Genótipo (G)	2	22,3113 ^{ns}	0,000187 ^{ns}	0,00717348 ^{ns}
Bloco	3	22,9055 ^{ns}	0,001450 ^{ns}	0,03869011 ^{ns}
Resíduo (a)	6	7,3925	0,00175730	0,01114469
(Parcelas)	(11)	-	-	-
Lâmina (L)	4	5,9642 ^{ns}	0,01256675*	0,03622616 ^{ns}
Resíduo (b)	12	6,0225	0,00056720	0,01759886
G x L	8	16,8245*	0,00025729 ^{ns}	0,01640392 ^{ns}
Resíduo (c)	24	6,2338	0,00030896	0,01621810
C.V.(%)	-	21,72	17,89	19,09405

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} Não significativo,¹ dados transformados em \sqrt{x}

Os efeitos significativos observados na Tabela 53, são apresentados na Tabela 54, pelos resultados dos testes de médias realizados. Observa-se na referida tabela, que só foram verificadas diferenças significativas para rendimento de grãos, e apenas, nas avaliações em lâminas.

Tabela 54. Teste de médias para número de frutos, rendimento de grãos e índice de colheita, em função de diferentes lâminas de irrigação e genótipos estudados. Barbalha-CE, 2010.

F.V	NFP ¹	Rendimento de grãos (kg m ⁻²)	I.C. ¹
Lâmina 1	11,3250 a	0,062183 c	0,66673 a
Lâmina 2	10,4600 a	0,079167 bc	0,69508 a
Lâmina 3	12,4120 a	0,096192 b	0,67967 a
Lâmina 4	11,5620 a	0,105858 b	0,57491 a
Lâmina 5	11,7020 a	0,147867 a	0,71843 a
DMS	3,1933	0,031	0,2365
Genótipo 1	12,6178 a	0,10120 a	0,65462 a
Genótipo 2	11,3353 a	0,09510 a	0,65750 a
Genótipo 3	10,5229 a	0,09846 a	0,68877 a
DMS	2,638	0,0407	0,1024

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey,¹ dados transformados \sqrt{x}

Os resultados da análise de desdobramento das variáveis estão na Tabela 55. Verificam-se diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, para número de frutos por planta no desdobramento de genótipos dentro das lâminas 2 e 3.

Observa-se diferença significativa a 5% para lâminas dentro do genótipo 1. Para rendimento de grãos foram observadas diferenças significativas a 1% de probabilidade apenas em lâminas dentro dos genótipos.

Já para índice de colheita, foram observadas diferenças significativas a 5% para a lâminas dentro do genótipo 2.

Tabela 55. Resumo das análises de variância referente ao desdobramento dos graus de liberdade das variáveis: número de frutos por planta, rendimento de grãos e índice de colheita. Barbalha-CE, 2010.

F.V	G.L	Quadrados Médios		
		NFP ¹	Rendimento de grãos (kg m ⁻²)	I.C. ¹
Genótipo d/ L1	2	6,420 ^{ns}	0,000708 ^{ns}	0,000804 ^{ns}
Genótipo d/ L2	2	34,209*	0,000184 ^{ns}	0,041712 ^{ns}
Genótipo d/ L3	2	29,436*	0,000056356 ^{ns}	0,008596 ^{ns}
Genótipo d/ L4	2	3,545 ^{ns}	0,000085016 ^{ns}	0,012353 ^{ns}
Genótipo d/ L5	2	15,998 ^{ns}	0,000183 ^{ns}	0,009324 ^{ns}
Lâmina d/ G1	4	23,901*	0,006861**	0,018737 ^{ns}
Lâmina d/ G2	4	8,069 ^{ns}	0,003168**	0,049291 ^{ns}
Lâmina d/ G3	4	7,643 ^{ns}	0,003052**	0,001007 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade e ns Não significativo, ¹ dados transformados \sqrt{x}

Os efeitos significativos observados na Tabela 55 são apresentados nas Tabelas 56, 57 e 58.

Pelos resultados dos testes de médias dos desdobramentos realizados, observa-se na tabela 56 que para número de frutos ocorreram diferenças significativas entre as lâminas de irrigação dentro do genótipo 1, não sendo verificada essa diferença para os demais.

Entre os genótipos estudados, verifica-se por este teste, que os genótipos 1 e 3, diferenciaram-se estatisticamente nas lâminas 2 e 3.

Tabela 56. Teste de médias do desdobramento da interação para número de frutos. Barbalha-CE, 2010.

Genótipos Lâminas	Números de Frutos ¹		
	G 1	G 2	G 3
L 1	9,082aC	10,370aA	11,843aA
L 2	14,622aAB	11,267abA	8,796bA
L 3	15,051aA	12,553abA	9,631bA
L 4	11,441aABC	9,565aA	10,373aA
L 5	12,892aABC	12,921aA	11,972aA

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS na linha = 4,3167 e na coluna = 3,8412. ¹ dados transformados \sqrt{x} .

Em relação ao rendimento de grãos da cultura (Tabela 57) ocorreram diferenças estatísticas significativas apenas para lâminas de irrigação.

Conforme a Figura 42, comparando-se as lâminas de irrigação, ocorreu uma tendência linear da variável estudada, visto que, na medida em que se aumentou a lâmina de irrigação, aumentou-se o rendimento de grãos.

Tabela 57. Teste de médias do desdobramento da interação para rendimentos de grãos. Barbalha-CE, 2010.

Genótipos Lâminas	Rendimentos de grãos (kg m ⁻²)		
	G 1	G 2	G 3
L 1	0,0545aC	0,0650aB	0,0671aB
L 2	0,0751aBC	0,0782aB	0,0842aB
L 3	0,0996aBC	0,0922aAB	0,0967aAB
L 4	0,1136aAB	0,1010aAB	0,1030aAB
L 5	0,1632aA	0,1391aA	0,1413aA

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS na linha = 0,052604 e na coluna = 0,02648.

Na análise de regressão (Figura 40), verifica-se que os dados se ajustaram muito bem ao modelo proposto, apresentando um R² de 96. Observa-se nessa mesma figura, que com lâminas menores (L1 e L2), a produtividade foi muito baixa, comparada às demais.

E, que a partir da lâmina L3 a produtividade aumentou progressivamente, alcançando uma média máxima de 0,150 kg.m⁻² ou 1500 kg.ha⁻¹ em L5. Em termos gerais, houve uma variação de produtividade nas parcelas de 320,0 a 2240,0 kg.ha⁻¹.

Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira et al. (2008), quando avaliaram diferentes genótipos de gergelim no cerrado do Distrito Federal.

Moreira et al. (2009) estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação na cultura da mamoneira, concluíram que as lâminas de irrigação influenciaram os fatores de produção como peso de 100 sementes e produtividade dos racemos de 2ª e 3ª ordens e produtividade total.

E, afirmaram que, nas condições climáticas do Nordeste brasileiro, cultivos de oleaginosas com o uso de irrigação têm a sua produtividade consideravelmente aumentada.

Conforme Karaaslan et al. (2007), verificaram que o excesso e/ou a falta severa de água prejudica o rendimento de grãos do gergelim e, conseqüentemente, a eficiência de uso de água, podendo reduzir a taxa de crescimento da cultura, fazendo com que haja menor produção de matéria seca e de grãos. Verifica-se um incremento no rendimento de grãos partindo-se da lâmina 1 para a 5 de aproximadamente 137,8%.

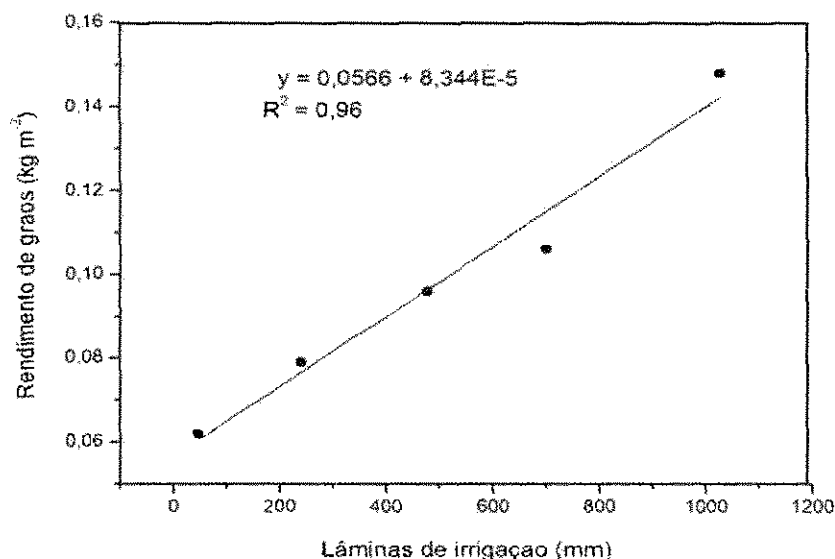


Figura 40. Modelo de regressão para rendimento de grãos (kg m^{-2}) em função de lâminas de irrigação. Barbalha. CE, 2010.

Em estudos com milho, Araújo et al. (1999) observaram que as variáveis, número de espigas por hectare e rendimento dos grãos, foram influenciadas significativamente pelas lâminas de irrigação, seguindo um modelo linear, igualmente ao encontrado para o gergelim.

Esse resultado não concorda com os obtidos por Beltrão e Vieira (2001), que observaram diminuição na produção do gergelim em solos com muita água.

Já Souza et al. (2000), estudando déficit hídrico no gergelim, em condições de casa de vegetação, não observaram diferenças significativas na produção de capulhos por plantas de gergelim sob déficit hídrico.

Quanto aos resultados médios de rendimento de grãos entre os genótipos (Figura 41), verifica-se que a regressão para os modelos polinomiais tiveram um bom ajuste, variando de 93 a 97,0% da variação total observada nos dados.

Verifica-se nessa figura, que o genótipo 1 apresentou o melhor resultado final de rendimento de grãos, seguido dos genótipos 3 e 2, respectivamente. Nota-se nessa mesma figura, que não ocorreram diferenças estatísticas significativas a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se também nessa figura que nas menores lâminas de irrigação, as maiores médias de rendimento de grãos foram produzidas pelos genótipos 3 e 2, respectivamente. Enquanto que o genótipo 1 apresentou a pior resposta a deficiência hídrica. Sendo assim, pode-se afirmar que em condições favoráveis de irrigação, com lâminas acima de 1000mm, o genótipo 1 (BRS Seda) é o mais indicado para essa situação. Nota-se também, que esse mesmo genótipo, na pesquisa em questão, é o menos indicado para situações de regime hídrico menores que 400mm. O genótipo 3 (ELAG09 – 27561) foi a que melhor se adaptou à condição de estresse hídrico.

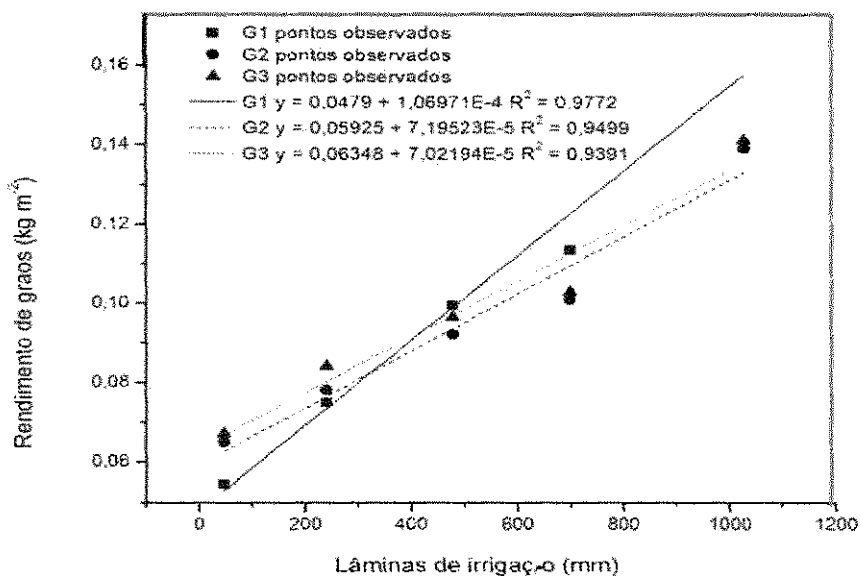


Figura 41. Modelo de regressão para rendimento de grãos (kg m^{-2}) dos genótipos, em função de lâminas de irrigação. Barbalha-CE, 2010.

7. CONCLUSÕES

1 – O crescimento dos genótipos de gergelim estudados foi afetado pelas diferentes lâminas de irrigação. Com maior disponibilidade de água o maior crescimento é da BRS Seda e com menos água é da ELAG09-27561

2 – As lâminas de irrigação não afetam a acumulação de fitomassa de raízes, caules e folhas dos genótipos

3 – Os teores e conteúdos de macronutrientes variam em função das lâminas de irrigação e entre os genótipos de gergelim. A extração de macronutrientes é maior pela cultivar BRS Seda

4 – A lâmina de irrigação de 1026,5 mm duplica a produtividade do gergelim (1.500 kg ha^{-1}), em relação à menor disponibilidade hídrica

5 – Os genótipos têm exigências hídricas similares

6 – Os maiores teores de óleo e de proteínas foram obtidos na maior disponibilidade de água

7 – Em condições de baixa disponibilidade hídrica para irrigação, recomenda-se o uso do genótipo de gergelim ELAG09-27561. Sendo viável a irrigação plena, recomenda-se o uso do genótipo BRS Seda

8.0 REFERÊNCIAS

AGUIAR NETTO, A. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes laminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 5, v. 35, p. 901-907, 2000.

AGUIAR NETTO, A. O.; RODRIGUES, J. D.; BASTOS, E. A.; ONO, O. E. Desenvolvimento de plantas de ervilha (*Pisum sativum L.*), submetidas a diferentes potenciais da água no solo: Índices fisiológicos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, n. 52, v. 3, p. 521-527, 1995.

ALLEN, R. G.; PRUIT, W. O.; WRIGHT, J. L.; HOWELL, T. A.; VENTURA, F.; SNYDER, R.; ITENFISU, D.; STEDUTO, P.; BERENGENA, J. YRISARRY, J. B.; SMITH, M.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; PERRIER, A.; ALVES, I.; WALTER, I.; ELLIOTT, R. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO-Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, p. 1-22, 2006.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; PAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 328 p. 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, K. V. DE; SOUZA, W. J. B. DE; RIBEIRO FILHO, N. M.; QUEIROGA, V. DE P. Caracterização físico-química de sementes de gergelim. Congresso Químico do Brasil, 1. Instituto Federal da Paraíba. **Anais...** João Pessoa-PB, 2010, n. p.

ALMEIDA, A. E. DA S.; COSTA, F. E.; SOARES, C. S.; MAGALHÃES, I. D.; TORRES, F. E. & ALVES, G. M. R. Avaliação da fitomassa seca de gergelim sob adubação orgânica. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4 & Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010, p. 460-464.

ALPASLAN, M.; BOYDAK, E.; HAYTA, M.; GERÇEK, S. AND SIMSEK, M. **Effect of Row Space and Irrigation on Seed Composition of Turkish Sesame (*Sesamum indicum* L.)**. JAOCS, Vol. 78, no. 9. Turkey. 2001.

AMABILE, R. F.; COSTA, T. M. C.; FERNANDES, F. D. Efeito do espaçamento e da densidade de semeadura do gergelim no cerrado do Distrito Federal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 285, p. 547-554, 2002.

AMARAL, J. A. B. do. & SILVA, M. T. EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTE DE CULTIVO DO GERGELIM POR MANEJO DE IRRIGAÇÃO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 25-33, 2008.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. Arlington, 14^a. ed. 1984. 1141p.

ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M. de; FEITOSA, H. de O. FEITOSA, E. de O. **Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.6, nº. 3, p. 207 - 216, 2012. Fortaleza, CE, INOVAGRI, 2012.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D.. Irrigação e adubação nitrogenada em milho. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, 1999.

ARRIEL, N. H. C.; VIEIRA, D. J.; ARRIEL, E. F.; PEREIRA, J. R.; COSTA I. T. da. Correlações genéticas e fenotípicas e herdabilidade em genótipos de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 175-180, 1999.

ARRIEL, N.H.C.; ARAÚJO, A.E.; SOARES, J.J.; BELTRÃO, N.E.M.; FIRMINO, P.T. Cultura do Gergelim. EMBRAPA: **Sistema de produção**. (Versão eletrônica). Campina Grande – PB. 2006.

ARRIEL, N. H. C.; CARDOSO, G. D. Gergelim “**Tecnologia da Embrapa para a geração de emprego e renda na agricultura familiar no Brasil**”. Campina Grande-PB: EMBRAPA-CNPA, 2011. (Folder - CGPE: 9726).

AUGSTBURGER, F.; BERGER, J.; CENSKOWSKY, U.; HEID, P.; MILZ, J.; STREIT, C. Ajonjolí (Sésamo); parte especializada: **producción orgánica de ajonjolí**. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico, 1. ed., Alemanha, Naturland, 2000. 30p.

AZEVEDO, B. M.; BASTOS, F. G. C.; VIANA, T. V. A.; RÊGO, J. L.; D ÁVILA, J. H. T. Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 9-15, 2005.

AZEVEDO, J. H. O.; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares de bananeira a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 28-33, 2008.

BARBER, S. **Soil Nutrient. Bioavailability**: a mechanistic approach. New York, J. Wiley, 1984. 398 p.

BARCELOS, D. M.; GARCIA, A.; MACIEL JUNIOR, V. A.. Análise de Crescimento da Cultura da Batata Submetida ao Parcelamento da Adubação Nitrogenada em Cobertura, em um Latossolo Vermelho-Amarelo. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 31, n. 1, p. 21-27, 2007.

BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjerição tratadas com reguladores vegetais. *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 4, p. 563-567, 2006.

BARROS, L. M.A.; SANTOS, R. F. dos; BENATI, T.; FIRMINO, P. T. de. Importância Econômica e Social. In: BELTRÃO, N. E. M. de M.; VIEIRA, D. J. (Eds.) **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Cap. 2, p. 21-35, 2001.

BARROS, V. S.; COSTA, R. N. T.; AGUIAR, J. V. Função de produção na cultura do melão para níveis de água e adubação no vale do Curú-CE. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 2, p. 99, 2002.

BELOW, F.E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. **Informações agronômicas**, n. 99, 2002.

BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J.(Eds.) **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348p.

BELTRÃO, N.E. de M.; FREIRE, E.C.; LIMA, E. F. Gergelim cultura no trópico semi-árido nordestino. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1994. 52p. (EMBRAPA-CNPA. **Circular Técnica, 18**).

BELTRÃO, N.E.M.; PEREIRA, J.R.; SILVA, O.R.R.F. da.; AZEVÊDO, D.M.P. de.; VIEIRA, D.J. Manejo cultural. In: _____. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001, p.149-165.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 42p., 1988.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 7 ed. Atualizada e ampliada. Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2005. 611p.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Atualizada e ampliada. Universidade Federal de Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

BEZERRA, J. R. C. **Crescimento, Desenvolvimento e Rentabilidade do Algodoeiro BRS 200 – Marron, Irrigado**. Campina Grande, PB, 2007, 88 p. Tese (Recursos Naturais). Centro de Tecnologias e Recursos Naturais. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.

BEZERRA, SANDI ALVES. **Crescimento e Desenvolvimento do Gergelim em Estresse Hídrico em Substrato de Biossólido e Adubo Químico**. Campina Grande, PB, 2008, 60 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.

BIANCO, S.; CARVALHO, L. B.; BIANCO, M. S.; PITELLI, R. A. Acúmulo de massa seca e de macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Solanum americanum*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 1, p. 87-95. 2012.

BISBAL, E. C. de; RÍCÓN, C. A. Efecto de ciclos de sequia en la extracción de água por cultivares de ajonjolí en el período reproductivo. **Agronomía Tropical**, v.47, n.2. p.141-160, 1997.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas**. Porto Alegre, RS: Gênese, 2008. 344 p.

BOYDAK, E.; KARAASLAN, D.; SIMSEKE, M.; GERÇEK, S.; KIRMAK, H.; KASP, Y.; OZTURK, I. Effect of irrigation methods and irrigations interval on yiel and some yield components of sesame growing in semi-arid área. Southeast Anatolia Agricultural Research Institute. Asian Network for Scientific Information. **Journal of Agronomy 6**, v. 3, p. 439-443, 2007.

BRANDELERO E.; PEIXOTO, C. P.; M SANTOS, J. M. B.; MORAES, J.C.C, PEIXOTO, M. F. S. P. SILVA V. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 14, p. 77-88, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: DNDV/CLAV. 1992. 365p.

CANTARELLA, H. **Adubação e calagem do girassol**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3. REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 15. Anais... Ribeirão Preto. 2003.

CARDOSO, M. J.; FONTES, L. A. N. ; LOPES, N. F. ; et al. Partição de assimilados e produção de matéria seca de milho em dois sistemas de associação com feijão (*Phaseolus L.*). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 34, n. 191, p. 71-89, 1987.

CASTELLANELLI, C. A.; MELLO, C. I.; CASTELLANELLI, M.; HOFFMANN, R. Uma abordagem técnica, econômica e ambiental de fontes potenciais para produção do Biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEO, GORDURA E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha, MG. **Anais...** Varginha: UFLA, 2007, p. 217-235.

CERT, A.; MOREDA, W.; PÉREZ-CAMINO, M. C. Chromatographic analysis of CHEYI, R. H.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.

CHIARIELLO, N. R.; MOONEY, H. A.; WILLIAMS, K. **Growth, carbon allocation and cost of plant tissues**. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H.A. (Eds.). *Plant physiological ecology: fields and instrumentation*. New York: Chapman and Hall, p.328-365, 1991.

CIANCIO, NATHALIA HAYDEE RIVEROS. **Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes em culturas submetidas à adubação orgânica e mineral**. Santa Maria, RS. 2010. 85 p. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Rurais. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria.

CLARK, G. A.; ALBREGTS, E. E.; STANLEY, C. D. et al. **Water requirements and crop coefficients of drip-irrigated strawberry plants**. *Transaction of ASAE*, St. Joseph, v. 39, n. 3, p. 905-912, 1996.

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

CORREA, M. J. P.; SANTOS, R. A. dos; FERNANDES, V. L. B. et al. **Absorção de macronutrientes (NPK) pela cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) cv. Jori.** *Ciência Agrônômica*, v.26, n.1/2, p.30-33, 1995.

CORSO, M. P. **Estudo da extração de óleo de sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) empregando os solventes dióxido de carbono supercrítico e n-propano pressurizado.** (Dissertação). Centro de Engenharias e Ciências Exatas - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Toledo – PR, 2008. 93 p.

COSTA, F. DA S.; GOMES, A. H. S.; FERREIRA, D. J. L.; CHAVES, L. H. G.; MAGALHÃES, I. D.; PINTO SOBRINHO, P. F. **Crescimento e produção do gergelim irrigado em função da adubação potássica e nitrogenada.** INOVAGRI, I INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING & WINOTEC, IV (Workshop de Inovações Tecnológicas na Irrigação). Fortaleza-CE, 2012.

COUTO, L. **Como iniciar e conduzir um sistema de produção agrícola sob irrigação.** Apostila de Minicurso. XIII CONIRD. 23p. 2003.

DAR, W.D.; ROSARIO, D.A. **Response of white potato (*Solanum tuberosum* L.) to moisture stress.** *Philippine Agriculturist*, Laguna, v.64, p.125-134, 1981.

DUARTE, S. N. **Efeitos do horário e da lâmina de irrigação na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.).** Piracicaba, 1989. 148p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

DURÃES, FREDERICO OZANAN MACHADO; MAGALHÃES, PAULO CÉSAR; OLIVEIRA, ANTÔNIO CARLOS DE. **Índice de Colheita Genético e as Possibilidades da Genética Fisiológica para Melhoramento do Rendimento de Milho.** *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, n.1, p. 33-40, 2002.

EPSTEIN, L. **Cultura do Gergelim.** SDA/DDA – SEAGRI. Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. Salvador, 2000.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. **Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafós, 2004. p. 435- 455.

FAO, Roma. **Economies and statisties**. Disponível em; <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 05 de julho de 2012.

FARIA, R. T. **Estudo da lâmina de irrigação na cultura do trigo (*Triticum aestivum*, L.), utilizando o sistema de "aspersão em linha"**. Piracicaba-SP, 1981. 71p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

FARIAS, R. A.; SOARES, A. A.; SEDYAMA, G. C.; RIBEIRO, C. A. A. S. Demanda de irrigação suplementar para acultura do milho no estado de minas gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 4, n.1, p. 46-50, 2000.

FAYAD, J. A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e estufa**. Viçosa-MG. 1998. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa, MG.

FERNANDES, F .M., CORRÊA, L. de S., NASCIMENTO, V.M. do HOMEM, S.M.P. Variações nos teores foliares de N, P, K, Ca e Mg em três variedades de goiabeira (*Psidium guajava* L.) durante o ano. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10, 1989. Fortaleza-CE. **Anais...** Sociedade Brasileira de Fruticultura. 1989. P .192-197 .

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, n. p., 2000. 402 p.

FIRMINO, P. DE T.; SOUZA , W. J. B. DE; SILVA, A. C.; ALMEIDA, K. V. DE; TEOTÔNIO, M. A.; QUEIROGA, V. DE P. Estudo das sementes de gergelim BRS Seda orgânicas produzidas no sertão piauiense. Congresso Brasileiro de Mamona, 4 & Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João

Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 2084-2087, 2010.

FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâminas de irrigação.** Piracicaba-SP, 1986. 133 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

FUKUDA, Y. *et al.* Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil and the effect of using the oil for frying. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 50, n. 4, p. 857-862, 1986.

GANDAR, P.W.; TANNER, C.B. Leaf growth, tuber growth, and water potential in potatos. **Crop Science**, Madison, v. 16, p. 534-538, 1976.

GOOGLEMAPS. <[HTTP://MAPS.GOOGLE.COM.BR/MAPS?HL=PT-BR&TAB=WL](http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-br&tab=wl)>. Acesso em: 29/08/2011.

HALBROOKS, M.; WILCOX, G. E. Tomato plant development and elemental accumulation. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, n. 6, p. 826-828, 1980.

HALL, A. E.; CANNELL, G.H.; LAWTON, H.W. **Agriculture in semi-arid environments.** Nova York: Springer-Verlag, 1979. 340p.

HANG, A.N.; MILLER, D.E. Yield and physiological responses of potatos to deficit, high frequency sprinkler irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 436-440, 1986.

HUNT, R. **Plant growth curves the functional approach to plant growth analysis.** Ed. Edward Arnold, Londres, 1982. 248p.

IBARRA R., W.E. **Comparación y validación de métodos de estimación de área foliar en ocho genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. Maracay, 1985.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA (IICA). **Cadena Agroindustrial Del Ajonjolí de Nicaragua**. Managua, Nicaragua, 2004. 91 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET.
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 31/05/2012.

IPGRI - INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Descriptors for sesame (*Sesamum ssp*)**. National Bureau of Plant Genetic Resources, Roma, 2004.

ISKANDAR, JAMIL IBRAHIM. **Normas Técnicas da ABNT: comentadas para trabalhos científicos**. 4ª ed. (2009), 2ª reimpressão. Curitiba: Ed. Juruá, 2011. 100 p.

ITABORAHY, CLAUDIO RITTI et al. **Agricultura irrigada e o uso racional da água** — Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Conservação de Água e Solo, 2004.

JORGE, Y.; GONZÁLEZ, F. **Estimación del área foliar en los cultivos de ají y tomate**. Agrotecnia de Cuba, Havana, v. 27, n. 1, p. 123-126, 1997.

KARAASLAN, D.; BOYDAK, E.; GERÇEK, S.; SIMSEK, M. Influence of irrigation intervals and row spacing on some yield components of sesame grown in Harran region. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.6, n.4, p.623-627, 2007.

KLEINKOPF, G.E. Potato. In: TEARE, I.D.; PEET, M. M. (Eds.). **Crop water relations**. New York : J. Wiley, 1982. p. 287-305.

KOPPEN, W. **Dieklimate dererde-grundrib der kimakunde**. Walter de gruyter verlag, Berlin, 1923.

KRUDEV, T. G. Água, vida das plantas. São Paulo: **Ícone**, 178p. 1994.

KUANGFEI, L.; YALING, X.; XUEFENG, L.; PASTORE, G. Loss of nitrogen, phosphorus, and potassium through crop harvests in agroecosystems of Quiajiang, Hubei Province, PR. China. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.18, n.3, p.393-401, 1999.

LAPERUTA NETO, J. **Estudo do uso do lodo de estações de tratamento de água e de esgoto urbano nas propriedades químicas do solo**. 2006, 96p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu-SP.

LAUER, D.A. Line source sprinkler system for experimentation with sprinkler applied nitrogen fertilizers. **Soil Science Society of America Journal**, v. 47, n. 1, p. 124-128, 1983.

LEDO, E. R. F.; SILVA, M. G. da; NOGUEIRA, D. H.; MIRANDA, E. P. de; ARAÚJO, E. M.; ARAÚJO, E. M. Avaliação de metodologias empregadas no cálculo da temperatura média diária do ar na região de Barbalha-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 4, p. 310 - 319, Fortaleza, CE, 2011.

LOON, C. D. The effect of water stress on potato growth, development and yield. **American Potato Journal**, Orono, v. 58, p. 51-69, 1981.

LOPES, N.F.; OLIVA, M. A.; CARDOSO, M. J.; GOMES, M. M. S.; SOUZA, V. F. de. Crescimento e conversão de energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 33, n. 186, p. 142-164, 1986.

MACEDO JUNIOR, E. K. **Crescimento e produtividade de pepino (*Cucumis sativus* L) enxertado e não enxertado, submetido à adubação convencional**

em cobertura e Fertirrigação, em cultivo protegido. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista - UNESP. Botucatu, 1998. 129p.

MALAVOLTA E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicação. Piracicaba: **Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1989. 197p.

MARSCHENER, H. **Mineral Nutrition of Higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARSCHENER, H. **Mineral Nutrition of Higher plants**. 2. ed. London: **Academic**
MATIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. The purpose of plant analysis's. In: _____. **Plant Analyses as a Guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crop**. Lavoisier Publishing. p. 113-116. 1984.

MAZZANI, B. Classification de variantes em sesamum. **Agronomia Tropical**, v.6, n.4, p.195-201, 1956.

MENDES, LUIZ HENRIQUE. Com demanda maior, produção de gergelim ganha fôlego no país. **Jornal Valor Econômico** - **23/12/2011**.
<<https://conteudoclippingmp.planejamento.gov.br/cadastros/noticias/2011/12/23/com-demanda-maior-producao-de-gergelim-ganha-folego-no-pais>>. Acesso em: 30/05/2012.

MESQUITA, J. B. R. DE. **Manejo da cultura do gergelim submetida a diferentes lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e de potássio aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação**. Fortaleza, 82 p. 2010. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará.

MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. de M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003. 410 p. (**Série Engenharia Agrícola, 1**).

MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, A. B.; NOBRE, J. G. A.; LIMA, A. D.; ALBUQUERQUE, A. H. P. Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da mamoneira variedade IAC Guarani. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v. 4, n. 4, p. 449-455, 2009.

MOREIRA, MAURICIO ALVES; ANGULO FILHO, RUBENS; RUDORFF, BERNARDO FRIEDRICH THEODOR. Eficiência do uso da radiação e índice de colheita em trigo submetido a estresse hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 3, Piracicaba-SP. 1999.

NAMIKI, M. The chemistry and physiological functions of sesame. **Food Reviews International**, Madison (USA), v. 11, n. 2, p. 281-329, 1995.

NASCIMENTO, J. J. V. R. DO; SOUSA, J. S. C. DE; REBEQUI, A. M.; AZEVEDO, C. A. V. DE; ALVES, G. DA S. Efeito de lâminas de irrigação sobre componentes de produção do gergelim em ambiente protegido. Congresso Brasileiro de Mamona, 4 & Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 1102-1107, 2010.

OLIVEIRA, A. P.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; BRUNO, G. B. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Revista Brasileira de Sementes, Brasília**, v. 22, n. 2, p. 102-108, 2000.

OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R. S. et al. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba, SP: **Potafos**, 1996. p. 169 – 221.

OXFORD Instruments. Oxford MQA 7000 Séries: **manual de operações**. São Paulo, 2007. 46p. Paper, 56).

PAZ, V.; VERA, A.; PÁEZ, A. Distribución de biomasa de *Barleria lupulina* Lindl. en respuesta a tres regímenes de riego. **Revista de la Faculdade de Agronomia (LUZ)**, n. 20, p. 273-281, 2003.

PEIXOTO, A. R. Gergelim ou sésamo. In: *Plantas oleaginosas herbáceas*. São Paulo: **Nobel**, p. 63-71, 1972.

PEREIRA, J. R.; SILVA, C. A. da; VASCONCELOS, R. A. de; ARAUJO, W. P.; LIMA, F. V. de; ARRIEL, N. H. C.; ARAUJO, G. P.; CARVALHO JÚNIOR, G. S. de. Configurações de Plantio para o Gergelim Irrigado de Alta Tecnologia. Congresso Brasileiro de Mamona, 4 & Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 1242-1247, 2010.

PEREIRA, R. A.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PEREIRA, V. C.; AMABILE, R. F.; ARRIEL, N. H. C., BARBOSA, F. DE S.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.. Avaliação de Genótipos de Gergelim no Cerrado do Distrito Federal. Simpósio Nacional do Cerrado, IX & Simpósio Internacional Savanas Tropicais, II. 2008. **ParlaMundi**, Brasília, DF. 2008.

PINTO, CIRO DE MIRANDA. **Respostas morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica**. Fortaleza, 2006. 80 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Fitotecnia. Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia. Universidade Federal do Ceará.

PRADO, R. DE M.; SANTOS, V. H. G.; GONDIM, A. R. DE O.; ALVES, A. U.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 19-30, 2011.

QUEIROGA, V. DE P.; GONDIM, T. M. DE S.; FIRMINO, P. DE T.; SILVA, A. C.; QUEIROGA, D. A. N. **Colheita manual e diferentes formas de aproveitamento**

de grãos de gergelim. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista-RR. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 4, n. 2, p. 110-117. 2010.

QUEIROGA, V. de P.; SILVA, O. R. R. F. **Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 142p. (Embrapa Algodão. Documentos, 203).

QUEIROGA, V.P.; SILVA, O.R.R.F. **Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 142p. (Embrapa Algodão. **Documentos, 203**).

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 3, p. 171-175, 1967.

RANDALL, E.L. Improved method for fat and oil analysis by a new process of extraction. **Journal of AOAC**, Washington, v. 57, n. 5, p. 1165, 1974.

RICCI, A. B.; GROTH, D.; LAGO, A. A. Densidade de plantas, secagem e produção de sementes de gergelim cv. IAC-CHINA. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p. 82-86, 1999.

ROCHA, F. da.G.D. **Relações hídricas, crescimento de plantas e estratificação do sistema radicular em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica na fase vegetativa.** Fortaleza. 2001, 60 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará.

SÁ SOBRINHO, A. F. de. **Efeitos da deficiência hídrica sobre a floração, crescimento vegetativo da raiz e parte aérea em cultivares de amendoim.** Fortaleza. 1988, 61 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará.

SALEHUZZAMAN, M.; PASHA, M.K. Effects of high and low temperature on the germination of the seeds of .ax and sesame. **Indian Journal Agricultural**, v. 49, n. 4, p. 260-261, 1979.

SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. O cultivo do mamão. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 105 p. (**Circular Técnica, 34**).

SANTOS, C. J. L.; MENEZES, J. F. S.; GONÇALVES JÚNIOR, D.; GONÇALVES, M. E. M. P.; SILVA, T. R. **Produção de massa seca da parte aérea e de raízes da soja adubada com dejetos líquidos de suínos**. In: I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais - Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante. Florianópolis, SC – Brasil. 2009.

SANTOS, J.R.M. Irrigar é preciso. **Agroanalysis**, Rio e Janeiro, v. 18, n. 3, p. 34-36. 1998.

SANTOS, M. DA S.; BARROS, H. M. M.; MARTINS, E. S. C. DA S.; SAMPAIO, M. V.; LIMA, V. L. A. DE; BELTRÃO, N. E. DE M. E SAMPAIO, F. M. A. DE S.. Irrigação com efluente do reator UASB em duas cultivares de gergelim no Semiárido Paraibano. **Rev. Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.4, n.1, p.27–30, mar. 2010.

SANTOS, M. DA S.; LIMA, V. L. A. DE; BELTRÃO, N. E. DE M.; BARROS, H. M. M.; SAMPAIO, M. V.; MARTINS, E. S. C. DA S. Produção de gergelim sob irrigação com água residuária tratada e adubação com torta de mamona. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 4, n. 1, p. 31-35, 2010.

SARMENTO, C. M. P. **Extração supercrítica de óleo de farelo de arroz e obtenção de frações enriquecidas em tocoferóis e tocotrienóis**. Florianópolis, 2002. 110 p. Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, SC. Dissertação (Mestrado).

SCALOPPI, E.J.; FERRAZ, E.C. Dependência do crescimento das plantas ao regime de umidade do solo. **Anais...** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v. 35, p. 169-184, 1978.

SEARA (Fortaleza, CE). **Projeto de recuperação da cotonicultura**. Fortaleza, p. 27-32, 1989.

SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; FARIAS, V. A.; LIMA, C. L. D. **Análise do crescimento e fenologia do gergelim cultivar CNPA G4**. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, nº 6. p. 599-608. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do; SANTOS, J. W. dos. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v. 8, n.1, 2004.

SHEHU, H. E., EZEKIEL, C. S., KWARI, J. D.; SANDABE, M. K. Agronomic Efficiency of N, P and K Fertilization in sesame (*Sesamum indicum*) in Mubi Region, Adamawa State, Nigeria. Department of Crop Science, Adamawa State University. Mubi State, Nigeria. Department of Soil Science, University of Maiduguri. Borno State, Nigeria. **Nature and Science**. 2010.

SHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II. Desempenho e utilização de nitrogênio. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 1-9, 2000.

SILVA, A. A. **Potencialidade de recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens* fertilizada com cama de aviário e fontes minerais**. Uberlândia, 2005. 160 p. Dissertação (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade Federal de Uberlândia, MG.

SILVA, A. D. A. **Deficiência hídrica em cultivares de amendoim (*Arachis hypogae* L.)**. Fortaleza, 1986, 49 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará, CE.

SILVA, A. J. **Efeito residual das adubações orgânica e mineral na cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) em segundo ano de cultivo.** Areia, PB, 2006. Dissertação (Mestrado em manejo de solo e água), Programa de pós-graduação em manejo do solo e água, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. UFPB – Areia.

SILVA, L. C.; SANTOS, J. W. dos; VIEIRA, D. J.; BELTRÃO, N. E. de M.; ALVES, I.; JERÔNIMO, J. F. Um método simples para se estimar área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosa e Fibrosa**, Campina Grande, PB, v. 6, n. 1, p. 491-495, 2002.

SOUZA, J. G. de; BELTRÃO, N. E. de M. Fisiologia. In: BELTRÃO, N. E. de M. Org. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, v. 1, p. 89-116, 1999.

SOUZA, J. G. de; BELTRÃO, N. E. M.; SANTOS, J. W. dos S. Fisiologia e produtividade do gergelim em solo com deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 163-169, 2000.

SOUZA, N. C. dos S. DE; SILVA, V.; LIMA, J. F. DE; PEIXOTO, C. P.; SANTIAGO, A. N.; BORGES, V. P.; MACHADO, G. da S.; NASCIMENTO, A. C.; CEDRAZ, K. de A.; SILVA, L. D. da. Índice de Área Foliar e Taxa de Crescimento de Cinco Cultivares de Mamoneira (*Ricinus Communis* L.) no Recôncavo Baiano. Congresso Brasileiro de Mamona, 3: Energia e Ricinoquímica, 2008, Salvador - BA. **Anais (CD)**... Salvador: Embrapa Algodão, 2008.

STAUFFER, M. D; SULEWISKI, G. Fósforo essencial para a vida. Anais... In: **SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA**. 2003. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p.1-11.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2ª ed. Sunderland: Sinaner Associates, 2002.

VIANA, ELOISE MELLO. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrogênio em plantas de trigo**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, Dissertação (Mestrado). 95 p. 2007.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.4, p.101-144, 1952.

WEISS. E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 660 p.

WOLFE, D.W.; FERERES, E.; VOSS, R.E. Growth and yield of two potato cultivars to various levels of applied water. **Irrigation Science**, Berlin, v. 3, p. 211-222, 1983.

WRIGHT, J. L.; STARK, J.C. Potato. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D.R. (Eds.). Irrigation of agricultural crops. Madison, **American Society Agronomy**, p. 859-888, 1990.

YASUHARA T., NOKIHARA K. High-throughput analysis of total nitrogen content that replaces the classic Kjeldahl method. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 49, p. 4581-4583, 2001.

YOSHIDA, H. Composition and quality characteristics of sesame seed (*Sesamum indicum*) oil roasted at different temperatures in an electric oven. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken (USA), v. 65, n. 3, p. 331-336, 1994.