

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE DOUTORADO TEMÁTICO
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

**OTIMIZAÇÃO DO USO DE ÁGUA E NITROGÊNIO NO
CULTIVO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO
NA REGIÃO OESTE DA BAHIA**

SERGIO BATISTA ASSIS VIANA

Orientadores:

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi
Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes

CAMPINA GRANDE
Estado da Paraíba - Brasil
Setembro - 2005

SERGIO BATISTA ASSIS VIANA

OTIMIZAÇÃO DO USO DE ÁGUA E NITROGÊNIO NO
CULTIVO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO
NA REGIÃO OESTE DA BAHIA

Área de concentração: Sistema Água-Solo-Planta -Atmosfera
Linha de pesquisa: Manejo agrícola de solo e água

Orientadores:

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes

Tese apresentada ao Programa
Institucional de Doutorado
Temático em Recursos Naturais
da Universidade Federal de
Campina Grande, em
cumprimento às exigências para
obtenção do Título de Doutor.

CAMPINA GRANDE
Estado da Paraíba - Brasil
Setembro – 2005

SERGIO BATISTA ASSIS VIANA

**OTIMIZAÇÃO DO USO DE ÁGUA E NITROGÊNIO NO CULTIVO DO
ALGODOEIRO HERBÁCEO NA REGIÃO OESTE DA BAHIA**

APROVADA EM: 06/09/2005

BANCA EXAMINADORA

Dr. HANS RAJ GHEYI

Departamento de Engenharia Agrícola – DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia – CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES

Departamento de Engenharia Agrícola – DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia – CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO

Centro Nacional de Pesquisa do Algodão – CNPA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

Dr. LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE

Centro de Ciências Agrárias – CCA
Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Dr. JOSÉ DANTAS NETO

Departamento de Engenharia Agrícola – DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia – CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Dra. LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES

Departamento de Engenharia Agrícola – DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia – CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Em memória de meus avós “Marsílio Alves Viana e Anésia dos Santos”, exemplos de sabedoria.

Em memória dos entes “Luís Calbeiros Neto, Carlos Henrique e Marcelo dos Santos Brandão”.

MINHA HOMENAGEM

A minha mulher “Lívia”, que soube apoiar-me nos momentos difíceis durante o transcurso deste trabalho, e à minha filha “Luana”

DEDICO

Aos meus pais “Raimundo e Josélia”, exemplos de dedicação para com os filhos, aos quais devo minha formação moral e intelectual, bem como, aos meus irmãos “Jaciara, Roger e Andréa”.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me fazer chegar todos os meios necessários à realização deste trabalho.

Ao FUNDEAGRO, EMBRAPA, EBDA e FUNDAÇÃO/BA, instituições participantes.

A Universidade do Estado da Bahia (UNEB) pelo apoio.

Ao Pesquisador da EMBRAPA-CNPQ, José Renato Cortez Bezerra, pela oportunidade de realização deste trabalho na Região Oeste da Bahia.

Ao grupo “Círculo Verde Assessoria Agrônômica” pela oportunidade de realização do trabalho na Fazenda Santa Cruz, e a esta fazenda.

Ao Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pela oportunidade concedida à realização deste curso.

Aos orientadores Dr. Pedro Dantas Fernandes e Dr. Hans Raj Gheyi, pelos ensinamentos dispensados durante o curso e redação deste trabalho, bem como, pela valiosa amizade.

Aos bolsistas de iniciação científica da UNEB, Manoel Nicolau de Souza Neto e André Marques, pela valiosa participação em todas as etapas do trabalho de campo.

Ao pessoal do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), em especial ao laboratorista Francisco, pelo auxílio dispensado.

Aos professores da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Dr. João Gil de Luna e M.Sc. José Wellington dos Santos, pela valiosa ajuda na definição das metodologias estatísticas a serem utilizadas nas análises.

Aos colegas da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S.A. (EBDA), Florício Pinto de Almeida, João Batista dos Santos e Jackson Almeida Tavares.

Aos amigos Frederico Antônio Loureiro Soares, Paulo Torres Carneiro e Luiz José Vieira de Melo, pelo apoio em todas as etapas do curso e aos colegas Paulo César de Moura, Claudio Uyeda, Eliezer... pelo proveitoso convívio.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE APÊNDICES	xii
LISTA DE ANEXO.....	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. ORIGEM, GENÓTIPOS E ASPECTOS GERAIS DA CULTURA.....	3
2.2. NECESSIDADES HÍDRICAS	5
2.3. ESTRESSE HÍDRICO	8
2.4. IRRIGAÇÃO E CRESCIMENTO, RENDIMENTO E QUALIDADE DE FIBRA DO ALGODÃO	12
2.5. NITROGÊNIO NA PLANTA	17
2.6. ADUBAÇÃO NITROGENADA E CRESCIMENTO, RENDIMENTO E QUALIDADE DE FIBRA	19
2.7. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE FIBRA DO ALGODÃO	27
2.8. FUNÇÃO DE PRODUÇÃO	30
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
3.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	32
3.2. ESPÉCIE E CULTIVAR	32
3.3. EXPERIMENTOS	33
3.4. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	33
3.5. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	34
3.6. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	35
3.7. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	36
3.8. PREPARO DO SOLO.....	37
3.9. PLANTIO	37
3.10. AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA	38
3.11. PRÁTICAS CULTURAIS.....	41
3.11.1. <i>Desbaste</i>	41
3.11.2. <i>Esquema de adubação</i>	41
3.11.2.1. Adubação no Experimento I.....	41
3.11.2.2. Adubação no Experimento II.....	42
3.11.3. <i>Controle fitossanitário</i>	42
3.11.4. <i>Controle de ervas daninhas</i>	43
3.11.5. <i>Aplicação de reguladores de crescimento e dessecadores</i>	43
3.12. ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO	43
3.13. IRRIGAÇÕES.....	45
3.14. AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO	48
3.14.1. <i>Avaliações não destrutivas</i>	48
3.14.2. <i>Avaliação destrutiva</i>	48
3.15. COLHEITA.....	49

3.16. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE FIBRA DO ALGODÃO	50
3.17. ANÁLISE FÍSICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO	51
3.17.1. <i>Modelo contendo um único fator como variável independente</i>	51
3.17.1.1. Definição dos pontos de máximo rendimento bruto e líquido	52
3.17.1.2. Receita líquida.....	52
3.17.2. <i>Modelo contendo dois fatores como variáveis independentes</i>	53
3.17.2.1. Definição dos pontos de máximo rendimento bruto e líquido	53
3.17.2.2. Receita líquida.....	53
3.17.2.3. Definição da região factível.....	54
3.17.2.4. Sequência para determinação da combinação de custo mínimo	54
3.17.2.5. Definição dos pontos N_m e N^* para L_1 a L_4 e L_m e L^* para N_1 a N_4	55
3.18. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1. EXPERIMENTO I.....	57
4.1.1. <i>Avaliação de crescimento e desenvolvimento</i>	57
4.1.1.1. Fitomassa aos 120 DAE	57
4.1.1.2. Número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF), área foliar (AF) e razão de área foliar/fitomassa foliar (RAFF) aos 120 DAE	59
4.1.1.3. Altura de planta (AL), número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC).....	62
4.1.2. <i>Rendimento de algodão em caroço</i>	66
4.1.3. <i>Características tecnológicas de fibra do algodão</i>	71
4.2. EXPERIMENTO II.....	74
4.2.1. <i>Avaliação de crescimento e desenvolvimento</i>	74
4.2.1.1. Fitomassa aos 120 DAE	74
4.2.1.2. Número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF), área foliar (AF) e razão de área foliar/fitomassa foliar (RAFF) aos 120 DAE	79
4.2.1.3. Altura de planta (AL), número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC).....	84
4.2.2. <i>Rendimento de algodão em caroço</i>	94
4.2.2.1. Efeito de lâmina.....	94
4.2.2.2. Efeito de nitrogênio	98
4.2.3. <i>Função de resposta de rendimento de algodão em caroço a água e nitrogênio</i>	101
4.2.4. <i>Características tecnológicas de fibra do algodão</i>	114
5. CONCLUSÕES	120
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
7. APÊNDICES.....	135
8. ANEXO	143

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização da Fazenda Santa Cruz na Região Oeste da Bahia.....32
- Figura 2. Esquema de instalação dos Experimentos I e II em campo (a); detalhamento das parcelas experimentais dos Experimentos 1 (b) e 2 (c). Barreiras, BA, 2004.....35
- Figura 3. Abertura dos sulcos de plantio (a); identificação das parcelas com plaquetas (b); semeadura manual (c) sulcos com adubo de fundação coberto e com as sementes distribuídas (d). Barreiras, BA, 2004.38
- Figura 4. Numeração dos coletores em ordem crescente a partir do ponto do pivô seguindo a crescente área que eles representam a partir da torre central (a); instalação dos coletores (b); pivô passando sobre os coletores (c); instalação do anemômetro (d) e mensuração do volume de água captado no coletor (e). Barreiras, BA, 2004.39
- Figura 5. Equação para determinação do ajuste do percentímetro do pivô para uma dada lâmina que se pretende aplicar (a) e tempo para irrigar uma fatia (6 ha) experimental ($T_{i\text{fatia}}$), em função do ajuste do percentímetro (b). Barreiras, BA, 2004.40
- Figura 6. Estação climatológica automática ISIS[®], da empresa “Squintter do Brasil”, utilizada na tomada de dados de pluviosidade e temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar. Barreiras, BA, 2004.....44
- Figura 7. Curva de coeficiente de cultivo (kc) adotada no manejo da irrigação em função dos dias após a emergência das plântulas (DAE). Barreiras, BA, 2004.....45
- Figura 8. Esquema de distribuição dos coletores em cada lâmina (a); bateria de coletores para monitoramento da lâmina aplicada em cada irrigação (b); bandeiras de sinalização das divisas entre tratamentos de lâmina, instaladas na extremidade da área irrigada (c); visualização da chegada do pivô à bandeira de sinalização através de binóculo (d). Barreiras, BA, 2004.47
- Figura 9. Fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA) (a), fitomassa das folhas (FF) e caule (FC) (b), fitomassa reprodutiva (FR) (c) e partição da fitomassa da parte aérea (d) do algodoeiro herbáceo, cv. Deltapine Acala 90, aos 120 dias após a emergência (DAE), em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.59
- Figura 10. Número de folhas (NF) (a); comprimento médio de folhas (CMF) (b); área foliar (AF) (c) e razão de AF/fitomassa foliar (RAFF) (d) do algodoeiro, cv. Deltapine Acala 90, em função da lâmina de água, aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.62
- Figura 11. Curvas de evolução de altura (AL) do algodoeiro herbáceo, cv Deltapine Acala 90, para os quatro tratamentos de lâmina estudados (L_1 a L_4 , respectivamente 403, 500, 601 e 678 mm) em função dos dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.64
- Figura 12. Altura de plantas (AL) (a); número de entrenós (NE) (b); diâmetro de colo (DC) (c) do algodoeiro herbáceo, cv. Deltapine Acala 90, em função da lâmina de água, aos 160 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.66
- Figura 13. Rendimento do algodão em caroço (REND) obtido em função da lâmina de água (irrigação + Precipitação efetiva^a). Barreiras, BA, 2004.^a= 49,7 mm.69
- Figura 14. Curvas simuladas para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) em função do custo da água, para o manejo cultural da fazenda e remuneração de algodão em caroço (P_z) variando entre R\$ 0,9 a 1,6.kg⁻¹. Barreiras, BA, 2004.....70
- Figura 15. Fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA) (a), fitomassa das folhas (FF) (b) e de caule (FC), fitomassa reprodutiva (FR) (c) e partição da fitomassa da parte aérea (d) do algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, em função da lâmina de água até 120 dias após a emergência (DAE) e,

- FVPA (e), FF (f), FR (g) e partição da fitomassa da parte aérea (h), em função da dose de nitrogênio, aos 120 DAE. Barreiras, BA, 2004. 78
- Figura 16. Número de folhas (NF) (a); comprimento médio de folhas (CMF) (b); área foliar (AF) (c) e razão área foliar/fitomassa foliar (RAFF) (d) do algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, em função da lâmina de água até 120 dias após a emergência (DAE) e NF (e), CMF (f), AF (g) e RAFF (h) em função da dose de nitrogênio aos 120 DAE. Barreiras, BA, 2004..... 83
- Figura 17. Curvas de evolução de altura de plantas (AL) para as quatro lâminas de água (L_1 a L_4 , respectivamente 403, 500, 601 e 678 mm) (a) e para as quatro doses de nitrogênio estudadas (N_1 a N_4 , respectivamente 108, 168, 238 e 308 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N) (b), em função dos dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004. 86
- Figura 18. Altura de plantas (AL) (a,b); número de entrenós (NE) (c,d) e diâmetro de colo (DC) (e,f) do algodoeiro herbáceo, cv. Deltapine Acala 90, respectivamente em função da lâmina de água e da dose de nitrogênio, aos 160 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004. 93
- Figura 19. Rendimento do algodão em caroço (REND) obtido em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004..... 96
- Figura 20. Rendimento do algodão em caroço (REND) em função da quantidade de nitrogênio. Barreiras, BA, 2004..... 100
- Figura 21. Superfície de resposta de rendimento de algodão em caroço (REND), cv. Acala 90, em função da lâmina de água (L) e dose de nitrogênio (N). Barreiras, BA, 2004..... 104
- Figura 22. Superfície de resposta de rendimento de algodão em caroço, cv. Acala 90, em função da lâmina (irrigação + precipitação efetiva) e N; faixa de produção racional (- - -); ponto de máxima receita bruta (*) e líquida (*) para $C_L/P_Z=0,3$ e $C_N/P_Z=1,92$ ($C_L = \text{R}\$. \text{mm}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$; $C_N = \text{R}\$. \text{kg}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N; $P_Z = \text{R}\$. \text{kg}^{-1}$ de algodão); combinação de custo mínimo (*) para produções entre 4600 e 5500 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e relação $C_L/C_N=0,16$ e, intervalo de lâminas e doses de N estudadas (- - -). Barreiras, BA, 2004. 107
- Figura 23. Superfície de resposta para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) (a) e da dose de nitrogênio ótima econômica (N^*) (b) em função do custo da água e do nitrogênio para preço do algodão em caroço (P_Z) de $\text{R}\$ 0,9\cdot\text{kg}^{-1}$. Barreiras, BA, 2004..... 108
- Figura 24. Superfície de resposta para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) (a) e da dose de nitrogênio ótima econômica (N^*) (b) em função do custo da água e do nitrogênio para preço do algodão em caroço (P_Z) de $\text{R}\$ 1,0\cdot\text{kg}^{-1}$. Barreiras, BA, 2004..... 109
- Figura 25. Superfície de resposta para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) (a) e da dose de nitrogênio ótima econômica (N^*) (b) em função do custo da água e do nitrogênio para preço do algodão em caroço (P_Z) de $\text{R}\$ 1,2\cdot\text{kg}^{-1}$. Barreiras, BA, 2004..... 110
- Figura 26. Superfície de resposta para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) (a) e da dose de nitrogênio ótima econômica (N^*) (b) em função do custo da água e do nitrogênio para preço do algodão em caroço (P_Z) de $\text{R}\$ 1,4\cdot\text{kg}^{-1}$. Barreiras, BA, 2004..... 111
- Figura 27. Índice de micronaire (Mic) em função da dose de nitrogênio (N). Barreiras, BA, 2004. 119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características tecnológicas da fibra e fio da cultivar Deltapine Acala 90.....	33
Tabela 2. Conjuntos de tratamentos estudados. Barreiras, BA, 2004.....	34
Tabela 3. Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental na camada 0-40cm. Barreiras, BA, 2004.	36
Tabela 4. Caracterização química do solo da área experimental na camada 0-40 cm. Barreiras, BA, 2004.	36
Tabela 5. Caracterização química da água utilizada para irrigação. Barreiras, BA, 2004.....	36
Tabela 6. Resumo de ANOVA de regressão e médias para fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA), de folhas (FF), caule (FC) e fitomassa reprodutiva (FR), aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.	58
Tabela 7. Resumo de ANOVA de regressão e médias para número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF) e área foliar (AF), aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.	61
Tabela 8. Resumo de ANOVA de regressão quadrática para área foliar aos 120 dias após a emergência em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.....	62
Tabela 9. Modelos de evolução de altura de plantas (AL) em função dos dias após a emergência (DAE) para as quatro lâminas estudadas (L_1 a L_4 , frações da evapotranspiração da cultura – ETc). Barreiras, BA, 2004.	65
Tabela 10. Resumo de ANOVA de regressão e médias para altura de plantas (AL), número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC) aos 160 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004... 65	65
Tabela 11. Resumo de ANOVA de regressão quadrática para diâmetro de colo aos 160 dias após a emergência em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.....	66
Tabela 12. Resumo de ANOVA de regressão e médias para rendimento de algodão em caroço (REND) e em função da lâmina (Irrigação + Precipitação efetiva ^a). Barreiras, BA, 2004.	68
Tabela 13. Resumo de ANOVA de regressão quadrática para rendimento de algodão em caroço em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.....	69
Tabela 14. Análise econômica para as lâminas (L) que maximizam o rendimento físico (L_m), a receita líquida (L^*) para relação “ $C_L/P_z=0,3$ ”, e para o manejo de água do produtor (L_p). Barreiras, BA, 2004.....	69
Tabela 15. Resumo de ANOVA de regressão e médias de índice de micronaire (Mic), maturidade (Mat), comprimento de fibra (Len), uniformidade (Unf), índice de fibras curtas (SFI), resistência (Str), alongação (Elg), grau de reflexão (Rd) e grau de amarelamento (+b), em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.....	73
Tabela 16. Resumo de ANOVA e médias de fitomassa vegetativa (FVPA) do caule (FC), das folhas (FF) e reprodutiva (FR) aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.	77
Tabela 17. Resumo de ANOVA e médias para número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF) e área foliar (AF), aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.....	82

Tabela 18. Modelos de evolução de altura de plantas (AL) para as quatro lâminas (L_1 a L_4 , frações da evapotranspiração da cultura, ETc) e as quatro doses de nitrogênio estudadas (N_1 a N_4), em função dos dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.	87
Tabela 19. Resumo de ANOVA e médias de altura de plantas (AL), número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC) aos 160 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.	90
Tabela 20. Desdobramento da interação lâmina de água (L) e nitrogênio (N) para número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC) do algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, respectivamente aos 140 e 160 dias após a emergência. Barreiras, BA, 2004.	91
Tabela 21. Médias para o desdobramento da interação lâmina de água (L) e nitrogênio (N) para número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC) do algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, respectivamente aos 140 e 160 dias após a emergência. Barreiras, BA, 2004.	92
Tabela 22. Resumo de ANOVA e médias para rendimento de algodão em caroço (REND). Barreiras, BA, 2004.	95
Tabela 23. Resumo de ANOVA de regressão quadrática para rendimento de algodão em caroço. Barreiras, BA, 2004.	96
Tabela 24. Análise econômica para as lâminas (L) que maximizam o rendimento físico (L_m), a receita líquida (L^*) para relação $C_L/P_Z=0,3$, e para as lâminas correspondentes aos tratamentos L_1 a L_4 . Barreiras, BA, 2004.	97
Tabela 25. Análise econômica para as doses de nitrogênio (N) que maximizam o rendimento físico (N_m), a receita líquida (N^*) para relação $C_N/P_Z=1,92$, e as doses de N correspondentes aos tratamentos N_1 a N_4 . Barreiras, BA, 2004.	101
Tabela 26. Função de produção água-nitrogênio para o algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, coeficiente de determinação, termos do modelo e seus respectivos valores F e probabilidades de significâncias pelo Teste F. Barreiras, BA, 2004.	103
Tabela 27. Análise econômica para as combinações de lâminas (L) e doses de nitrogênio (N) que resultam em máxima receita bruta (L_m e N_m), líquida (L^* e N^*) (para $C_L/P_Z=0,3$ e $C_N/P_Z=1,92$), combinação “L e N” utilizada pelo produtor (L_p e N_p) e, combinação de custo mínimo para rendimento do produtor (A) (para $C_L/C_N=0,16$), dose de N que maximiza a receita líquida para a lâmina do produtor (B) (para $C_N/P_Z=1,92$) e lâmina de água que maximiza a receita líquida para a dose de N do produtor (C) (para $C_L/P_Z=0,3$). Barreiras, BA, 2004.	103
Tabela 28. Combinações de lâminas de água (L) e doses de nitrogênio (N) que resultam em custo mínimo para produções de algodão em caroço de 4600 a 5500 kg.ha ⁻¹ e relação “ $C_L/C_N=0,16$ ”. Barreiras, BA, 2004.	105
Tabela 29. Rendimentos de algodão em caroço (Z), custos ^a e receitas para as lâminas de água que maximizam a receita bruta (L_m) e a líquida (L^* - para $C_L/P_Z=0,3$) para cada nível do fator nitrogênio (N_1 a N_4) e, para as doses de nitrogênio que maximizam a receita bruta (N_m) e a líquida (N^* - para $C_N/P_Z=1,92$) em cada nível do fator lâmina (L_1 a L_4). Barreiras, BA, 2004.	113
Tabela 30. Resumo de ANOVA e médias para índice de micronaire (Mic), maturidade (Mat), comprimento de fibra (Len), uniformidade (Unf), índice de fibras curtas (SFI), resistência (Str), alongação (Elg), grau de reflexão (Rd) e grau de amarelo (+b). Barreiras, BA, 2004.	118

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 1. Equipamento pivô central fixo Valmatic® (a); conjunto motobomba (b); ponto do pivô (c); painel central de comando (d) e emissor Fabrimar tipo difusor (e). Barreiras, BA, 2004. ... 135
- Apêndice 2. Distribuição de lâminas coletadas ao longo da tubulação lateral para ajuste do percentímetro a 100%. Barreiras, BA, 2004. 136
- Apêndice 3. Distribuição de lâminas coletadas ao longo da tubulação lateral para ajuste do percentímetro a 65%. Barreiras, BA, 2004. 136
- Apêndice 4. Distribuição de lâminas coletadas ao longo da tubulação lateral para ajuste do percentímetro a 50%. Barreiras, BA, 2004. 137
- Apêndice 5. Distribuição de lâminas coletadas ao longo da tubulação lateral para ajuste do percentímetro a 25%. Barreiras, BA, 2004. 137
- Apêndice 6. Histórico das aplicações para controle fitossanitário. Barreiras, BA, 2004. 138
- Apêndice 7. Aplicações de reguladores de crescimento e dessecante. Barreiras, BA, 2004. 139
- Apêndice 8. Etiqueta de identificação das plantas (a); mensuração de diâmetro de colo com auxílio de paquímetro de precisão (b) e mensuração da altura da planta mediante trena milimetrada (c). Barreiras, BA, 2004. 139
- Apêndice 9. Visualização da parcela útil colhida (a); identificação dupla (dentro e fora dos sacos de pano) dos fardos de algodão colhidos na parcela (b) e visualização dos fardos colhidos na lâmina L₁ (0,75ETc) dispostos na cabeceira do ensaio (c). Barreiras, BA, 2004. 140
- Apêndice 10. Curvas de receita bruta (RB) (—) e líquida (RL) (—), em função da lâmina total efetiva de água (L) para: **(i)** manejo de adubação da fazenda (212, 236, e 117 kg.ha⁻¹ de N, K₂O e P₂O₅, respectivamente); **(ii)** custo de R\$ 0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ (C_L) e preço de R\$1,2.kg⁻¹ de algodão em caroço (P_z); **(iii)** custo de colheita = R\$ 0,076.kg⁻¹ x Z (C_c - R\$.ha⁻¹; **Z** – rendimento de algodão em caroço, kg.ha⁻¹) e **(iv)** C₀ = R\$ 4.284,6.ha⁻¹ (C₀ - custos, excetuando-se os de colheita, C_c, e os relacionados com água^a. P_{máx} – ponto de máxima para curva de RB (x) e RL (x). ^a = (L - 49,7mm de precipitação efetiva) x C_L. Custo total = C₀+C_c+^a. Barreiras, BA, 2004. 141
- Apêndice 11. Superfície de resposta de receita líquida (**RL=R\$.ha⁻¹**) para: **(i)** manejo de adubação P e K do Experimento II (177 e 209 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O); **(ii)** custos unitários de R\$0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ (C_L), R\$ 2,3.kg⁻¹.ha⁻¹ de N (C_N) e preço de R\$1,2.kg⁻¹ de algodão em caroço (P_z); **(iii)** custo de colheita = R\$ 0,076.kg⁻¹ x Z (C_c - R\$.ha⁻¹; **Z** – rendimento de algodão em caroço, kg.ha⁻¹) e **(iv)** C₀ = R\$ 3.865,0.ha⁻¹ (C₀ - custos de produção excetuando-se os de colheita, C_c, e os com L^a e N^b). Combinação de L e N para máxima a **RL** (*) e o **Z** (*). ^a = (L - 49,7mm de precip. efetiva) x C_L; ^b = N x C_N. Custo total= C₀+C_c+^a+^b. Barreiras, BA, 2004. 142

LISTA DE ANEXO

- Anexo 1. Irradiância solar no topo da atmosfera (Q₀), expressa em mm/dia (para o 15° dia de cada mês) para latitudes do Hemisfério Sul. 143

OTIMIZAÇÃO DO USO DE ÁGUA E NITROGÊNIO NO CULTIVO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO NA REGIÃO OESTE DA BAHIA

RESUMO

A cotonicultura vem se expandindo no Oeste da Bahia, carecendo de base técnico-científica a partir de trabalhos de pesquisa para melhorar a orientação aos produtores. Visando contribuir com o desenvolvimento da região, este trabalho foi realizado na Fazenda Santa Cruz, localizada em Barreiras, BA, de coordenadas 12° 03' 09" de latitude Sul, 44° 57' 46,6" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich, altitude de 660 m, durante os meses de março a setembro de 2004. A pesquisa constou de dois experimentos em que avaliaram-se o crescimento, o rendimento e características tecnológicas de fibra do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.), cultivar Deltapine Acala 90, em função de lâminas de água (Experimento I) e da interação entre lâmina e doses de nitrogênio (Experimento II), sob pivô central, num Latossolo Amarelo, classe areia franca. Os tratamentos de lâminas estudados foram 0,75, 0,90, 1,05 e 1,2 da evapotranspiração da cultura (ETc) (L₁ a L₄) e os níveis de N variaram de 108, 168, 238 e 308 kg.ha⁻¹ (N₁ a N₄). As variáveis de crescimento constaram de: fitomassa reprodutiva (FR), fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA) e suas partições, fitomassa de caule (FC) e folhas (FF) e, número de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento médio de folhas (CMF) e razão de AF/FF (RAFF) aos 120 dias da emergência (DAE), além de altura (AL), número de entrenós (NE) e diâmetro de caule (DC) aos 160 DAE. Avaliaram-se, ainda, os efeitos dos tratamentos sobre as características tecnológicas de fibra do algodão e sobre o rendimento físico e econômico da produção, considerando-se: custo do N de R\$ 2,3.kg⁻¹ (C_N), da água de R\$ 0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ (C_L) e preço de venda de algodão (caroço) de R\$ 1,2.kg⁻¹ (P_Z). Concluiu-se que o crescimento, aos 120 DAE, é otimizado na faixa de lâmina de água (até 120 DAE) entre 441 e 477 mm, e com níveis de N superiores a 270 kg.ha⁻¹; o crescimento em altura, aos 160 dias, tem faixa ótima entre 622 e 655 mm de água e 298 kg.ha⁻¹ de N; o efeito dos fatores sobre o DC é interativo; a função de produção obtida para o algodoeiro, sob o manejo de adubação da fazenda (212, 117 e 236 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente), tem ponto de máxima em 671 mm, com rendimento de algodão em caroço (Z) de 5.522,8 kg.ha⁻¹, mas a lâmina econômica (L*) é de 656,5 mm para a relação 'C_L/P_Z=0,3'; o Z obtido com L* é 352,34 kg.ha⁻¹, superior ao obtido sob o manejo de água da fazenda, resultando em adicional de receita líquida de 25,82%; a combinação ótima econômica de água e N para as relações 'C_L/P_Z = 0,3' e 'C_N/P_Z = 1,92' e níveis de adubação P e K utilizados no Experimento II (177 e 209 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O) é de 631 mm de água e 287 kg.ha⁻¹ de N, com Z de 5.581,82 kg.ha⁻¹. As características tecnológicas de fibra variaram pouco com os tratamentos e, independente da lâmina ou dose de N estudadas, atendem às exigências da indústria têxtil nacional.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração, fitomassa, lâmina, *Gossypium hirsutum*.

OTIMIZATION OF THE USE OF WATER AND NITROGEN IN THE HERBACEOUS COTTON CROP IN THE WESTERN BAHIA

ABSTRACT

Cotton cultivation is expanding in the western part of Bahia and needs technical-scientific research base to improve the orientation to the producers. Seeking to contribute for the development in the area, this work was accomplished at Santa Cruz Farm, located in Barreiras-BA (coordinates 12°03'09" of latitude South, 44°57'46,6" of longitude West of the meridian of Greenwich, altitude of 660 m) during March to September of 2004. The research consisted of two experiments where the growth, the financial returns and technological characteristics of fiber of the herbaceous cotton (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) cultivar Deltapine Acala 90, as function of water depth (Experiment I) and of interaction between water depths and doses of nitrogen (Experiment II) were evaluated, under central pivot, in a Yellow Latosol, loamy sand. The treatments of depths of water studied were 0.75, 0.90, 1.05 and 1.20 of the evapotranspiration of the crop (ETc) (L_1 to L_4) and the levels of N were 108, 168, 238 and 308 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (N_1 to N_4). The growth variables consisted of: reproductive phytomass (FR), vegetative phytomass of the aerial parts (FVPA) and its partitions, phytomass of stem (FC) and leaves (FF), number of leaves (NF), leaf area (AF) and mean length of leaves (CMF) at 120 days after emergence (DAE) and height (AL), number of internodes (NE) and stem diameter (DC) at 160 DAE. Besides this the effects of the treatments on the technological characteristics of cotton fiber and physical and economical return of cotton were also evaluated, considering: cost of nitrogen of $\text{R}\$ 2.3\cdot\text{kg}^{-1}$ (C_N), of the water of $\text{R}\$ 0.36\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ (C_L) and cotton price of $\text{R}\$ 1.2\cdot\text{kg}^{-1}$ (P_Z). The growth at 120 DAE optimized at water depth (up to 120 DAE) between 441 and 477 mm, and with N levels superior to 270 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; for the growth in height at 160 DAE the respective values were between 622 and 655 mm and the dose of 298 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of N; the effect of the factors on DC was interactive; the production function obtained for the cotton, under the fertilizer management of the farm (212, 117 and 236 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of N, P_2O_5 and K_2O , respectively), had the maximum point at water depth of 671 mm and production of 5,522.8 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of cotton, but the economical depth (L^*) was found to be 656.5 mm for the relationship: $C_L/P_Z=0.3$; Z obtained with L^* was 352.34 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ superior to that obtained under the water management of the farm, resulting in an additional net return of 25.82%; the optimal economical combination of water and nitrogen was 631 mm of the water and 287 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of N, with Z of 5,581.82 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, for the relationship $C_L/P_Z=0.3$ and $C_N/P_Z=1.92$ and fertilizer levels of P and K used in the Experiment II (177 and 209 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of P_2O_5 and K_2O). The technological characteristics of fiber varied little with the treatments and independent of the depth of water or N doses studied attend the requirements of the national textile industry.

KEY-WORDS: evapotranspiration, phytomass, depth water, *Gossypium hirsutum*.

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro é uma dicotiledônea da família malvácea. O gênero *Gossypium*, ao qual pertence, é bastante variado. Com distribuição em quase todos os países produtores de algodão, a espécie *Gossypium hirsutum*, representa mais de 90 % da produção mundial (Fuzatto, 1999). Suas fibras são responsáveis pelo vestuário de mais de 45 % da humanidade, apesar do grande avanço das fibras sintéticas (Beltrão, 1996).

Nas últimas décadas o Brasil passou da posição de grande exportador para importador de pluma (Barros e Santos, 1997) ocorrendo, entretanto, forte recuperação da produção nacional nos últimos anos, restabelecendo a condição de exportador. Na safra 1997/98 o país importou 334,4 mil toneladas de pluma, enquanto exportava apenas 3,1 mil toneladas; em 2005, a situação se inverteu e as exportações já atingem o patamar de 350 mil toneladas. A área atualmente cultivada é de 1.158,8 mil hectares, produzindo 1.392,3 mil toneladas de pluma, um incremento de 6% na produção em relação à safra anterior (CONAB, 2005).

O estado da Bahia é o segundo maior produtor nacional, com 316,1 mil toneladas de pluma na safra atual (CONAB, 2005). Dentro desse estado, a Região Oeste vem se destacando com uma área cultivada de 162 mil hectares na safra 2003/2004, segundo a AIBA (2004), registrando um acréscimo de 140% em relação à safra anterior; desta área cerca de 10% foram cultivados sob irrigação (16.537 ha), com rendimento médio de 4.500 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço. Na safra atual, a região deve colher 280 mil toneladas de pluma (88,6% da produção baiana), volume 38% maior que o da safra 2003/04, numa área de 205 mil hectares (FACUAL, 2005).

Na Região Oeste da Bahia predomina um modelo produtivo de alta tecnologia. As condições edafoclimáticas permitem a mecanização total da lavoura, devido à topografia plana, e a obtenção de uma fibra de alta qualidade; porém, o uso excessivo de insumos vem aumentando anualmente, afetando a rentabilidade financeira da atividade. Conforme a Associação dos Agricultores e Irrigantes da Bahia, o custo de produção na safra atual subiu cerca de 10% (FACUAL, 2005). Como se não bastasse, o preço do algodão vem caindo; segundo dados da CONAB (2005), o preço da arroba caiu 34% de junho de 2004 a junho de 2005. Neste contexto, é indispensável a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias que possam melhorar o sistema produtivo atual, através da otimização do uso de insumos, proporcionando aumento da produtividade e redução nos custos, ao mesmo tempo em que sejam minimizados os impactos ambientais.

Dentre os fatores de produção, a água e o nitrogênio são os que mais frequentemente limitam o rendimento das culturas (Frizzone, 1993). O nitrogênio é o nutriente que o algodoeiro retira do solo em maior proporção (Staut e Kurihara, 2001); entretanto, o potencial de resposta do algodoeiro à adubação nitrogenada depende de vários fatores e, dentre eles, a condição de falta ou excesso de água pode levar ao insucesso da adubação (Carvalho et al., 1984). O rendimento do algodão é fortemente determinado pela interação entre nitrogênio e água; quanto maior o nível em que um desses fatores é mantido, maior será o incremento de produtividade por aumento na quantidade do outro, até certo limite (Radin et al., 1985, e Halevy e Kramer, 1986). O conhecimento da função de resposta das culturas à água e ao nitrogênio permite a determinação dos limites, racionalizando o uso destes insumos.

O uso excessivo de água em irrigação e de adubação nitrogenada, além de reduzir a rentabilidade da cotonicultura, pode resultar em contaminação do aquífero freático. A Agência Nacional de Águas (ANA) tem forte preocupação com a contaminação e depleção dos aquíferos subterrâneos no Oeste da Bahia, afetando a vazão dos rios que fluem para o São Francisco. O nível de desperdício de água na irrigação por sistemas pivô central é espantoso, mais de 50% em alguns casos, elevando o consumo de energia elétrica e aumentando os riscos de contaminação do aquífero freático (Christofidis, 1999). Ressalta-se que na Região Oeste da Bahia são mais de 110.000 ha irrigados (BNDES/EMBRAPA, 2005) cujo principal sistema é o pivô central.

Estudos sobre os efeitos de lâminas (Nunes Filho et al., 1998; Yazar et al., 2002; Bezerra et al., 2004, etc), doses de nitrogênio (Lamas e Staut, 2001; Ferreira, 2003; Pereira et al., 2003; etc) e efeito conjunto destes fatores (Guerra e Iora, 1999) sobre o rendimento do algodoeiro têm sido realizados por vários autores, com cultivares distintas e solos e climas variados. Especificamente para o Oeste baiano, talvez em função do recente estabelecimento da cultura, não se constatou qualquer registro de estudos envolvendo os efeitos conjuntos de água e de nitrogênio sobre o rendimento desta cultura.

Considerando o exposto, objetivou-se, com o presente trabalho, determinar os níveis de aplicação de água e de nitrogênio adequados à cotonicultura irrigada na Região Oeste da Bahia, visando a otimização da rentabilidade econômica, contribuindo, assim, com a redução dos impactos ambientais da atividade, bem como avaliar o sistema de manejo de água e de nitrogênio, utilizado pelo produtor.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origem, genótipos e aspectos gerais da cultura

O algodoeiro herbáceo anual tem como centros de origem o México e a América Central (Carvalho et al., 2000). De acordo com Fuzatto (1999), o algodão é uma das culturas de maior importância na agricultura mundial, possui espécies arbustivas, mas, devido ao melhoramento genético, predominam, hoje, espécies herbáceas que favorecem o cultivo, a colheita e possuem excelente produtividade. As espécies tetraplóides, ou algodoeiro do Novo Mundo, são *Gossypium hirsutum* e *G. barbadense*, sendo que a primeira, conhecida por “Upland”, é responsável por mais de 90% da produção mundial.

Segundo Doorenbos e Kassam (2000), apesar de ser uma planta de dias curtos, o algodoeiro possui variedades neutras em relação à duração do dia; no entanto, o efeito do dia sobre a floração é influenciado pelas condições de temperatura; temperaturas ótimas para a germinação variam entre 18 e 30°C, com mínima de 14°C e máxima de 40°C. Ainda segundo esses autores, no crescimento vegetativo inicial, a temperatura deve ser superior a 20°C, tendo ótimo em 30°C; a formação dos botões e a floração são favorecidas por temperaturas diurnas superiores a 20°C e noturnas a 12°C, desde que não sejam superiores a 40°C e 27°C, respectivamente; a temperatura ótima para o desenvolvimento e manutenção das maçãs está entre 27 e 32°C, porém, mais que 38°C provoca redução nos rendimentos.

A faixa de temperatura ótima para a germinação, conforme Souza e Beltrão (1999), é de 25 a 30°C; na fase de crescimento vegetativo estes valores são de 27 a 32°C; a temperatura tem influência significativa também na formação dos botões florais e flores e, ainda, sobre o crescimento e desenvolvimento das maçãs. Temperaturas noturnas superiores a 25°C atrasam o florescimento, enquanto temperatura noturna baixa (20°C) combinada à temperatura diurna de 25°C, estimula o florescimento.

Fuzatto (1999) cita ser o ciclo do algodoeiro uma característica genética, embora seja fortemente influenciado pelas condições ambientais; apesar das diferenças decorrentes de genótipo e de condições ambientais, o algodoeiro herbáceo inicia o florescimento com cerca de 50 dias de idade, mantendo-o até os 120 dias ou mais, sendo que aos 70-80 dias ocorre o pico da curva de florescimento. Quanto ao período do ciclo, o mesmo autor classifica as cultivares de algodoeiro anual em: precoces (cerca de 130

dias), médias (140-160 dias) e tardias (acima de 170 dias). Para Doorenbos e Kassam (2000), o ciclo total dura em torno de 150 a 180 dias. A depender da temperatura e da variedade, necessita-se de 50 a 85 dias desde o plantio até a formação dos primeiros botões florais, mais 25 a 30 dias para formação de flores e mais 50 a 60 dias para abrir as flores e amadurecer as maçãs. As plântulas são drasticamente afetadas por ventos fortes e/ou frios; na maturação os ventos arrancam as fibras das maçãs abertas e/ou as sujam com poeira.

A despeito de a cultura ser relativamente tolerante a períodos curtos de encharcamento, chuvas intensas podem provocar acamamento de plântulas. De acordo com Souza et al. (1997), dependendo da fase fenológica e duração do estresse anoxítico, o algodoeiro herbáceo é considerado sensível à deficiência de oxigênio no solo. Segundo estes autores se o estresse anoxítico acontecer durante a fase de floração, podem ocorrer alterações fisiológicas como redução da atividade fotossintética e respiratória, resultando em decréscimo de rendimento.

Apesar de ser cultivado em uma ampla faixa de solos, os mais adequados são de textura média a pesada, profundos, e com boa retenção de água. Acidez e/ou compactação do subsolo limitam a penetração das raízes. O pH ideal é próximo de 7, porém, pode ser cultivado numa faixa de pH de 5,5 a 8. As necessidades de nutrientes do algodoeiro em condições irrigadas são de 100 a 180 kg.ha⁻¹ de N, 20 a 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 a 80 kg.ha⁻¹ de K₂O, para um rendimento de 4.000 a 5.000 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço (Doorenbos e Kassam, 2000). Para Carvalho et al. (1999), a faixa de pH ideal está entre 6,0 e 6,5. Conforme Vivancos (1989), a extração média de N, P₂O₅ e K₂O, para produção de 3.500 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço é de 209, 84 e 157 kg.ha⁻¹, respectivamente.

Cerca de 50% de todos os nutrientes são absorvidos no período que vai do florescimento à maturação; isto sugere que a formação do fruto do algodoeiro depende mais da absorção de nutrientes do solo que da sua redistribuição dentro das plantas (Malavolta et. al., 1974). Para Doorenbos e Kassam (2000), 66% dos nutrientes necessários são absorvidos nos primeiros 60 dias.

Frye e Kairuz (1990) relatam que a absorção de nutrientes é variável de acordo com a idade do algodoeiro. Na fase de estabelecimento das plantas há maior absorção de fósforo, magnésio, enxofre e ferro; na fase dos primeiros botões florais e formação das primeiras flores, o nitrogênio, o potássio, o cálcio e o enxofre são absorvidos em maior intensidade; já na fase de floração plena e de formação das primeiras maçãs, há

maior absorção de nitrogênio, fósforo potássio e cálcio, enquanto durante o período de maturação e abertura dos primeiros capulhos o fósforo, o potássio, o magnésio e o ferro são os elementos absorvidos em maior intensidade.

Para o início da temporada de crescimento, o nitrogênio deve estar plenamente disponível; as aplicações são feitas normalmente em duas vezes, sendo uma após a semeadura e a outra antes da floração; o fósforo deve ser aplicado antes da semeadura (Doorenbos e Kassam, 2000). Segundo Santana et al. (1986), um terço do nitrogênio deve ser aplicado na semeadura e os outros dois terços entre 30 e 35 dias após a emergência.

2.2. Necessidades hídricas

As necessidades hídricas das plantas são estimadas geralmente com base no processo da evapotranspiração. De acordo com Doorenbos e Kassam (2000), a evapotranspiração é um processo dinâmico e peculiar, sendo representada pelas perdas ocorridas na forma de vapor, através da superfície do solo (evaporação) e foliar (transpiração), com variações locais e espaciais provocadas pelas condições edafoclimáticas e pelo estágio de desenvolvimento da cultura.

Segundo Matzenauer (1999), a evapotranspiração de uma cultura, medida em um certo local, é função, basicamente, das condições meteorológicas que ocorram durante o desenvolvimento das plantas. De acordo com Bezerra et al. (1999), Barreto et al. (2003) e Barreto e Amaral (2004), a quantificação exata da necessidade de irrigação, em cada fase fenológica do algodoeiro, possibilita a economia de água, energia elétrica e mão-de-obra, reduzindo os custos de produção e o impacto ambiental.

Para o desenvolvimento, crescimento e produção satisfatórios do algodoeiro, necessita-se de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas, além de um manejo compatível com a sua capacidade de retirada de água na zona radicular, evitando-se déficit excessivo ou desperdício de água (Barreto et al., 2003).

O manejo da irrigação deve ser feito de modo a proporcionar à cultura, condições de disponibilidade hídrica que permitam a expressão do potencial genético de produtividade; sendo assim, são muito importantes a identificação do momento oportuno de aplicação de água e a quantificação da lâmina a ser aplicada, evitando que as plantas sofram por déficit ou excesso de água (Bezerra et al., 1999).

Apesar de ser uma cultura relativamente tolerante à seca, o algodoeiro pode ter seu rendimento sensivelmente reduzido quando ocorrem déficits severos de água (Krantz et al., 1976). De acordo com Doorenbos e Kassam (2000), nas condições de ETm de 5,0 a 6,0 mm.dia⁻¹, a absorção de água começa a diminuir quando o esgotamento da água no solo for maior que 65% da água disponível.

Avaliando o consumo hídrico do algodoeiro herbáceo no Ceará, cultivar BRS 201, durante o ciclo fenológico, Silva et al. (2003) obtiveram consumo total de 450,9 mm mensurados por lisímetro de drenagem e 517,1 mm quando estimado pela Razão de Bowen. De acordo com Doorenbos e Kassam (2000), a depender do clima e da duração do período total de crescimento, o algodoeiro necessita de 700 a 1300 mm de água, para suprir às suas necessidades hídricas.

Pereira et al. (1997) verificando o consumo de água nos cultivares Precoce 1 e CNPA 7H em casa de vegetação, a níveis de umidade disponível no solo (UD) de 63, 43, 23 e 3%, observaram que o consumo pelas plantas aumentou significativamente com o incremento dos níveis de UD, em todas as fases, sendo a evapotranspiração (ET) total, até os 98 dias após a emergência (DAE), de 948,46, 640,80, 355,19 e 124,84 mm, respectivamente (média de 501,12 e 533,52 mm, respectivamente para Precoce 1 e CNPA 7H). O menor consumo médio diário foi verificado na fase inicial (dos 0-36 DAE), com ET média de 1,58 e 1,66 mm.dia⁻¹ (consumindo 11 % do total do ciclo), crescendo no florescimento (dos 53-76 DAE), com ET média de 6,48 e 7,07 mm.dia⁻¹ (30 %) e, o maior consumo foi verificado na fase de formação da produção (77-98 DAE), com ET média de 10,53 e 11,21 mm.dia⁻¹ (consumindo 44 % do total do ciclo) para os cultivares Precoce 1 e CNPA 7H, respectivamente. O menor consumo da fase inicial foi atribuído ao lento desenvolvimento da fitomassa do algodoeiro, no estágio inicial. De acordo com os dados, houve tendência linear positiva dos níveis de umidade sobre o acúmulo de fitomassa seca da parte aérea.

Experimentando o uso consuntivo do algodoeiro herbáceo, cultivar SU-0450, nos meses de setembro a maio, em Barreiras, BA, Oliveira e Silva (1987) observaram um consumo médio de 4,4 mm.dia⁻¹, com mínimo de 2,4 mm.dia⁻¹, no início do crescimento das plantas e o máximo de 6,2 mm.dia⁻¹, no período de plena floração e frutificação da cultura. De acordo com Doorenbos e Kassam (2000), no começo do período vegetativo as necessidades hídricas da cultura são menores, correspondendo a aproximadamente 10% do total, aumentando, porém, durante o período da floração, momento em que a

área foliar atinge o seu máximo, consumindo o correspondente a 50 ou 60% do total. No entanto, no estágio posterior, o requerimento hídrico começa a reduzir.

Melo et al. (1999) registraram variação linear positiva do consumo de água e crescimento do algodoeiro conforme a disponibilidade de água no solo (AD), tendo o consumo hídrico e o acúmulo de fitomassa seca aumentado linearmente na base de 3,67 mm e 0,23 g/planta para cada unidade de água disponível acima do menor nível de AD estudado (10%). De acordo com os autores, no nível de 40% de AD (maior nível estudado) o consumo de água pelas plantas foi da ordem de 530,5 mm.

Azevedo et al. (1993) estudando o requerimento hídrico do algodoeiro herbáceo, cv CNPA precoce 1, em Souza, PB, utilizando-se de lisímetro de lençol constante, concluíram que o algodoeiro precoce apresentou taxa diária de consumo relativamente baixa, com máximo de 6,4 mm na fase de maior demanda (décima semana) e um consumo total de 440 mm (ciclo de 13 semanas), sob clima quente e sem restrição hídrica no solo. Os dados concordam com Rodrigues (2003) que relata um consumo de 450 mm medidos em lisímetro de drenagem, em Barbalha, CE, para a cv. BRS 201 e rendimento médio de 3.015 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço.

Em estudos de estimativa das necessidades hídricas do algodão no município de Barreiras, BA, Barreto et al. (2003) observaram que os meses de maiores demandas evapotranspirométricas vão de julho a outubro. Para um período de irrigação de 100 dias, iniciando nos primeiros dias de julho, tem-se uma evapotranspiração total de 431,9 mm assim distribuídos: Fase I (20 dias x 2,5 mm) = 50 mm; Fase II (11 dias x 3,3 mm) + (9 dias x 4,2 mm) = 74,10 mm; Fase III (22 dias x 5,4 mm) + (18 dias x 6,1 mm) = 228,6 mm; Fase IV (12 dias x 4,4 mm) + (8 dias x 3,3 mm) = 79,2mm. Os resultados concordam com os de Oliveira e Silva (1987), que reportam consumo médio de 4,4 mm.dia⁻¹ para o algodoeiro herbáceo cultivado também em Barreiras, BA. Para o município de Catalão, GO, segundo Barreto e Amaral (2004), o requerimento hídrico total estimado é de 376,5mm, sendo 34, 38,5, 227,6 e 76,4 mm, respectivamente para as fases I, II, III e IV, com período de irrigação de 100 dias.

De acordo com Doorenbos e Kassam (2000), os valores de coeficiente de cultivo (kc) para os estádios de desenvolvimento são: início, 0,4 a 0,5 (20 a 30 dias); estágio de desenvolvimento, 0,7 a 0,8 (40 a 50 dias); estágio intermediário, 1,05 a 1,25 (50 a 60 dias); fase final, 0,8 a 0,9 (40 a 55 dias) e, na colheita, 0,65 a 0,70. Segundo Yague e Roche (1990), o algodoeiro herbáceo tem kc inicial de 0,45, kc médio de 1,15 e kc final de 0,75. Estes coeficientes são bastante semelhantes aos encontrados por Azevedo et al.

(1993), em Souza, PB, cujos valores foram: 0,42 para a fase inicial (I); fase II crescimento contínuo do kc inicial ao kc da fase III; fase média (III) kc de 1,20 e, para a fase IV, decréscimo contínuo do kc da fase III até o kc final de 0,65. Para o município de Barreiras, BA, conforme Barreto et al. (2003), os coeficientes de cultivo para as fases fenológicas do algodoeiro herbáceo são: 0,53 para a fase I (5 a 20 dias após a semeadura – DAS); 0,69 para a fase II (20 a 40 DAS); 0,93 para a fase III (40 a 80 DAS); e 0,67 para a fase IV (80 a 100 DAS).

2.3. Estresse hídrico

Segundo Pires et al. (2001), a falta ou o excesso d'água afeta negativamente o crescimento, a sanidade e a produção das plantas, sendo o estresse hídrico fator limitante da produção agrícola; conforme estes autores o período crítico ao déficit hídrico no algodoeiro vai do início da floração até o início da maturação.

Estudando alterações fisiológicas no algodoeiro herbáceo colorido marrom submetido a estresse hídrico, Oliveira et al. (2003) evidenciaram que o algodoeiro foi sensível ao estresse hídrico, reduzindo a taxa fotossintética em mais de 25%, independente da natureza do agente estressor, déficit ou excesso de água, e de sua duração, entre três e seis dias. A taxa respiratória mitocondrial na condição de excesso de água no ambiente edáfico aumentou com o incremento da duração do estresse hídrico de três para seis dias, fato que não ocorreu na condição de estresse por déficit hídrico. Os teores de amido e de proteínas nas folhas não foram alterados pelo estresse hídrico por deficiência ou excesso.

Conforme Lima (2001), situações de deficiência hídrica e estresse osmótico provocam aumento tanto de etileno quanto de ácido abscísico – hormônios que participam dos processos de amadurecimento e envelhecimento, como queda de folhas e frutos. Segundo o autor, embora a relação entre estresse e metabolismo hormonal não seja bem conhecida; reconhece-se, que plantas submetidas a estresse mostram sintomas de envelhecimento precoce. De acordo com Rosolem (1999), a abscisão de estruturas reprodutivas é regulada pelo balanço entre açúcares no tecido e o teor de etileno.

Orgaz et al. (1991) e Oosterhuis (1999) afirmam que o ambiente pode aumentar tanto a abscisão foliar quanto a de frutos. Dos fatores ambientais que podem provocar a abscisão no algodoeiro, a deficiência hídrica no solo tem sido considerada um dos principais, sobretudo em condições de acentuado estresse às plantas. A disponibilidade

de água no solo afeta os processos fisiológicos das plantas e, conseqüentemente, o crescimento e o desenvolvimento (Nápoles et al., 1999a; Doorenbos e Kassam, 2000) através dos efeitos sobre o estado de água na planta, fotossíntese e expansão foliar (Wright e Nageswara Rao, 1994).

O estresse hídrico em determinadas fases fenológicas, pode comprometer o rendimento e a qualidade do produto (Nápoles et al., 1999b) e promover a queda de botões florais e maçãs jovens (Guinn e Mauney, 1984a,b). Segundo Luz et al. (1997, 1998), o estresse hídrico nas diferentes fases do desenvolvimento da cultura não chega a ocasionar prejuízos significativos sobre a qualidade de fibra.

Acredita-se que a floração/frutificação é o período mais sensível ao estresse hídrico (Espínola Sobrinho e Maia Neto, 1992; Luz et al., 1997); todavia, existe certa controvérsia a respeito do efeito da deficiência hídrica sobre a queda de estruturas reprodutivas, encontrando-se respostas diferentes em função de sua duração e severidade, bem como em relação à fase de desenvolvimento em que se encontra o cultivo, ao se aplicar o estresse. Pesquisadores (Guinn e Mauney, 1984a,b) têm verificado que o estresse hídrico reduz tanto a emissão de flores como a retenção de maçãs, mas outros autores observaram aumento na produção de flores, quando o cultivo foi submetido ao estresse hídrico (Kittock, 1979) o que pode estar associado, percentualmente, à menor queda de botões florais nos tratamentos com déficit de água que nos tratamentos bem irrigados (Radulovich, citado por Orgaz et al., 1991).

Estudando o comportamento do algodoeiro submetido à deficiência hídrica, Guinn e Mauney (1984b) citam que a retenção das maçãs foi elevada sob potencial hídrico foliar entre -1,4 e -1,9 MPa, mas diminuiu para potenciais inferiores a -1,9 MPa; a retenção das maçãs também diminuiu com o aumento da carga na planta. O efeito depreciativo do déficit hídrico sobre a produção deveu-se à redução no florescimento e retenção de maçãs.

Arruda et al. (2002) avaliando os efeitos de níveis de água disponível no solo (AD) (20, 40, 60 e 80%) no município de Areia, PB, sobre o algodoeiro herbáceo, cv. CNPA 7H, constataram que o número de botões florais, flores, maçãs e capulhos no algodoeiro reduziram-se, significativamente, com o aumento do estresse hídrico, porém a proporcionalidade entre a taxa de emissão/abscisão foi mantida, independente do nível de estresse aplicado. As menores médias de altura de plantas (34,5 cm), área foliar (633,05 cm²), fitomassa da parte aérea (9,04 g), número de botões florais (4,67), flores (3,50), maçãs (2,33) e capulhos (1,33) por planta, foram observadas no tratamento de

menor umidade disponível (20% de AD); os maiores valores (74,33 cm, 2.634,81 cm², 24,86 g, 9,67, 7,0, 6,0 e 4,3 unidades, por planta, respectivamente), foram obtidos com o tratamento de 60% da AD, havendo decréscimo destas variáveis no maior nível (80% da AD) a este. Pereira (1995) também observou redução da área foliar em duas cultivares de algodoeiro herbáceo, CNPA-7H e CNPA Precoce-1, como consequência de baixos níveis de umidade no solo.

A redução da umidade do solo cultivado é uma consequência natural da evapotranspiração (ET), sendo a ET necessária para o transporte de solutos das raízes para a parte aérea, além de manter a temperatura interna das plantas. No cerrado é comum certas camadas do solo alcançarem valores próximos ao ponto de murcha (PM) durante os “veranicos” freqüentes que ocorrem nos períodos chuvosos. Comumente ocorrem três, dois e/ou um veranico por ano com duração média de 8, 10 e 13 dias, os quais podem fazer o solo alcançar o PM até a profundidade de 40, 50 e 65 cm, respectivamente (Wolf, 1975, citado por Lopes e Guilherme, 1994). De acordo com Reichardt (1985), os solos arenosos e franco-argilosos do cerrado têm toda sua reserva de umidade disponível (água armazenada entre a capacidade de campo e o PM) para a planta esgotada até 100 cm de profundidade do perfil após 12 e 20 dias seguidos de déficit hídrico, respectivamente. Desse modo, as raízes do algodoeiro devem se desenvolver bem, ao menos, até 120 cm em solos arenosos e até 90 cm em solos de textura média a argilosa para que não haja impactos negativos dos veranicos.

O efeito de veranicos sobre a produtividade é grave quando coincide com o período de florescimento e enchimento das maçãs e de menor importância no período de crescimento vegetativo (Luz et al., 2002a). Os resultados de Luz et al. (1998) corroboram com esta afirmativa; estes autores estudaram o efeito do déficit hídrico, em diversas fases do ciclo do algodoeiro, cv. BR 1, e constataram que a imposição de estresse durante as fases de pré-floração e de floração/frutificação resultou em queda na produtividade de 48%, em relação à testemunha (irrigada em todas as fases). O tratamento irrigado apenas na fase de floração/frutificação produziu 2.590 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, resultando numa eficiência de uso de água de 0,92 kg.m⁻³ de água; este rendimento foi apenas 5% inferior ao rendimento alcançado pela testemunha (2.751 kg.ha⁻¹). Conforme os autores isto abre espaço para uma possível suspensão da irrigação na fase em que as plantas estejam com 4 folhas verdadeiras (20 a 25 dias após a emergência – DAE) até a iminência do florescimento (40-65 DAE), sem alterar significativamente a produção de pluma, reduzindo os custos de produção com água e hormônio de crescimento. Porém, para

Grimes e El-Zik (1990), o crescimento inicial da planta tem influência direta no restante do seu ciclo, havendo correlação altamente positiva entre o desenvolvimento da planta, à primeira flor, e a produção final.

Bezerra et al. (2002a) submeteram o algodoeiro herbáceo a estresse hídrico em diversas fases do ciclo (irrigação em todo o ciclo – T₁; estresse dos 30 aos 50 dias - T₂; dos 50 a 70 dias - T₃; dos 70 aos 90 dias – T₄; irrigação aos 40, 55 e 70 dias -T₅ e irrigação aos 55, 70 e 85 dias - T₆), com adubação de fundação de 30-90-60 kg.ha⁻¹ (N-P₂O₅-K₂O) e cobertura com 60 kg.ha⁻¹ de N, obtiveram os seguintes rendimentos de algodão em caroço: 2.278, 2.082, 1.514, 1.923, 1529, 2117 kg.ha⁻¹, respectivamente para T₁ a T₆. Concluíram que a cultura foi mais afetada pelo déficit de umidade no solo, durante a fase de floração (50 a 70 dias) e que, em caso de escassez de água, a irrigação pode ser manejada de forma a suprir as necessidades hídricas nas fases críticas.

Com respeito aos efeitos do déficit hídrico sobre as características tecnológicas da fibra do algodoeiro, Luz et al. (1997) e Luz et al. (1998), submetendo o algodoeiro a estresse hídrico em diversas fases do ciclo, não constataram efeitos significativos sobre os parâmetros de qualidade da fibra do algodão; apenas a finura foi afetada significativamente, todavia, em geral, o padrão permaneceu dentro do exigido pela indústria têxtil. Os resultados concordam com os de Bezerra et al. (2001), que também só constataram efeito de déficit hídrico, apenas para finura, dentre as características tecnológicas da fibra.

O excesso de água também ocasiona estresse no algodoeiro. Há bastante tempo, a literatura reporta que a sensibilidade do algodoeiro ao estresse anoxítico no meio edáfico, dependendo de vários fatores como estágio de crescimento, duração do estresse, tipo de solo, cultivar, etc (Albert e Armstrong, 1931). Bharambe e Varade (1983) relatam que o estresse anoxítico de sete dias em plantas de algodão na fase de botão floral, ocasionou diversas alterações no metabolismo do algodoeiro, tais como aumento de 54,6% no nível de prolina, redução de 67,8% na atividade da enzima redutase de nitrato e de 50% na porosidade das raízes, resultando em decréscimo de 60% no rendimento.

Conforme Beltrão e Souza (2001), o excesso de água reduz o crescimento da radícula do algodoeiro, sendo a melhor faixa de O₂ na rizosfera entre 7,5 e 21%, paralisando-se o crescimento em teores próximos a 0,5%. De acordo com Stegman et al. (1980), o declínio da curva de produção, a partir do ponto máxima, é devido à diminuição da aeração do solo, à lixiviação dos nutrientes e às doenças associadas ao

excesso de umidade no solo. Malavolta (1980) cita que o excesso de água também provoca redução do crescimento da planta, devido à menor difusividade do O₂ na água, resultando em anoxia radicular.

Almeida et al. (1992) constataram que um período de encharcamento de 120 horas na fase de botão floral reduziu a área foliar do algodoeiro em 30% e a fitomassa epígea em 36%, ocasionando redução do rendimento de algodão em caroço e em pluma de 38 e 41%, respectivamente; todavia, quando estresse anoxítico ocorreu na fase de floração não houve redução de área foliar nem de rendimento.

2.4. Irrigação e crescimento, rendimento e qualidade de fibra do algodão

Tormena et al. (1999) e Doorenbos e Kassam (2000) relatam que o manejo das irrigações e a demanda hídrica do algodoeiro herbáceo, são variáveis que podem ser influenciadas tanto pelas condições climáticas, como pelo estágio de desenvolvimento das plantas, tipo de solo e condições de umidade na zona radicular.

Segundo Doorenbos e Kassam (2000), um bom rendimento para o algodoeiro com 160 a 180 dias sob irrigação é da ordem de 4.000 a 5.000 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, dos quais 35% é pluma; ainda segundo os mesmos autores, a eficiência de utilização de água para o rendimento obtido (Ey) de algodão em caroço, que contém em torno de 10% de umidade, é de 0,4 a 0,6 kg.m⁻³. Bezerra et al. (2004) obtiveram com a lâmina que resultou em rendimento máxima, 742mm, cerca de 3.543 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, com a cv. BRS 200; isto equivale a uma Ey de 0,48 kg.m⁻³. Luz et al. (1997) irrigando com base em 50% da água disponível obtiveram rendimento de 3.375 kg.ha⁻¹, com uma lâmina de 502 mm, resultando em Ey de 0,67 kg.m⁻³.

Características de maçã e de fibra, como relação entre algodão em pluma e semente, comprimento, resistência e finura da fibra são determinadas principalmente pela variedade e, em menor intensidade, pelas práticas de irrigação e nutrição (Doorenbos e Kassam, 2000) como evidenciado por Nunes Filho et al. (1998) e Lamas e Staut (2001), dentre outros. No entanto, de acordo com Doorenbos e Kassam (2000), o tamanho da maçã e o peso de 100 sementes, geralmente aumentam com o suprimento adequado de água, enquanto o percentual de pluma (relação pluma/mente) tende a ser menor e níveis baixos de esgotamento da água do solo durante a formação da colheita tendem a resultar numa fibra mais longa e fina e com resistência menor. Entretanto,

segundo esses últimos autores, o efeito direto do déficit hídrico sobre as propriedades da fibra parece ser pequeno, devido à queda das maçãs que poderiam ter produzido fibra de qualidade inferior se tivessem atingido a maturação.

Estudando épocas de supressão da irrigação aos 20, 30, 40, 50 e 60 dias após o surgimento da primeira flor, no algodoeiro herbáceo, cv CNPA-7H, em Sousa, PB, Nápoles et al. (1999b) obtiveram, respectivamente, os seguintes rendimentos de algodão em caroço: 2.013, 3.092, 3.199, 2.720 e 2.893 kg.ha⁻¹, com 492, 602, 679, 759 e 832 mm, respectivamente. Concluíram ser aos 30 dias após o surgimento da primeira flor, a melhor época de supressão, para não prejudicar o rendimento, tratamento que resultou ainda em maior eficiência de uso da água (0,51 kg.m³); concluíram ainda que os tratamentos não afetaram a qualidade da fibra. De acordo com a função de produção de algodão em caroço obtida ($y = - 8730,9 + 33,91x - 0,0242x^2$) para lâmina aplicada, o rendimento físico máximo ocorreu com a aplicação de uma lâmina de 700 mm. Já em termos de crescimento, Nápoles et al. (1999a) não constataram efeito significativo das épocas supressão da irrigação supracitadas sobre a altura de plantas e o índice de área foliar, todavia o estresse submetido às plantas aos 20 e 30 dias após o surgimento da primeira flor contribuiu para abertura precoce dos capulhos.

Oliveira et al. (1999) estudando o algodoeiro herbáceo, cv Acala del cerro, no vale do Açu, RN, em solo aluvial franco-siltoso, obtiveram como melhor resultado, 4.090 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, quando a última irrigação foi procedida aos 95 dias; os momentos de supressão de irrigação de 65 e 80 dias foram consideradas como cedo demais, prejudicando sobremaneira o rendimento de algodão em caroço (1.866 e 2.580 kg.ha⁻¹, respectivamente), e aos 110 dias, como muito tardio (3.607 kg.ha⁻¹). Os resultados corroboram com os de Bezerra et al. (2003), ao constatarem a seguinte variação de rendimento de algodão em caroço da cultivar BRS 201, em função da época de supressão da irrigação: 2.679, 2.973, 4.526, 5.249 e 4.224 kg.ha⁻¹, respectivamente para corte da irrigação aos 20, 30, 40, 50 e 60 dias após o início da floração, correspondendo a 60, 70, 80, 90 e 100 dias da emergência. Segundo Bezerra et al. (1999), a suspensão da irrigação no algodoeiro quando os frutos estão maduros, favorece a antecipação da abertura das maçãs, sem comprometer o rendimento da lavoura.

Souza et al. (1999) avaliando níveis para reposição de água no solo de 25%, 50% e 75% da água disponível, na cultivar CNPA 7H, observaram que o menor nível causou efeito significativamente depreciativo sobre o diâmetro caulinar, altura de plantas, área foliar, evapotranspiração e produção de matéria seca. Efeitos semelhantes foram

constatados por Souza et al. (2000), que estudando o comportamento do algodoeiro sob três níveis de água disponível (AD) no solo (10, 25 e 40%) para reposição da umidade à capacidade de campo, constataram ter o manejo da irrigação com base em 40% da AD, proporcionado os maiores resultados de evapotranspiração (504 mm), área foliar (3.438 cm²/planta) e fitomassa da parte aérea (45,5 g/planta); uma evidência de que apesar de o algodoeiro ser considerado “tolerante” ao déficit hídrico, baixos níveis de umidade no solo afetam seu crescimento.

Nunes Filho et al. (1998) estudaram o efeito de quatro lâminas de irrigação (671, 785, 872 e 927 mm) sobre o rendimento e a qualidade da fibra de três cultivares de algodoeiro herbáceo e obtiveram produtividades máximas de 3.031, 2.763 e 2.423 kg.ha⁻¹ para as cultivares CNPA-7H, CNPA Precoce-1 e CNPA-6H, mediante aplicação de 836, 882 e 821 mm de água, respectivamente; a uniformidade da fibra variou de forma significativa, de acordo com o manejo e intensidade de irrigação, enquanto o comprimento, a resistência e a finura da fibra não foram afetados. Luz et al. (1997) e Luz et al. (1998) relatam que o estresse hídrico aplicado nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura não resultou em variações significativas sobre a qualidade da fibra. Silva et al. (1998) evidenciaram o déficit hídrico imposto pela supressão da irrigação 48 dias de emergência, na cv. CNPA 6H, embora tenha provocado redução no rendimento (2.690 kg.ha⁻¹ contra 3.960 kg.ha⁻¹ para o algodão irrigado durante todo o ciclo), não prejudicou a qualidade da fibra. Luz et al. (2002b) estudando também o efeito do estresse hídrico em diversas fases fenológicas do algodoeiro, cv. BRS 201, reportam que apesar de os tratamentos terem afetado a maioria das características tecnológicas da fibra, exceto a finura, as demais ficaram dentro do padrão exigido pela indústria têxtil para cultivares de fibra média.

Estudando lâminas de irrigação variando de 400 a 800 mm, em duas frequências, 7 e 14 dias, Luz et al. (1999) constataram efeito apenas das lâminas sobre a resistência, que aumentou da lâmina de 400 mm (8,5 lb.mg⁻¹) para a de 600 mm (8,8 lb.mg⁻¹), diminuindo na lâmina de 800 mm (7,9 lb.mg⁻¹) e, a uniformidade, que variou de um máximo de 55,1% na lâmina de 400 mm até o mínimo de 53,3% na lâmina de 600 mm.

Bezerra et al. (2002b), estudando diferentes épocas de supressão da irrigação (20, 30, 40, 50 e 60 dias após a floração) observaram, de forma geral, redução do índice de fibras curtas, aumento do micronaire, redução do amarelecimento com o prolongamento das irrigações; a percentagem de fibra (PF) aumentou até o a época de corte de 50 dias, havendo redução da PF quando a irrigação foi cortada mais tarde (aos

60 dias). Concluíram que a época de supressão da irrigação apesar de ter exercido efeito significativo sobre algumas características tecnológicas da fibra da cultivar BRS 201, não afetou a sua qualidade preenchendo as exigências da indústria têxtil nacional.

Aujla et al. (2005), experimentando tipos (bacia e gotejamento) e manejos da irrigação (0,4, 0,3 e 0,2 da evaporação do tanque classe A) na Fazenda de Pesquisa Universitária Agrícola da Estação Regional de Punjab, Bathinda, Índia, no algodoeiro, cv. LH 1556, registraram que para o mesmo nível de adubação nitrogenada o rendimento de algodão em caroço no sistema de gotejo foi 32% superior ao alcançado no sistema de bacia (2.144 e 1.624 kg.ha⁻¹, respectivamente); sob gotejamento quando o suprimento hídrico foi reduzido a 75% (0,3 da Epan) da testemunha (0,4 Epan), o rendimento diminuiu para 1.819 kg.ha⁻¹, todavia permaneceu 12% superior aos 1.624 kg.ha⁻¹, obtidos com o sistema de irrigação por bacia no “nível de água testemunha (0,4 Epan)” e, com 0,2 Epan, o rendimento do algodão irrigado por gotejamento ficou apenas 2% abaixo do obtido com 0,4 Epan no sistema de bacia.

Estudando o rendimento do algodoeiro, cv Sayar-314, em função de lâminas e métodos de irrigação, com adubação nitrogenada de 130 kg.ha⁻¹ de N, Cetin e Bilgel (2002) obtiveram efeito quadrático das lâminas sobre o rendimento de algodão em caroço para os três métodos de irrigação estudados; os modelos foram os seguintes: $y=-431,1+6,1x-0,0021x^2$ ($R^2=0,97^{**}$), $y=1102+3,1x-0,001x^2$ ($R^2=0,99^{**}$) e $y=292,5+7,9x-0,003x^2$ ($R^2=0,99^{**}$), respectivamente para irrigação por sulcos, aspersão e gotejamento. Os respectivos pontos de máxima dos modelos ocorrem nas lâminas de 1450, 1550 e 1300 mm, com rendimentos de 3.999, 3.504 e 5.493 kg.ha⁻¹.

Tennakoon e Milroy (2003), avaliando os dados de produção e uso de água de 200 campos nas seis maiores áreas de cultivo de algodão da Austrália, responsáveis por mais de 80% da produção, estimaram a evapotranspiração média em torno de 735 mm, com eficiência de uso de água média de 0,25 kg.m⁻³ de algodão em caroço e; portanto, um rendimento médio em torno de 1.838 kg.ha⁻¹.

Estudando o rendimento de algodão em função da lâmina de água de irrigação, aplicada por gotejamento, em Lubbock, TX, no período compreendido entre 1988 e 1999, Wanjura et al. (2002) obtiveram o seguinte modelo matemático que descreve o rendimento de algodão em pluma (kg.ha⁻¹) em função da lâmina de água aplicada na irrigação (cm): $y=810+22,65x-0,196x^2$ ($R^2=0,53$). De acordo com o modelo, o rendimento máximo, 1.464 kg.ha⁻¹ (± 3.853 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, considerando rendimento de fibra de 38%), é alcançado com uma lâmina de 58 cm; incluindo as

chuvas o rendimento máximo ($1.474 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) seria alcançado com lâmina de 74 cm ($y=479 +26,84x-0,181x^2$; $R^2=0,46$).

Yazar et al. (2002) estudaram o rendimento do algodoeiro em função da lâmina de irrigação em sistema pivô central tipo LEPA (emissores de baixa pressão e precisão de aplicação) e gotejamento, obtendo, com o sistema LEPA, rendimentos de algodão em caroço de 2.590, 3.270, 4.020 e $4.750 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, com as lâminas de 383, 542, 695 e 854 mm (25, 50, 75 e 100% da evaporação do Tanque Classe A – Epan), respectivamente. Nota-se que o rendimento aumentou linearmente com as lâminas de água ($y = 4,6161x + 802,41$; $R^2 = 0,99$). No sistema de gotejamento, os autores obtiveram rendimentos superiores aos obtidos com o sistema LEPA, cerca de 2.660, 4.520, $5.040 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, com as lâminas de 456, 663 e 868 mm (33, 67 e 100% da Epan). Da menor para a lâmina intermediária houve um incremento de 0,34 kg de algodão em caroço por milímetro incrementado na irrigação; porém da intermediária para a maior o incremento caiu para $0,06 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-1}$, denotando uma tendência quadrática.

Bezerra et al. (2004), estudando em Barbalha, CE, o comportamento produtivo do algodoeiro, cv. BRS 200 marrom, em função da lâmina de irrigação (125, 298, 354, 552 e 742 mm), obtiveram efeito quadrático dos tratamentos sobre o rendimento de algodão em caroço, cujo ponto de máxima do modelo obtido ($y=-104,26+8,81x-0,005356x^2$; $R^2=0,92$) ocorre em 820 mm e rendimento correspondente de $3.519 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; conforme a equação o rendimento para a maior lâmina testada (742 mm) foi de $3.484 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Guerra e Iora (1999) estudaram em Planaltina, DF, níveis de tensão de água (33, 60, 100 e 500 kPa) no solo (Latosolo Vermelho-escuro, fase argila) e doses de N variando entre 0 e $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, sobre a cv. de algodão herbáceo Deltapine Acala 90, com adubação de base de $450 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de 0-20-20 (N- P_2O_5 - K_2O). Os autores relataram que mesmo o tratamento de 500 kPa (consumo de 85% da água disponível do solo) resultou em alta produtividade; por outro lado, o manejo de 33 kPa causou redução significativa de rendimento, denotando-se que irrigações muito frequentes prejudicam o algodoeiro. Para uma dose de N de $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ obtiveram os seguintes rendimentos de algodão em caroço: 5.052, 5.277, 5.363 e $5.241 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente para as tensões de 33, 60, 100 e 500 kPa, em cujas lâminas de irrigação foram de 137, 99, 33 e 0 mm, respectivamente; ressaltando-se ter ocorrido 725 mm de precipitação, bem distribuídos durante o ciclo. A altura de plantas decresceu de 1,29 para 1,24 cm, respectivamente para 33 e 500 kPa; o peso de 100 sementes foi reduzido de 9,7 para 9,4 g com a redução da tensão de 60 para 33 kPa; para a % de fibra (>40%), embora sem efeito significativo,

houve tendência de crescimento com o aumento da tensão. Sobre a qualidade da fibra também não houve efeito significativo, sendo registrados os valores médios de: micronaire 4,2 ($\pm 0,32$), resistência 25 gf.tex⁻¹ ($\pm 1,62$), comprimento 2,5% SL 30,7mm ($\pm 0,93$), uniformidade de comprimento 50,1% ($\pm 1,56$), índice de fibras curtas 3,6% ($\pm 0,34$), alongamento 5,7% ($\pm 0,55$), reflectância 72,7% ($\pm 2,2$) e amarelecimento 7,8 ($\pm 0,87$).

2.5. Nitrogênio na planta

O nitrogênio é o nutriente extraído do solo em maior proporção pelo algodoeiro, sendo essencial para o seu crescimento. A disponibilidade de nitrogênio em quantidade e na época adequada estimula o crescimento e o florescimento, aumenta a produtividade e a qualidade de fibra. Porém, doses elevadas promovem o excessivo crescimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo (Carvalho et al., 2003).

Os tecidos vegetais têm concentrações de nitrogênio que variam de 10 a 50 g.kg⁻¹. Nitrato e amônio são as principais fontes inorgânicas de nitrogênio absorvidas pelas plantas superiores, e a maior absorção de uma forma em relação à outra é acompanhada por variações de pH do meio. O meio ácido inibe a absorção do NH₄⁺ e favorece a de NO₃⁻ enquanto que em pH neutro/alcalino, o contrário é observado, possivelmente devido a efeitos competitivos do H⁺ e OH⁻ bombeados para fora da célula através do mecanismo associado à atividade de ATP_{ases} de membranas no processo de absorção ativa de cátions e ânions (Marschner, 1995). Assim, a absorção de NO₃⁻ estimula a absorção de cátions, enquanto que a absorção de NH₄⁺ pode restringi-la.

De acordo com Raij (1991) o nitrogênio na planta é inicialmente reduzido à forma amoniacal e combinada a cadeias orgânicas, formando ácido glutâmico, este por sua vez incluído em mais de uma centena de diferentes aminoácidos. Desses, cerca de 20 são usados na formação de proteínas. As proteínas participam, como enzimas, nos processos metabólicos das plantas, tendo assim uma colocação mais funcional que estrutural. Além disso, o nitrogênio participa da composição da molécula da clorofila.

Complementando as informações de Raij (1991), Faquin (1994) afirma que cerca de 90% do nitrogênio total da planta encontra-se na forma orgânica, desempenhando suas funções como parte de compostos de baixo peso molecular e de macromoléculas. Os aminoácidos livres dão origem a outros aminoácidos e às proteínas

e, por consequência, às enzimas e coenzimas; são precursores de hormônios vegetais – triptofano do AIA e metionina do etileno; compõem núcleos porfirínicos – clorofila e citocromos e atuam como reserva de nitrogênio nas sementes – asparagina e arginina.

Nos compostos orgânicos, o nitrogênio aparece na forma reduzida (NH_3). Como é absorvido preferencialmente como NO_3^- (Nitrato, forma oxidada), deve haver uma redução antes da incorporação a compostos orgânicos. Duas enzimas são envolvidas nesse processo, a redutase do nitrato (RNO_3^- , contém Fe e Mo) e a redutase do nitrito (RNO_2^- , contém Fe). A RNO_3^- catalisa a primeira reação ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$) que ocorre no citoplasma. A segunda reação ($\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_3$), que ocorre nos cloroplastos, é catalisada pela RNO_2^- . Uma vez reduzido, o nitrogênio sob a forma de NH_3 entra no metabolismo, gerando principalmente aminoácidos (Faquin, 1994).

De acordo com Corsi (1994), a redistribuição do nitrogênio na planta ocorre facilmente via floema e, conseqüentemente, nas plantas deficientes em nitrogênio os sintomas se manifestam primeiramente nas folhas velhas. Nessas condições, a proteólise e a redistribuição dos aminoácidos resultam no colapso dos cloroplastos e assim ocorre um decréscimo no conteúdo de clorofila. A longevidade das folhas pode ser bastante modificada pela falta de nitrogênio, já que esse elemento, sendo móvel, desloca-se para partes novas da planta, provocando senescência precoce das partes mais velhas. Assim, segundo Raij (1991), plantas deficientes em nitrogênio apresentam-se amareladas e com crescimento reduzido, resultando em encurtamento de ciclo.

Conforme Fernández et al. (1994), o nitrogênio influencia tanto a taxa de expansão quanto a divisão celular, determinando, assim, o tamanho final das folhas, de modo que ele é um dos fatores determinantes da taxa de acúmulo de biomassa. Um acréscimo no suprimento de N estimula o crescimento, atrasa a senescência e muda a morfologia das plantas e, além disso, o aumento nos níveis de adubação nitrogenada causa um aumento significativo no conteúdo de clorofila das folhas.

Beltrão e Azevedo (1993) relatam que o algodoeiro apresenta grande limitação interna no metabolismo do N, em função da competição que se estabelece entre a redução do CO_2 e a do nitrato. Assim, para que ocorra o máximo de fotossíntese, o algodoeiro, planta de metabolismo C_3 , necessita cerca de duas vezes mais N na folha, quando comparada a espécies de metabolismo C_4 .

Para Staut e Kurihara (2001), o fornecimento adequado de nitrogênio estimula o crescimento e o florescimento, regulariza o ciclo da planta evitando a antecipação da

maturação dos frutos, aumenta a produtividade e melhora o comprimento e a resistência da fibra. Silva (1999) reforça que o comprimento de fibra é a característica mais beneficiada pelo nitrogênio e reporta que, em algumas condições, também ocorre melhora do índice de micronaire. Todavia, a despeito destas informações, doses elevadas aumentam o desenvolvimento vegetativo em detrimento da produção, além de alongar o ciclo (Staut e Kurihara, 2001); ademais, favorece o desenvolvimento de moléstias foliares e dificulta o controle de pragas e a maturação dos frutos. De acordo com Bielorai et al. (1984), em elevadas taxas de aplicação de efluente pode haver, além de excesso de crescimento, diminuição na produção de linter, devido ao excesso de N.

A marcha de absorção de nutrientes na cultura do algodoeiro é bastante similar à formação de matéria seca, coincidindo a intensificação da demanda de nutrientes a partir da época do aparecimento dos primeiros botões florais até a formação das primeiras cápsulas, reduzindo-se, proporcionalmente, durante o período de maturação, sendo que a variação na extração dos elementos é função da variedade, do clima, suprimento hídrico e da fertilidade do solo (Vivancos, 1989). Silva (1999) observou, em estudo com solução nutritiva, que a fase de máxima absorção de nitrogênio pelo algodoeiro ocorre em torno dos 30 e 40 dias após a emergência e está estreitamente ligada à disponibilidade de fósforo e potássio.

Furlani Júnior et al. (1999) verificaram uma extração total de nitrogênio pela cv. IAC 22 de $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, sendo a maior quantidade absorvida entre 38 e 48 dias após a emergência das plantas, indicando ser este o período ideal para adubação em cobertura; todavia, de acordo com Martins (1997), citado por Fundação MT/EMBRAPA (1997), o algodoeiro, até a floração e o aparecimento das maçãs absorve apenas 20% a 35% da quantidade total de nitrogênio que necessita.

2.6. Adubação nitrogenada e crescimento, rendimento e qualidade de fibra

Os pesquisadores e produtores de algodão vêm procurando utilizar esquemas de adubação que promovam o maior benefício com o menor custo. Embora não haja uma receita de adubação correta para todas as condições, é preciso considerar as análises de solo e folhas, histórico de manejo dos campos e o acompanhamento das lavouras de algodão (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2001).

De acordo com Frye e Kairuz (1990), os efeitos da adubação sobre os aumentos de rendimento do algodoeiro se devem, em primeiro lugar, à ação do nitrogênio e, em segundo lugar, à ação conjunta de NK, NPK e NP. O nitrogênio é o nutriente que o algodoeiro retira do solo em maior quantidade, sendo fundamental no desenvolvimento da planta, sobretudo dos órgãos vegetativos (Staut e Kurihara, 2001). Por ser um elemento afetado por uma dinâmica complexa e que não deixa efeitos residuais diretos das adubações, o manejo adequado da adubação nitrogenada é dos mais difíceis, pois sua dinâmica é influenciada no solo pela relação C/N, umidade e pH (Raij, 1991). Conforme Carvalho et al. (2003), a disponibilidade de nitrogênio no solo é de difícil estimativa, fato que inviabiliza a recomendação de adubação nitrogenada com base na análise de solo.

Segundo Sainju et al. (1999), a recuperação do N pela planta raramente excede 70% daquele aplicado e, na maior parte das culturas, atinge em média 50%, possivelmente pelas perdas consideráveis desse nutriente por lixiviação, volatilização e escoamento superficial. Para maximizar o aproveitamento do nitrogênio e reduzir as perdas da amônia pela volatilização, emprega-se a prática do parcelamento (Arantes, 1993, Laca-Buendía e Nisrala, 1997) e da incorporação (Cantarella et al., 1985 e Furlani Júnior et al., 1999). De acordo com Rosolem (2001), a adubação nitrogenada em cobertura deve ser realizada até 55-60 dias após a emergência das plantas de cultivares de ciclo tardio, dividida em, no máximo, duas aplicações; aplicações mais tardias, além de não resultarem em maior produtividade, podem induzir maior crescimento vegetativo e alongar o ciclo da planta. No Mato Grosso, Freire et al. (1996) reportam que a época mais adequada para a cobertura corresponde à fase de 25 a 30 dias após a emergência das plantas, logo após desbaste.

A quantidade de nitrogênio a ser utilizada na adubação depende das condições climáticas (intensidade e distribuição das chuvas, luminosidade, temperatura, etc.), da textura e do teor de matéria orgânica do solo, além do sistema de rotação de culturas adotado. Muitos trabalhos de pesquisa mostram que a resposta de produtividade do algodoeiro é linear até a dose de 120 kg.ha⁻¹ (Grespan e Zancanaro, 1999). As exigências nutricionais de qualquer vegetal está determinada pela quantidade de nutrientes que extrai durante o seu ciclo. Oosterhuis et al. (1983) obtiveram acúmulo de 150 kg.ha⁻¹ de nitrogênio no algodoeiro aos 180 dias após a emergência (DAE). Furlani Júnior et al. (1999) estudando marcha de absorção de nutrientes no algodoeiro herbáceo, cv. IAC 22, concluíram que a quantidade de N imobilizada na planta multiplicada pelo

stand de um hectare, correspondeu a 180 kg.ha^{-1} . Vivancos (1989) cita uma extração de 209 kg.ha^{-1} de N, para um rendimento de algodão em caroço de 3.500 kg.ha^{-1} . De acordo com Staut e Kurihara (2001), para obtenção de um rendimento de 2.500 kg.ha^{-1} de algodão em caroço ($88.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$), o algodoeiro necessita de 212 kg.ha^{-1} de N.

Melo et al. (1999), testando níveis de nitrogênio variando entre 0 e 150 kg.ha^{-1} , sobre o crescimento do algodoeiro herbáceo, observaram maior acúmulo de fitomassa seca das plantas com $103,3 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N. Pazzetti et al. (1999), estudando o comportamento produtivo do algodoeiro herbáceo em função de níveis de adubação nitrogenada (0 a 200 kg.ha^{-1} de N), verificaram efeito quadrático com ponto de máxima em 140 kg.ha^{-1} de N e um rendimento de algodão em caroço correspondente de 2.389 kg.ha^{-1} . MacConnel et al. (1993) obtiveram rendimento de 4.300 kg.ha^{-1} , com uma adubação de 100 kg.ha^{-1} de N.

Para Radin et al. (1985) e Halevy e Kramer (1986), a produtividade de algodão é fortemente determinada pela interação nitrogênio versus água. Quanto maior o nível em que qualquer um desses fatores é mantido, maior também será o incremento de produtividade proporcionado pelo aumento na quantidade do outro, até certo limite. Segundo Ali et al. (1974), as maiores respostas do algodoeiro irrigado são obtidas com os maiores níveis de adubação nitrogenada.

Bezerra et al. (1992) testando doses de nitrogênio de 0, 50, 100 e 150 kg.ha^{-1} e quatro níveis de água no solo (25, 50 e 75% da água disponível do solo e irrigação com base nos sintomas de murcha), não encontraram interação entre nitrogênio e manejo de água. Souza et al. (1999), trabalhando em ambiente protegido e testando no algodão herbáceo, cv. CNPA-7H, cinco níveis de adubação nitrogenada (0, 40, 80, 120 e 160 kg.ha^{-1} de N), sob três níveis de água disponível (AD) no solo (25, 50 e 75% da AD), evidenciaram que o nitrogênio ocasionou efeito linear positivo para área foliar, rendimento e evapotranspiração, porém sobre a produção de matéria seca, o efeito foi quadrático. O nível de 25% de água disponível no solo ocasionou efeito depressivo sobre o diâmetro caulinar, altura de plantas, área foliar, evapotranspiração e produção de matéria seca; não houve interação dos fatores sobre os resultados. Inexistência de interação significativa entre nitrogênio e água no algodoeiro, também é relatada por Bezerra et al. (1992), contrariando as observações de Radin et al. (1985), Halevy e Kramer (1986).

Pedroza et al. (2003a), testando, em casa de vegetação, os efeitos de doses crescentes de lodo de esgoto, equivalentes a 0, 60, 100, 200, 250 e 300 kg.ha^{-1} de N,

sobre o algodão herbáceo, cv BRS 1878H, verificaram aumento linear das variáveis, peso do algodão em caroço, peso de pluma, fitomassa da parte aérea, além de aumento quadrático do número de capulhos por planta, cuja derivação da equação de regressão estimou que a dose de biossólido equivalente a 441 kg.ha^{-1} de N proporciona o valor máximo para esta variável.

Estudando, em casa de vegetação, os efeitos de doses crescentes de lodo de esgoto, equivalentes a 0, 150, 250, 350, 450 e 550 kg.ha^{-1} de N, sob a altura (AL) e o diâmetro caulinar (DC) do algodão herbáceo, cv BRS 1878H, Pedroza et al. (2003b) verificaram que a AL e o DC ajustaram-se a um modelo de regressão não linear do tipo exponencial, revelando que essas variáveis de crescimento aumentaram com a elevação das doses de biossólido, porém para as duas maiores doses empregadas, houve um decréscimo dessas variáveis. As doses de biossólido equivalentes a 319 kg.ha^{-1} de N e 322 kg.ha^{-1} de N proporcionaram, aos 120 dias após a emergência, maior altura e diâmetro caulinar de plantas, respectivamente.

Ordoñez et al. (2003a) estudaram o crescimento e o rendimento do algodoeiro herbáceo, cv. Delta Opal, no município de Rio Verde, GO, em função da dose de nitrogênio em cobertura (0, 60, 120 e 240 kg.ha^{-1} de N), com fundação de 16, 120 e 60 kg.ha^{-1} , respectivamente de N, P_2O_5 e K_2O ; foram constatados valores crescentes de altura final de plantas (93,9; 97,4; 100,7 e 104,27 cm) e rendimento de algodão em caroço ($3.759,26$; $4.116,67$; $4.621,15$ e $4.949,69 \text{ kg.ha}^{-1}$) com os níveis crescentes de N estudados. A matéria seca dos ramos e das folhas também tiveram relação direta com os tratamentos (Ordoñez et al., 2003b). Lima (2004) testando níveis de adubação nitrogenada em cobertura variando de 0 a 240 kg.ha^{-1} de N, sobre o algodoeiro colorido BRS verde, constatou efeito linear sobre a produção fitomassa seca da parte aérea ($y=65,289+0,1293x=\text{g/planta}$; $R^2=0,90$).

Testando níveis de adubação nitrogenada de 40, 80, 120 e 160 kg.ha^{-1} de N, Campos e Oliveira (1991) constataram que a altura de plantas da cv. CNPA precoce 1, irrigada por sulcos, aumentou com os níveis de N estudados (67; 76,4; 76,6 e 78,2 cm, respectivamente), enquanto o rendimento foi crescente até a dose de 120 kg.ha^{-1} de N (3.816 kg.ha^{-1}), com pequena redução no nível mais alto (3.785 kg.ha^{-1}).

Ferreira (2003), estudando doses de nitrogênio variando de 0 a 180 kg.ha^{-1} sobre o peso de um capulho (PC), número de capulhos/planta, percentagem de fibra (PF) e rendimento de algodão em caroço (REND) da cultivar BRS 187 8H, com lâmina de irrigação de 736 mm e adubação de fundação P e K de 40 e 20 kg.ha^{-1} , respectivamente,

constatarem efeito linear para PC, PF e REND, apresentando relação direta com as doses de N para PC e REND e inversa para PF. De acordo com o modelo obtido ($REND=2018,933+11,9494x$), a dose de 180 kg.ha^{-1} resultou em rendimento de 4.169 kg.ha^{-1} . A percentagem de fibra decresceu $0,00808\%$ para cada quilograma de N incrementado. Em termos de qualidade de fibra, não foi constatado efeito significativo dos tratamentos; apenas o índice de fiabilidade reduziu-se linearmente com os níveis crescentes de N.

Pereira et al. (2003), avaliando os efeitos de doses crescentes de N (0, 100, 200, 300 e 400 kg.ha^{-1}) sobre o crescimento, rendimento e características tecnológicas da fibra do algodão herbáceo, cv CNPA 97-2865, sob irrigação por sulcos, em Barbalha, CE, utilizando-se de fundação com P_2O_5 e K_2O nas doses de 90 e 60 kg.ha^{-1} , respectivamente, concluíram que o rendimento de algodão em caroço, a altura e o peso do capulho variaram linearmente com os níveis crescentes de adubação nitrogenada; mesmo nas doses mais altas, não houve crescimento excessivo (104 cm), nem diminuição do peso do capulho (7,2 g) ou queda de produção (4.187 kg.ha^{-1}), como esperado para altos níveis de adubação nitrogenada em algodoeiro, segundo Carvalho et al. (1999a) e Staut e Kurihara (2001). Isto foi atribuído pelos autores à irrigação por sulco, ao uso de uréia em cobertura associado ao pH elevado do solo e/ou ao baixo teor de P, favorecendo uma maior perda do N (volatilização/lixiviação) e/ou uma menor taxa de absorção pela planta. De forma geral a percentagem e as características tecnológicas da fibra não foram afetadas pelos níveis de N estudados.

Alcântara (2003), estudando o uso de cinco doses de lodo seco, correspondentes a 70, 140, 210, 280 e 350 kg.ha^{-1} de N, sobre o crescimento, rendimento e características tecnológicas de fibra do algodoeiro herbáceo colorido BRS verde, constataram efeito quadrático dos tratamentos cujos valores de máxima para fitomassa seca da parte aérea (108 g/planta), o número máximo de capulhos por planta (12 capulhos), rendimento de algodão em caroço (47 g) e em pluma (12 g) foram alcançados com doses de lodo seco equivalentes a 316, 243, 300 e $231,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N, respectivamente. Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as características tecnológicas de fibra.

Brito et al. (2003), objetivando avaliar os efeitos de diferentes níveis de adubação nitrogenada (0, 30, 60 e 90 kg.ha^{-1} de N) sobre as características tecnológicas da fibra de cinco cultivares de algodoeiro herbáceo (CNPA 7H, BRS 187-8H, BRS 186-Precoce 3 e BRS 201), em Arapiraca, AL, constataram que os níveis de N não exerceram influência na % de fibra, resistência, comprimento e grau de amarelamento;

todavia a redução da dose de 90 para 60 kg.ha⁻¹ de N promoveu maior reflectância (Rd); concluíram que independentemente dos tratamentos, as características tecnológicas das fibras obtidas no ensaio atendem as necessidades da indústria têxtil nacional.

Estudando no cerrado do Mato Grosso os efeitos de três níveis de adubação nitrogenada (80, 100 e 120 kg.ha⁻¹ de N), em cobertura, sobre o crescimento e rendimento das variedades BRS Cedro, Fibermax 966 e CNPA ITA 90, com adubação de fundação de 500 kg.ha⁻¹ do formulado 02-18-16 (N-P₂O₅-K₂O), Rangel et al. (2003), não constataram efeitos significativos dos níveis de nitrogênio sobre a altura das plantas nem sobre o rendimento de algodão em caroço (médias de 95,17 cm e 2.366,4 kg.ha⁻¹, respectivamente).

Carvalho et al. (2003) testaram no município de Montividiu, GO, níveis crescentes de nitrogênio variando de 0 a 240 kg.ha⁻¹, sobre o algodoeiro herbáceo, cv BRS Cedro, em área de plantio direto (Braquiária) e adubação de fundação com 90, 60 e 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, K₂O e FTE BR12, respectivamente. Segundo os autores, o algodoeiro respondeu significativamente às doses de nitrogênio. A produtividade média de algodão em caroço variou de 2.878 kg.ha⁻¹, no tratamento testemunha (0 kg.ha⁻¹ de N), a 4.266 kg.ha⁻¹ com 240 kg.ha⁻¹ de N. Os valores médios de produtividade em função das doses de nitrogênio se ajustaram a uma função quadrática ($y = -0,0245x^2 + 10,506x + 2846,1$; $R^2 = 0,59^{**}$) com ponto de máxima na dose de 215 kg.ha⁻¹ de N (rendimento de algodão em caroço de 3.972 kg.ha⁻¹). A partir do modelo e, considerando o custo de 1,0 kg de N igual a R\$ 2,30 e o preço do algodão em caroço igual a R\$ 1,18.kg⁻¹, eles estimaram a dose máxima econômica de N em 175 kg.ha⁻¹ e um rendimento de algodão em caroço correspondente de 3.934 kg.ha⁻¹, para as condições do estudo, com cobertura de braquiária de elevada relação C/N (> 50).

Alves et al. (2004a) estudando, em ambiente protegido, os efeitos de quatro níveis de água disponível (AD) no solo (25, 50, 75 e 100% da AD) e quatro níveis de adubação nitrogenada (0, 150, 300 e 450 kg.ha⁻¹ de N em forma de uréia), sob o acúmulo de biomassa seca da parte aérea aos 100 dias (BSPA) com o algodão colorido BRS 200, irrigado com água residuária, cultivado em solo franco-argilo-arenoso, evidenciaram efeito quadrático do nitrogênio em todos os níveis de AD. No nível de 75 % da AD houve a melhor resposta de N, sendo obtido o maior acúmulo de biomassa nas plantas; segundo o modelo para este nível de AD, o ponto de máximo acúmulo de BSPA ocorre na dose de 267 kg.ha⁻¹ de N, com 35 g/planta. No tratamento de 75% da AD, também houve a maior evapotranspiração (Alves et al., 2004b) com ponto de

máxima na dose de 225 kg.ha⁻¹ de N (797 mm), conforme o modelo quadrático obtido pelos autores.

Oliveira et al. (1988), testando doses de N variando de 0 a 180 kg.ha⁻¹ de N, constataram aumento de rendimento até a dose de 120 kg.ha⁻¹ de N; todavia Campos et al. (1995) registraram relação direta e proporcional do rendimento do algodoeiro entre os níveis de adubação nitrogenada que variaram de 0 a 200 kg.ha⁻¹ de N. Lima (2004) testando níveis de adubação nitrogenada em cobertura (0 a 240 kg.ha⁻¹ de N) sobre o algodoeiro colorido BRS verde, constatou efeito linear de N sobre a produção de algodão em caroço ($y = 37,19 + 0,1624x = \text{g/planta}$; $R^2=0,91$).

Estudando em Ipanguaçu, RN, os efeitos de doses de nitrogênio variando de 0 a 150 kg.ha⁻¹ de N, sobre o algodoeiro, cv CNPA 7H, Vieira et al. (2003) concluíram haver efeito linear positivo do nitrogênio sobre o micronaire (Mic) e resistência (Str) ($\text{Mic} = 3,98 + 0,0038x$; $R^2=0,99$ e $\text{Str} = 26,64 + 0,0148x$; $R^2=0,98$), enquanto o alongamento, peso de capulho e, peso de 100 sementes, tiveram efeito cúbico, com pontos de máxima em 135, 109 e 103 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente.

Barbosa et al. (2004) testando níveis crescentes de adubação nitrogenada em cobertura (60, 120, 180 e 240 kg.ha⁻¹ de N) no algodoeiro herbáceo, cv BRS Ipê, em solo de baixa fertilidade ($\text{pH} = 4,7$, $V = 34\%$, $P = 3 \text{ mg.dm}^{-3}$) no cerrado de Goiás, constataram efeito quadrático significativo, cujo ponto de máximo rendimento físico e econômico ocorrem respectivamente nas doses de 170 e 114 kg.ha⁻¹ de N; todavia os rendimentos de algodão em caroço obtidos, segundo o modelo, 2.600 e 2.500 kg.ha⁻¹, respectivamente para os pontos de máximo rendimento físico e econômico, foram muito baixos para as doses de N correspondentes. De acordo com os autores isto se deveu à baixa fertilidade do solo, anteriormente ocupado por pastagem, com desequilíbrio muito forte entre cátions. Evidenciaram ainda efeito linear positivo de teores de nitrogênio nas folhas e índices de incidência de mancha de ramulária e alternaria.

Silva et al. (2004), estudando no município de Maracaju, MS, níveis crescentes de nitrogênio variando de 91 a 154 kg.ha⁻¹ de N, evidenciaram efeito linear positivo dos tratamentos sobre a produção de algodão em caroço, com um rendimento em torno de 3.300 kg.ha⁻¹ na dose de 154 kg.ha⁻¹ de N. Segundo Staut e Kurihara (2001), para se obter uma produtividade em torno de 2.400 kg.ha⁻¹ é necessária a aplicação de no máximo 90 kg.ha⁻¹ de N.

Ao estudar níveis de nitrogênio em cobertura (0, 45, 90, 135, 180 e 225 kg.ha⁻¹ de N) sobre o algodoeiro herbáceo, cv, CNPA ITA 90, em Dourados, MS, Lamas e

Staut (1999) obtiveram efeito quadrático dos tratamentos ($y = 4490,84 + 4,44x - 0,02x^2$; $R^2=0,72$) com ponto de máxima em 111 kg.ha^{-1} de N e um rendimento correspondente de 4.737 kg.ha^{-1} de algodão em caroço. Lamas e Staut (2001), estudando, em Chapadão do Sul (cv. Delta OPal) e Primavera do Leste (cv. CNPA ITA 90), MT, os mesmo tratamentos supracitados, verificaram efeito linear sobre a altura de plantas – AL ($y = 89,84 + 0,076x = \text{cm}$; $R^2=0,79$) e sobre a produção de fibra – PF ($y = 1.347,64 + 2,24x = \text{kg.ha}^{-1}$; $R^2=0,79$) no município de Chapadão do Sul; sendo que a AL variou de $89,84 \text{ cm}$ a $106,94 \text{ cm}$, e a PF de 1.348 a 1.852 kg.ha^{-1} , respectivamente para 0 e 225 kg.ha^{-1} de N, conforme os modelos; todavia, em Primavera do Leste (plantio sob palha de milho) a produção de fibra variou de forma quadrática ($y = 1.382,58 + 2,42x - 0,007x^2 = \text{kg.ha}^{-1}$; $R^2=0,91$), com ponto de máxima em $178,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N e um rendimento de 1.592 kg.ha^{-1} . Relatam, ainda, que PF e a precocidade diminuiriam com o aumento da dose de N, enquanto as características tecnológicas da fibra foram pouco influenciadas pelos tratamentos.

Medeiros et al. (2001) estudaram os efeitos de doses crescentes de nitrogênio (0 , 50 , 100 , 150 e 200 kg.ha^{-1} de N) sobre o algodoeiro, cv BRS Antares, na área experimental da Fundação-GO/EMBRAPA, no município de Santa Helena de Goiás, GO, tendo obtido efeito quadrático dos tratamentos sobre o rendimento de algodão em caroço ($y = 0,0271x^2 + 7,4812x + 1430,9 = \text{kg.ha}^{-1}$; $R^2=0,99$), com ponto de máxima em 138 kg.ha^{-1} de N e rendimento de 1947 kg.ha^{-1} . Os resultados concordam com os de Pazzetti et al. (2001), que estudando na mesma localidade e com a mesma cultivar, evidenciaram efeito quadrático do N sobre o rendimento e obtiveram rendimento máximo na dose de 150 kg.ha^{-1} de N. Pazzetti et al. (1999) também encontraram ponto de máxima semelhante (140 kg.ha^{-1} de N) com rendimento de algodão em caroço de 2.378 kg.ha^{-1} para a cultivar COODETEC 401, em Rio Verde, GO, num Latossolo Vermelho-escuro (franco-argiloso).

Guerra e Iora (1999), estudando em Planaltina, DF, oito níveis de nitrogênio em cobertura (0 , 20 , 40 , 80 , 120 , 160 , 200 e 240 kg.ha^{-1} de N) num Latossolo Vermelho-escuro (fase argila), sobre a cultivar de algodão herbáceo Deltapine Acala 90, com adubação de base de 450 kg.ha^{-1} de $0-20-20$ (N-P₂O₅-K₂O), obtiveram os seguintes modelos matemáticos que descrevem o rendimento de algodão em caroço (kg.ha^{-1}) da cultivar em função de N, para irrigações manejadas a 33 , 60 , 100 e 500 kPa : $y = 3045,8 + 20,7x - 0,051x^2$, $R^2=0,97$; $y = 3456,3 + 21,3x - 0,062x^2$, $R^2=0,98$; $y = 3574,4 + 21,9x - 0,067x^2$, $R^2=0,99$ e $y = 3282,2 + 22,8x - 0,066x^2$, $R^2=0,99$, respectivamente. Os pontos de

máxima dos modelos são, respectivamente, 202, 171, 163 e 172 kg.ha⁻¹ de N, com rendimentos de 5.146, 5.286, 5.364 e 5.251 kg.ha⁻¹. A altura de plantas variou de 0,87 a 1,53 cm do nível 0 para o de 240 kg.ha⁻¹ de N; esta variação foi de 68 a 108 para o número de capulhos, 5,64 a 6,42 g em termos de peso de capulho, de 9,4 a 9,9 g para peso de 100 sementes e de 43,9 a 41,5% para percentagem de fibra. Em relação às características tecnológicas da fibra não houve variações significativas. Carvalho et al. (1999b) e Pazzetti et al. (1999) também constataram relação inversa entre níveis de N e percentagem de fibra.

2.7. Características tecnológicas de fibra do algodão

A pluma produzida pelo algodoeiro representa, de acordo com Santana (2002), 46% das fibras naturais utilizadas pela indústria têxtil em nível mundial (no Brasil 74%), vindo a seguir a lã com 20%, depois o linho com 6%. A fibra do algodão é, portanto, entre as fibras naturais, a mais utilizada pela indústria têxtil nacional e mundial, em razão dos méritos indiscutíveis de suas características físicas, as quais são resultado de um complexo processo biológico desencadeado desde o florescimento até a abertura dos capulhos, durante um período variável entre 50 e 70 dias (Santana e Wanderley, 1995).

As características tecnológicas da fibra de algodão, apesar de serem condicionadas por fatores hereditários, são influenciadas por fatores externos, alguns economicamente incontroláveis, como as condições climáticas, porém, outros passíveis de controle como a fertilidade do solo, incidência de pragas e doenças e suprimento hídrico (Santana et al., 1999).

Hoje em dia, as análises de qualidade tecnológica de fibras de algodão são efetuadas pelo instrumento de alto volume (HVI – High Volume Instruments). De acordo com Zellweger Uster (1995), em 1991 todos os fardos comercializados através de financiamentos pelo USDA (Departamento Norte-Americano de Agricultura) tiveram como pré-requisito o teste de classificação no sistema HVI.

Segundo Fonseca e Santana (2002), o sistema HVI mede as principais características definidas pelo USDA, tanto para o mercado de algodão, quanto para o melhoramento genético, com procedimento padronizado pela norma internacional ASTM D-4605. Dentre as determinações realizadas pelo equipamento destacam-se:

índice de micronaire, comprimento, uniformidade de comprimento, índice de fibras curtas, índice de fiabilidade, resistência, alongamento, reflectância e grau de amarelo, assim como impurezas; há ainda o módulo NIR (Near infrared), utilizado na avaliação da maturidade e do teor de açúcar reduzido presente no algodão.

Para melhor interpretação dos resultados fornecidos pelo HVI, Fonseca e Santana (2002) e Santana (2002), definem tais propriedades da seguinte maneira:

O micronaire (Mic) é um índice através do qual se verifica o comportamento e resistência ao ar de uma massa fibrosa definida em fluxo de ar a uma pressão constante. A escala foi originalmente concebida utilizando-se da densidade linear massa/comprimento, entendida como indicador da finura gravimétrica ($\mu\text{g}\cdot\text{in}^{-1}$). O Mic constitui um critério de seleção na produção de fios, pois com o valor do micronaire é possível avaliar com grande precisão a massa da fibra que comporá a seção transversal do fio, o que influi diretamente em sua resistência. Fibras de baixo Mic normalmente causam “neps” no fio e no tecido, bem como variações no tingimento. A classificação para o Mic é a seguinte: muito fina ($<3,0$), fina (3,0 a 3,9), média (4,0 a 4,9), grossa (5,0 a 5,9) e muito grossa ($>6,0 \mu\text{g}\cdot\text{in}^{-1}$).

A resistência ($\text{gf}\cdot\text{tex}^{-1}$) das fibras é definida pela parede secundária, ou seja, pela quantidade de celulose depositada no interior da fibra. Segundo a norma da ASMT D 1445, trata-se da resistência específica à ruptura de um feixe fibroso, calculando-se a finura das fibras individuais (tex) a partir do valor do Mic. Os valores são obtidos a uma taxa de deformação constante e podem ser avaliados segundo a seguinte classificação: muito baixa (<20), baixa (21 a 23), média (24 a 26), elevada (27 a 29) e muito elevada ($>30 \text{gf}\cdot\text{tex}^{-1}$).

O alongamento (Elg) permite avaliar o comportamento elástico de um material têxtil quando submetido a um esforço de tração, proporcionando uma idéia sobre a fiabilidade esperada e sobre as possibilidades de tratamento posteriores. No HVI, o valor de referência para Elg é 1/8 de polegada, correspondendo a 100%; por conseguinte, 0,00125 polegadas ou 0,032 mm correspondem a 1% de alongamento. O parâmetro obtido é a dimensão da dilatação de ruptura, podendo ser escalonado da seguinte forma: muito frágil ($<5,0$), frágil (5,0 a 5,8), regular (5,9 a 6,7), elevado (6,8 a 7,6) e muito elevado ($>7,6\%$).

Comprimento a 2,5% SL (Span Length) e a 50% SL representa o comprimento médio que atinge, respectivamente 2,5 e 50% das fibras de uma amostra selecionadas ao acaso. A classificação do comprimento médio é a seguinte: curto ($<25,15$), regular

(25,16 a 27,94), longo (27,94 a 32) e, muito longo (>32,0mm). Quanto maior o comprimento efetivo das fibras, mantidas as demais características, fios mais finos podem ser produzidos, já que necessitam de um número menor de torções para se obter fios de boa resistência.

O índice de uniformidade de comprimento (Unf) corresponde à relação de valores de comprimento médio (Mean Length) e comprimento médio da metade superior das fibras da amostra (Upper Half Mean Length). É uma indicação da dispersão de comprimento das fibras dentro da totalidade da amostra. Quanto maior este índice, menores as perdas nos processos de fiação. Os resultados para este índice podem ser interpretados segundo a seguinte classificação: muito baixo ou muito irregular (<77), baixo (77 a 79), regular (80 a 82), elevado (83 a 85) e muito elevado ou muito homogêneo (>85%).

O índice de fibras curtas (SFI) é a proporção percentual (em peso) de fibras curtas (comprimento inferior a 12,5mm) das fibras contidas na amostra. A classificação para o SFI é a seguinte: muito baixo (<6,0), baixo (6,0 a 9,0), regular (10 a 13), elevado (14 a 17) e muito elevado (>17%).

A reflectância (Rd) é a quantidade de luz refletida pela amostra. É medida sobre uma escala preta e branca, que varia de 0 a 100 unidades de Rd. A fibra de algodão varia de 40 a 85 Rd; quanto mais branco for o algodão maior será o grau de reflexão (Rd).

O grau de amarelo (+b) se determinado com a ajuda de um filtro amarelo, indica o amarelecimento da fibra. A faixa para a fibra do algodão varia entre 4 e 18; quanto maior for o valor de +b, maior o amarelecimento da fibra.

A maturidade é uma propriedade física da fibra muito importante, já que existe relação direta entre a maturidade e o potencial gerador de “neps” (Hamby, 1966, citado por Fonseca e Santana, 2002). Esta característica é definida segundo a espessura da parede celular ou a superfície anelar transversal da fibra, onde são depositados anéis concêntricos de celulose a uma taxa média de um anel por dia. O grau de maturidade (Mat) representa a comparação da maturidade da amostra ensaiada em relação a uma fibra totalmente madura. A interpretação dos resultados de Mat é feita através das seguintes classes: algodão muito maduro (1,00), superior ao médio (0,95 a 1,00), maduro (0,85 a 0,95), inferior ao médio (0,80 a 0,85), imaturo (0,70 a 0,80) e inadequado (<0,70).

De acordo com Rodrigues (2003), o Brasil já possui o maior parque têxtil da América Latina e, desde muito tempo, utiliza tecnologia de ponta nas indústrias de fiação. Segundo Santana et al (1999), a indústria têxtil nacional exige fibras médias, longas e extralongas, cada vez mais finas e resistentes para que possam ser fiadas nos rotores de alta velocidade, nas fiações modernas. Conforme Freire et al. (1997), as novas cultivares de algodão devem apresentar finuras em índice de micronaire na faixa de 3,4 a 4,2 $\mu\text{g}\cdot\text{in}^{-1}$ e resistência em HVI superior a 24 $\text{gf}\cdot\text{tex}^{-1}$. Conforme Ferreira e Freire (1999) as exigências da indústria têxtil nacional (demanda estimada em 80%), para características determinadas em HVI, são: resistência de 28 $\text{gf}\cdot\text{tex}^{-1}$, comprimento de fibra de 28 mm, uniformidade 45%, índice de fibras curtas 12%, grau de maturidade 0,9, micronaire 3,6-4,2, alongamento de 7.

2.8. Função de produção

Na agricultura o fator água deve ser otimizado possibilitando, sem maiores riscos, aumentar a utilização dos demais insumos de produção e, por conseqüência, obter-se maiores produtividades com uma melhor combinação dos insumos empregados. Para tanto, o conhecimento das funções de produção ou superfícies de resposta é fundamental para auxiliar nas decisões, haja vista que estas funções possibilitam determinar as interações entre os diversos fatores que afetam a produtividade, e escolher as soluções mais condizentes com a realidade regional, permitindo assim o manejo racional da irrigação em bases técnicas economicamente viáveis (Bernardo, 1998).

Frizzone (1998) entende que a função de produção pode ser definida como uma relação física entre as quantidades utilizadas de certo conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que se podem obter do produto, para dada tecnologia adotada, e pode ser representada por uma função matemática com derivadas de primeira e segunda ordem.

Segundo Salomon (1985), a curva de produção versus água aplicada tem uma zona de déficit de água e outra zona após o ponto de máxima produção, que é a zona de excesso de água. Para Hargreaves e Samani (1984), o trecho da curva da relação “produção versus água aplicada” até 50% da quantidade que resulta na produção máxima, pode ser considerado uma reta; a partir daí, os acréscimos de água

correspondem a ganhos progressivamente menores na produção, até o ponto de máxima produção, a partir do qual os acréscimos na produção são negativos.

Para English (1990), quanto mais a quantidade de água aplicada se aproxima da irrigação sem déficit, menos eficiente é a irrigação. O declínio da curva de produção a partir do ponto máximo deve-se à diminuição da aeração do solo, à lixiviação dos nutrientes e doenças associadas com o solo úmido (Stegman et al., 1980). Segundo Frizzone (1993), a representação gráfica dos custos de operação e aplicação de água é uma reta, e a da função que representa a receita líquida é uma curva; a quantidade de água (L^*) que proporciona a receita líquida máxima é inferior à quantidade de água (L_m) que proporciona a máxima produção; e, que, dependendo do nível tecnológico, para um mesmo volume de água utilizado em três situações de eficiência tecnológica decrescente obtém-se, em consequência, menor eficiência econômica e menor produtividade marginal.

As aplicações das funções de produção água-cultura são frequentemente criticadas por serem empíricas, específicas de um local e incompletas, omitindo efeitos de muitos outros fatores e suas interações com a água. Porém, segundo Vaux e Pruitt (1983), as funções de produção são necessárias para prever, sob certas condições de clima, cultivo e operação, as produtividades físicas incrementadas pela água de irrigação, a serem utilizadas nas análises econômicas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização climática

Os experimentos foram conduzidos no pivô 8 da Fazenda Santa Cruz, propriedade particular, no município de Barreiras, BA, a 75 km desta cidade em sentido a Luís Eduardo Magalhães (Figura 1), com as coordenadas geográficas 12°03'09" de latitude Sul e 44°57'46,6" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich, e 660 m de altitude, durante o período compreendido entre março e setembro de 2004. A fazenda é cortada pelo Rio das Pedras, de onde provém a água utilizada na irrigação.

O clima da região é, conforme a classificação de Thornthwaite e Mather (1955), do tipo C1d'A', que representa clima sub-úmido a seco, com pequeno excedente hídrico, megatérmico, chuvas de primavera/verão. O período chuvoso ocorre entre outubro e março, com precipitação média de 1136 mm/ano, temperatura média anual de 25,1°C, com máxima de 32°C e mínima 18,1°C e umidade relativa do ar média anual de 68% (normal climatológica: 1961-1990; INMET, 2005).

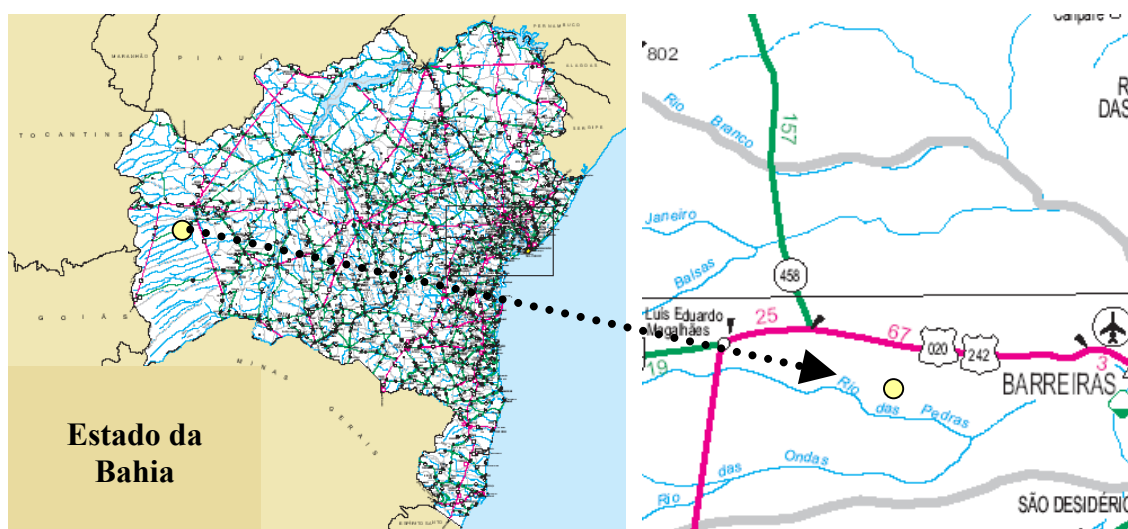


Figura 1. Localização da Fazenda Santa Cruz na Região Oeste da Bahia.

3.2. Espécie e cultivar

Foi pesquisada a cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.), cultivar Deltapine Acala 90, da Empresa Maeda Deltapine Monsanto sementes de algodão (MDM®). A cultivar tem ciclo médio, com 55 dias até o início do

florescimento e 140 a 160 dias do plantio à colheita; o peso de capulho gira em torno de 5,0 a 6,0 g (MDM, s.d). As características tecnológicas de fibra e fio da cultivar constam na Tabela 1.

Tabela 1. Características tecnológicas da fibra e fio da cultivar Deltapine Acala 90.

Porcentagem de fibra	Micronaire ($\mu\text{g}\cdot\text{in}^{-1}$)	Comprimento (mm)	Uniformidade (%)	Elongação (%)	Reflectância (%)	Resistência ($\text{gf}\cdot\text{tex}^{-1}$)
39-42	3,8-4,5	30-33	84,40	7,30	74,10	28,70

Fonte: MDM (s.d.)

A cultivar Deltapine Acala 90 possui alto potencial produtivo, todavia, é exigente em fertilidade, correção e descompactação do solo; é moderadamente resistente a *Alternaria* e *Stemphyllium*; moderadamente sensível a ramulose, fusariose e nematóides e sensível a doença azul (virose), ramulária e mancha angular (MDM, s.d).

3.3. Experimentos

Foram implantados dois experimentos, em área comercial, com o algodoeiro herbáceo irrigado via pivô central. No Experimento I avaliaram-se os efeitos de lâminas de água, dentro do manejo cultural do produtor, sobre crescimento/desenvolvimento, rendimento e características tecnológicas de fibra do algodoeiro herbáceo, cv. Deltapine Acala 90, na Região Oeste da Bahia. No Experimento II, realizado simultaneamente com o Experimento I, em mesma área e com a mesma cultivar, foram avaliados os efeitos de doses de nitrogênio em interação com lâminas de água, sobre as mesmas variáveis avaliadas no Experimento I.

3.4. Tratamentos e delineamento estatístico

No Experimento I os tratamentos constaram de quatro lâminas de irrigação, L_1 a L_4 (Tabela 2), calculadas como frações da evapotranspiração da cultura (ETc). No Experimento II foram estudadas quatro doses de nitrogênio, N_1 a N_4 (Tabela 2), nas lâminas L_1 a L_4 .

Tabela 2. Conjuntos de tratamentos estudados. Barreiras, BA, 2004.

Fator	Unidade	Níveis dos fatores			
		L ₁ =0,75	L ₂ =0,90	L ₃ =1,05	L ₄ =1,20
Lâminas	Fração de ETc	L ₁ =0,75	L ₂ =0,90	L ₃ =1,05	L ₄ =1,20
Nitrogênio ^a	kg.ha ⁻¹	N ₁ =108	N ₂ =168	N ₃ =238	N ₄ =308

^asó para o Experimento II.

A área experimental constou de um quadrante (30 ha) de um pivô central Valmatic (120 ha). O quadrante foi dividido em cinco “fatias” de igual tamanho (6,0 ha/fatia), denominadas L₁ a L₄ mais L_T (Figura 2a). As fatias L₁ a L₄ receberam as lâminas de irrigação segundo a Tabela 2; a fatia L_T recebeu o manejo de água da fazenda e serviu para comparação do rendimento obtido com o manejo do produtor versus a função de produção obtida com os tratamentos de lâminas de água estudados.

No Experimento I foram demarcadas, ao acaso, em cada fatia de irrigação (L₁ a L₄ e L_T), três áreas de amostragem de dados (parcelas experimentais ou repetições – R₁, R₂ e R₃); cada uma constou de seis linhas de plantio com espaçamento de 0,76 m e sete metros de comprimento, perfazendo uma área de 31,92 m² por parcela (Figura 2b).

No Experimento II foram instalados 4 ensaios, um em cada lâmina (L₁ a L₄), com as parcelas de nitrogênio distribuídas no delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela constou de oito linhas de plantio com espaçamento de 0,76 m e sete metros de comprimento, perfazendo uma área total de 42,56 m² por parcela (Figura 2c). Foram consideradas na área útil as 6 linhas centrais de cada parcela e, dos sete metros de cada linha, apenas os cinco metros centrais.

3.5. Sistema de irrigação

O equipamento de irrigação utilizado foi um pivô central fixo, marca Valmatic[®], montado em 1991 (Apêndice 1a). O equipamento, com 13 torres, possui raio de 620 m, sendo 20 m de tubulação em balanço. A bomba, tipo centrífuga de eixo horizontal, é de marca KSB[®] com vazão aproximada de 345,7 m³.h⁻¹ (Apêndice 1b). O motor é da marca WEG[®] com potência instalada de 175 cv. O ponto do pivô, com base quadrangular em concreto, é equipado com uma caixa central de controle (Apêndice 1c,d) de onde se opera o equipamento. Os emissores são do tipo difusor, da marca Fabrimar[®] (Apêndice 1e), com regulador de pressão (pressão nominal de 141,86 kPa) e diâmetro de bocal variando entre 2 mm, na torre 1, até 9,2 mm na tubulação em balanço.

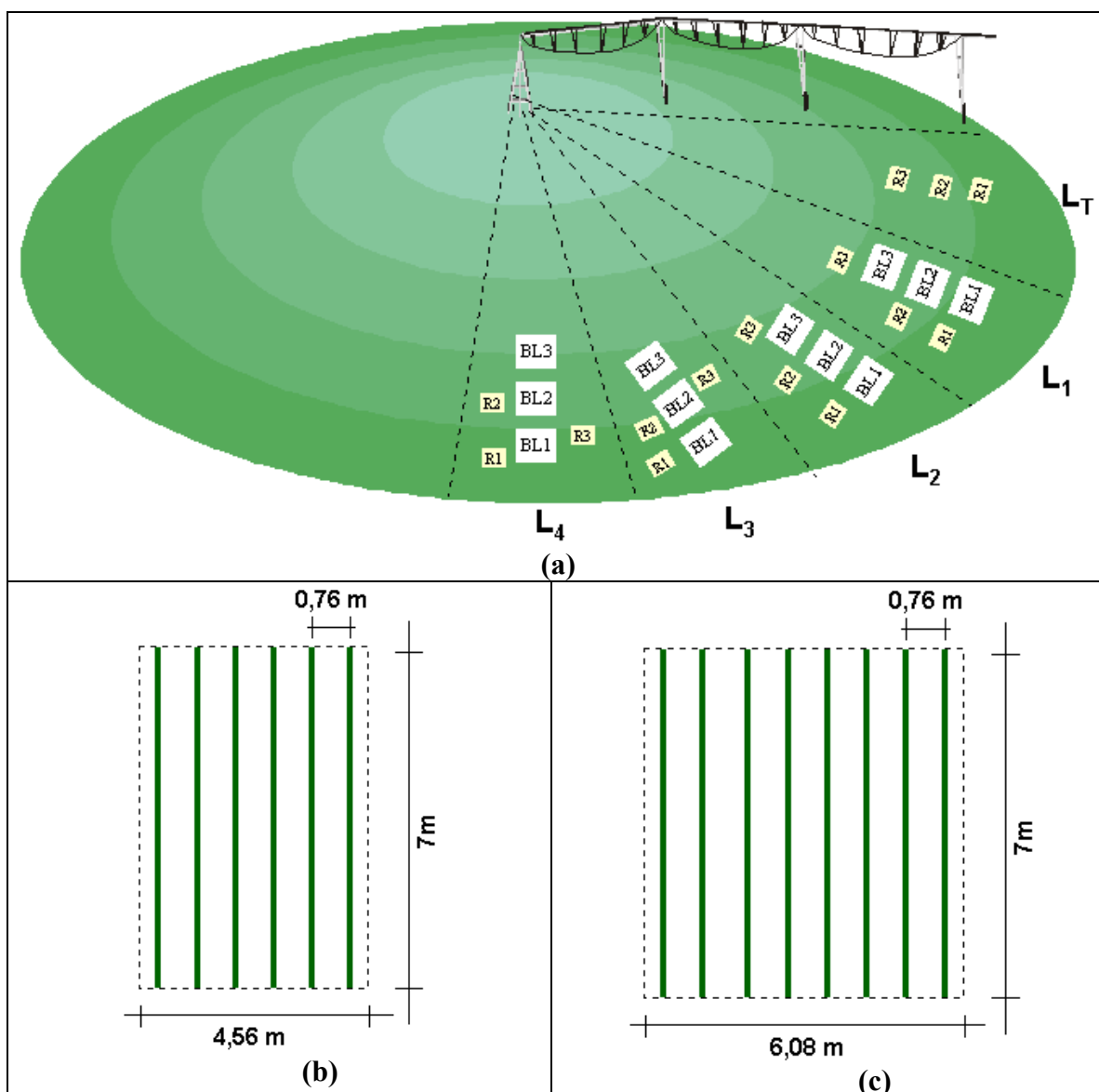


Figura 2. Esquema de instalação dos Experimentos I e II em campo (a); detalhamento das parcelas experimentais dos Experimentos 1 (b) e 2 (c). Barreiras, BA, 2004.

3.6. Caracterização do solo

As características físico-hídricas e químicas do solo da área experimental, Latossolo Amarelo, classe textural areia franca, constam nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. As análises foram realizadas no laboratório da EMBRAPA Algodão, em Campina Grande, PB, conforme metodologias propostas por EMBRAPA (1997), a partir de amostras compostas (cada uma a partir de 10 amostras simples distribuídas aleatoriamente na área) retiradas do campo na camada 0-40 cm.

Tabela 3. Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental na camada 0-40cm. Barreiras, BA, 2004.

Parâmetro		Amostra	
		01	02
Areia	g.kg ⁻¹	828	842
Silte	g.kg ⁻¹	57	57
Argila	g.kg ⁻¹	115	101
Densidade real	g.cm ⁻³	2,54	2,50
Densidade aparente	g.cm ⁻³	1,52	1,50
Porosidade total	%	40,08	40,19
Macroporosidade	%	26,10	26,75
Capacidade de campo	%	9,67	8,96
Ponto de Murcha	%	4,95	5,10

Tabela 4. Caracterização química do solo da área experimental na camada 0-40 cm. Barreiras, BA, 2004.

Parâmetro		Amostra	
		01	02
Matéria orgânica	g.dm ⁻³	11,42	14,55
pH	-	5,80	5,60
Fósforo	mg.dm ⁻³	28,50	29,33
Potássio	mmol _c .dm ⁻³	0,60	0,70
Cálcio	mmol _c .dm ⁻³	11,0	17,0
Magnésio	mmol _c .dm ⁻³	8,00	7,00
Sódio	mmol _c .dm ⁻³	0,30	0,40
Hidrogênio+Alumínio	mmol _c .dm ⁻³	1,0	1,5

3.7. Caracterização da água de irrigação

A água de irrigação foi derivada do Rio das Pedras. A análise da água foi realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), conforme metodologias descritas por Richards (1954); os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Caracterização química da água utilizada para irrigação. Barreiras, BA, 2004.

Cátions	Valor	Ânions	Valor
Ca ⁺⁺ (mmol _c .L ⁻¹)	0,05	Cl ⁻ (mmol _c .L ⁻¹)	0,0575
Mg ⁺⁺ (mmol _c .L ⁻¹)	0,0275	HCO ₃ ⁻ (mmol _c .L ⁻¹)	0,022
Na ⁺ (mmol _c .L ⁻¹)	0,00	CO ₃ ⁻⁻ (mmol _c .L ⁻¹)	0,00
K ⁺ (mmol _c .L ⁻¹)	0,00	SO ₄ ⁻⁻ (mmol _c .L ⁻¹)	0,00
Σ cátions (mmol _c .L ⁻¹)	0,0775	Σ ânions (mmol _c .L ⁻¹)	0,0795
pH	7,03		
CE (μS.cm ⁻¹) a 25°C	7,9	Classe:	C ₁ S ₁

3.8. Preparo do solo

A preparação do solo da área foi realizada na primeira semana do mês de março de 2004. Inicialmente foi passada uma grade aradora a 20 cm de profundidade, para destruição dos restos da cultura anterior (abóbora); em seguida foi passado um subsolador para descompactação da camada 0-40 cm e, por fim, o solo foi nivelado mediante grade niveladora. Não houve aplicação de calcáreo.

3.9. Plantio

O plantio foi realizado entre 10 e 12 de março de 2004, utilizando-se de sementes da cultivar Deltapine Acala 90, no espaçamento de 0,76 m entre fileiras e na densidade de 7-10 plantas.m⁻¹.

No Experimento I o plantio foi mecanizado, sendo utilizada uma plantadeira de soja CASE, deixando-se apenas as áreas destinadas ao Experimento II sem semear. A plantadeira realizou, simultaneamente, a adubação de fundação (5-7 cm de profundidade) e a semeadura (2-3 cm).

O Experimento II foi plantado manualmente. Primeiramente, houve a demarcação, realizada com auxílio de trena, cordas e piquetes. Em seguida, foram abertos os sulcos de plantio com 5-8 cm de profundidade e 10 cm de largura, utilizando-se de sachos (Figura 3a); logo após, as parcelas foram identificadas com plaquetas plásticas (Figura 3b). Os adubos de fundação, previamente pesados de acordo com o tratamento e acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados, foram distribuídos na cabeceira dos sulcos de plantio de suas respectivas parcelas (um por linha); a distribuição foi manual e uniforme nos sete metros de cada linha da parcela e, em seguida, os adubos foram cobertos com solo, ficando o sulco com aproximadamente 2-3 cm de profundidade. Em seguida foi procedida a semeadura manual (Figura 3c,d) e, posteriormente, as sementes foram cobertas com uma camada de 2-3cm de solo.



Figura 3. Abertura dos sulcos de plantio (a); identificação das parcelas com plaquetas (b); semeadura manual (c) sulcos com adubo de fundação coberto e com as sementes distribuídas (d). Barreiras, BA, 2004.

3.10. Avaliação da uniformidade de aplicação de água

Antes de se iniciar a aplicação dos tratamentos de lâmina, foi realizada uma minuciosa avaliação de uniformidade de aplicação de água do equipamento pivô central, representada pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), conforme metodologia recomendada por Frizzone (1992), objetivando-se diagnosticar as condições de aplicação, bem como obter as curvas “lâmina aplicada x percentímetro” e “percentímetro x tempo de revolução”, para serem utilizadas nos eventos de irrigação.

Em função da topografia uniforme e devido ao trabalho ser realizado em $\frac{1}{4}$ do pivô, os testes de uniformidade foram realizados em um raio, locado no meio do quadrante. Foram realizados 4 testes correspondendo às seguintes regulagens de percentímetro do pivô: 100, 65, 50 e 25%.

Durante cada teste, a água aplicada foi coletada em pluviômetros, dispostos em linha, numerados em ordem crescente a partir do ponto do pivô (Figura 4a), espaçados de 5 m, sendo o primeiro locado a 20 m da torre central; desta forma foram dispostos, na linha, 121 coletores até a extremidade da tubulação em balanço. Os coletores tinham 8 cm de diâmetro, perfazendo uma seção transversal de $50,27 \text{ cm}^2$. Cada pluviômetro foi instalado a 60 cm do solo, suspenso por uma haste de alumínio (Figura 4b,c). Foram registrados ainda os dados de evaporação durante cada teste, bem como a velocidade do vento, através de anemômetro instalado na extremidade da área irrigada (Figura 4d).

Após o pivô passar sobre a bateria de coletores, os volumes captados eram

mensurados através de proveta (Figura 4e); com os dados coletados em cada pluviômetro (descontada a evaporação), e suas respectivas distância ao centro do pivô, calculou-se o “Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)”, que para pivô central, devido à necessidade de ponderação das lâminas, segundo Heermann e Hein (1968), assume a forma da Eq. 1. As lâminas foram ponderadas devido cada coletor representar uma área maior à medida que se distancia do ponto do pivô (Figura 4a). Nos apêndices 2 a 5 constam os perfis de distribuição das lâminas, as lâminas médias e os valores de CUC obtidos para cada um dos quatro percentímetros avaliados.

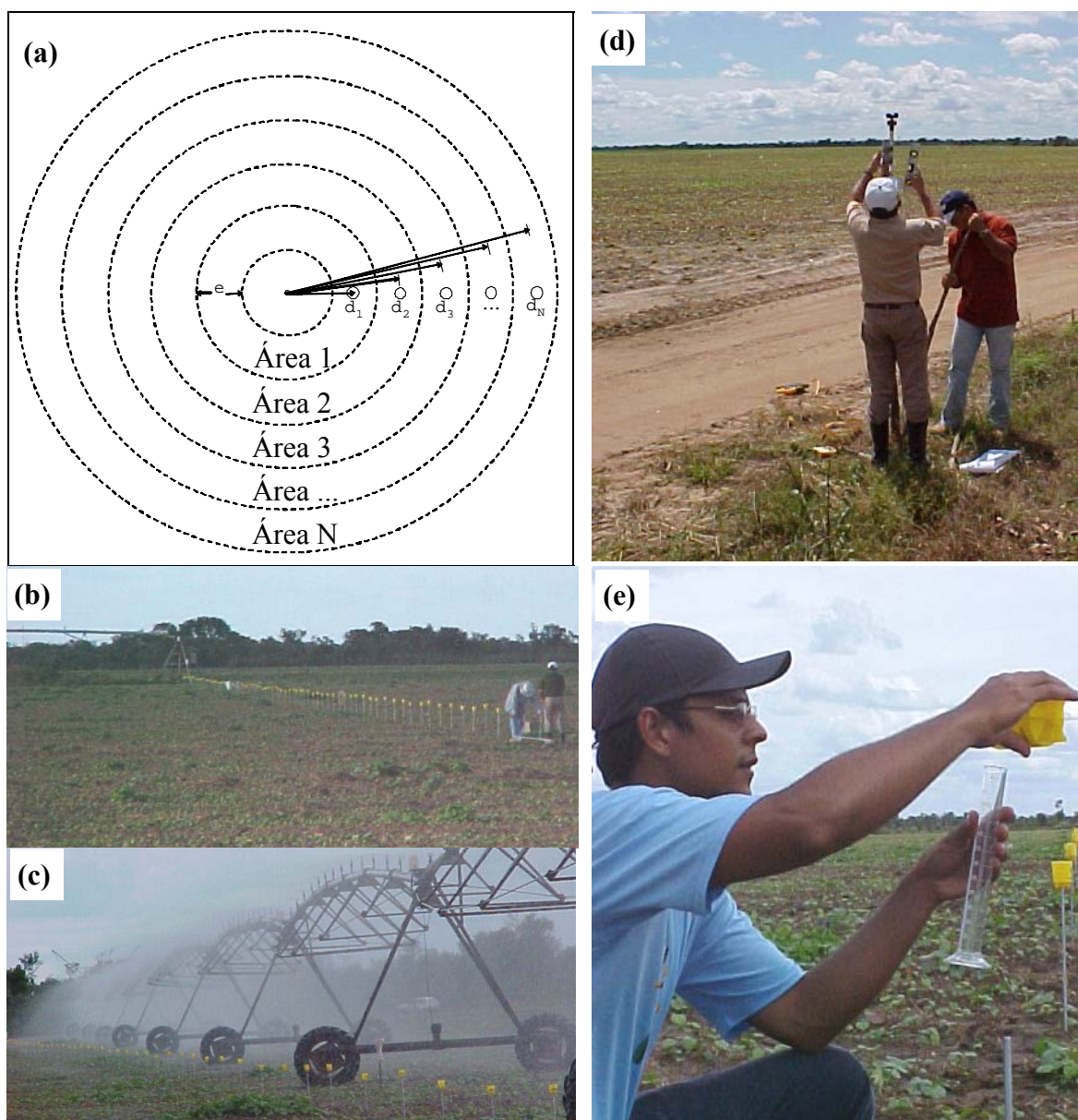


Figura 4. Numeração dos coletores em ordem crescente a partir do ponto do pivô seguindo a crescente área que eles representam a partir da torre central (a); instalação dos coletores (b); pivô passando sobre os coletores (c); instalação do anemômetro (d) e mensuração do volume de água captado no coletor (e). Barreiras, BA, 2004.

$$CUC = 100 * \left[1 - \frac{\left| \frac{\sum_{i=1}^n S_i X_i - \frac{\sum_{i=1}^n S_i X_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \right|}{\sum_{i=1}^n S_i X_i / \sum_{i=1}^n S_i} \right] \dots Eq.1$$

Onde:

n = número total de observações; X = lâmina de água observada (mm); S = distância do coletor ao centro do pivô (m); i = número de ordem das lâminas de água.

Com os dados de lâmina média (ponderada), coletada para cada um dos quatro valores de percentímetros, foi obtida a equação contida na Figura 5a, que correlaciona o ajuste do percentímetro com a lâmina aplicada. A curva foi obtida com o objetivo de ser utilizada no manejo da irrigação, uma vez que fornece o valor que o percentímetro deve ser ajustado para se ter a lâmina desejada.

Foi mensurado, para cada percentímetro testado, o tempo que a última torre levava para percorrer um espaço de 50 m. Mediante regra de três estes valores foram convertidos a tempo de revolução e, divididos por 20, em tempo aproximado para irrigar uma fatia experimental (6 ha - 1/20 da área do pivô). Com os dados de tempo para o pivô irrigar uma fatia em cada valor de ajuste de percentímetro testado, foi obtida a equação apresentada na Figura 5b, que era usada na estimativa do tempo de irrigação.

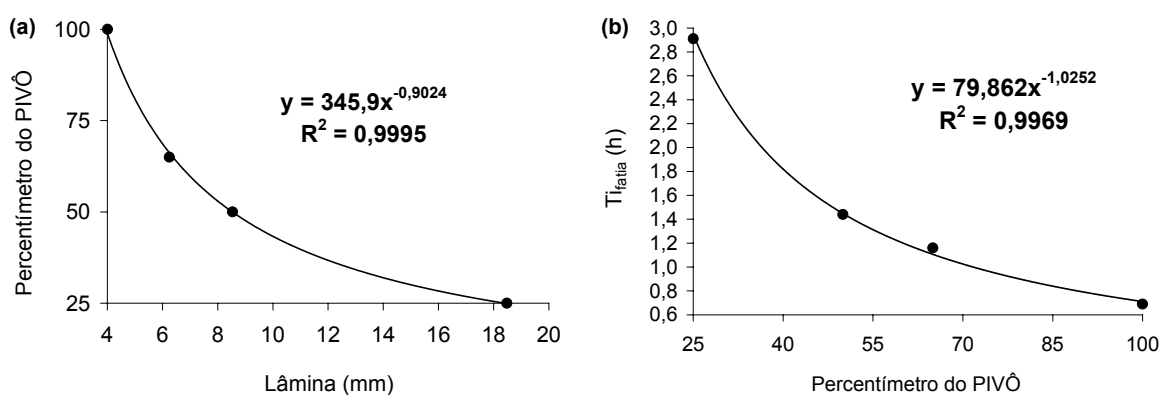


Figura 5. Equação para determinação do ajuste do percentímetro do pivô para uma dada lâmina que se pretende aplicar (a) e tempo para irrigar uma fatia (6 ha) experimental (T_{fatia}), em função do ajuste do percentímetro (b). Barreiras, BA, 2004.

3.11. Práticas culturais

3.11.1. Desbaste

Foi realizado desbaste, aos 40 dias após a emergência (DAE) com o intuito de se eliminar o excesso de plantas nas fileiras, deixando-se em torno de 7-10 plantas por metro na linha.

3.11.2. Esquema de adubação

3.11.2.1. Adubação no Experimento I

A adubação foi realizada de acordo com a fazenda, sendo incorporados, em fundação, $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de MAP (12% de N e 50% de P_2O_5) e, adicionalmente, $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de superfosfato simples (18% de P_2O_5), incorporados com adubador de disco na entrelinha a 5 cm de profundidade. Houve aplicação de $800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de gesso agrícola (a lanço), em doses de 250 e $550 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente aos 20 e aos 55 DAE.

Foram realizadas 4 aplicações de N em cobertura, com uréia (45% de N), totalizando $418 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, sendo 100 e $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente aos 17 e 40 DAE, através de lance no trator; mais $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, aos 65 DAE, através de adubador de linha e, uma quarta aplicação aos 72 DAE com $68 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, via água de irrigação.

As adubações potássicas, via solo, foram realizadas com cloreto de potássio, totalizando a dose de $378 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($226,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O), parcelada em 3 vezes, sendo a primeira e a segunda aos 30 e 60 DAE, respectivamente, com $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ por aplicação; a terceira, aos 70 DAE com $78 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. No último parcelamento também foram aplicados $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de borogran ($3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de boro).

As adubações foliares foram realizadas em 7 aplicações: aos 26 DAE com $1 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ de BASF foliar manganês[®]; a segunda, aos 30 DAE com $1 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ de BASF foliar manganês[®] + $150 \text{ mL} \cdot \text{ha}^{-1}$ de comol[®] (Cobalto+Molibdênio); a terceira aos 43 DAE com $1 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ de BASF foliar zinco[®] + $0,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de ácido bórico; a aplicação seguinte ocorreu aos 61 DAE, com $5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de ácido bórico; aos 71, 80 e 89 DAE foram aplicados, respectivamente 10, 5 e $5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de KNO_3 (13,5% de N; 46% de K_2O).

Totalizando-se as adubações NPK efetuadas via solo e folhas, foram aplicados, no Experimento I, aproximadamente $212,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N (MAP + uréia + KNO_3), $236 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O (KCl + KNO_3) e $117 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 (MAP + superfosfato simples).

3.11.2.2. Adubação no Experimento II

A adubação de fundação constou de 357 kg.ha⁻¹ de superfosfato triplo (150 kg.ha⁻¹ de P₂O₅), mais 100 kg.ha⁻¹ de KCl (60 kg.ha⁻¹ de K₂O). Foram, ainda, aplicados 66,7 kg.ha⁻¹ de uréia (30 kg.ha⁻¹ de N) nas parcelas do tratamento N₁ e 88,9 kg.ha⁻¹ de uréia (40 kg.ha⁻¹ de N) para as demais (N₂ a N₄). Adicionalmente foram incorporados, na entrelinha, a 5 cm de profundidade, mais 150 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples (27 kg.ha⁻¹ de P₂O₅), através de adubador de disco. Houve aplicação de 800 kg.ha⁻¹ (a lanço) de gesso agrícola, sendo 250 e 550 kg.ha⁻¹, respectivamente aos 20 e aos 55 DAE.

Foram realizadas 4 adubações, incorporadas manualmente, ao lado da linha de plantio a 5 cm de profundidade, sendo a primeira aos 17 DAE, com 100 kg.ha⁻¹ de uréia para todos os tratamentos (45 kg.ha⁻¹ de N); a segunda aos 35 DAE, com 50 kg.ha⁻¹ de fritas (FTE) + 100 kg.ha⁻¹ de KCl (60 kg.ha⁻¹ de K₂O - todos os tratamentos); aos 50 DAE com 100 kg.ha⁻¹ de KCl (60 kg.ha⁻¹ de K₂O), mais 0,0, 55,6, 111,1 e 188,9 kg.ha⁻¹ de uréia (0, 25, 50 e 85 kg.ha⁻¹ de N), respectivamente para os tratamentos N₁, N₂, N₃ e N₄; a quarta cobertura ocorreu aos 65 DAE com mais 33,33 kg.ha⁻¹ de KCl (20 kg.ha⁻¹ de K₂O), 30 kg.ha⁻¹ de borogran (3 kg.ha⁻¹ de boro) e mais 0, 55,6, 155,6 e 233,3kg.ha⁻¹ de uréia (0, 25, 70 e 105 kg.ha⁻¹ de N). Além das coberturas via solo, aos 72 DAE, foram aplicados mais 68 kg.ha⁻¹ de uréia (30,6 kg.ha⁻¹ de N), via água de irrigação, em a toda área.

As adubações foliares foram as mesmas descritas para o Experimento I. Totalizando as adubações via solo e folhas foram aplicados 209,2 kg.ha⁻¹ de K₂O (KCl + KNO₃), 177 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo + superfosfato simples) e 108, 168, 238 e 308 kg.ha⁻¹ de N (uréia + KNO₃), respectivamente para os tratamentos N₁ a N₄.

3.11.3. Controle fitossanitário

O controle fitossanitário foi realizado de acordo com a fazenda, com levantamento a cada 3 dias. No Apêndice 6 consta a relação de produtos, princípio ativo, doses e datas de aplicação. Embora não tenha havido infestação severa de qualquer praga, as que ocorreram na área dos experimentos foram: pulgão (*Aphis gossypii*), ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*) e rajado (*Tetranychus urticae*), spodoptera (*Spodoptera frugiperda*), lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella*), bicudo

(*Anthonomus grandis*) e curuquerê (*Alabama argillacea*). As doenças que ocorreram, sendo devidamente controladas, foram a mancha de alternaria (*Alternaria alternata*), a ramulária (*Ramularia areola* Atk) e o mirotécio (*Myrothecium roridum*).

3.11.4. Controle de ervas daninhas

Houve aplicação dos herbicidas pré-emergentes Gamit[®] e Diuron 500[®], ambos na dose de 1200 mL.ha⁻¹ aos 2 dias após a semeadura. No dia 10/04/04 (24 DAE) houve aplicação do herbicida pós-emergente Envoke[®], na dose de 5 g.ha⁻¹, com o espalhante adesivo Iharaguens[®] (0,2%, base volume). Aos 35 e 90 DAE foi realizada capina manual.

3.11.5. Aplicação de reguladores de crescimento e dessecadores

Foram realizadas quatro aplicações de reguladores de crescimento, sendo as três primeiras com o produto comercial Pix[®] e a última com Tuval[®]. O dessecante (Finsh[®]) foi aplicado aos 172 DAE. As aplicações foram realizadas com um pulverizador mecanizado (Uniporte). As datas, produtos, princípio ativo e suas respectivas doses constam no Apêndice 7.

3.12. Estimativa da evapotranspiração

O plano de manejo da irrigação foi pautado em monitoramento via clima, mediante uso de uma estação climatológica automática ISIS[®], da Sqüintter do Brasil (Figura 6), instalada a 100 m do Pivô. Através da estação foram obtidos os dados necessários ao cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo modelo de Hargreaves e Samani (1985) expresso na Eq. 2.

$$ET_o = 0,0023 \cdot Q_o \cdot (T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{0,5} \cdot (T + 17,8) \dots \dots \dots Eq. 2$$

Onde : Q_o – radiação no topo da atmosfera (mm.d⁻¹) (Tabelado - Pereira et al. (2001)

T_{máx} – temperatura máxima do dia (°C)

T_{mín} – temperatura mínima do dia (°C)

T – temperatura média do dia (°C)

A ETo foi convertida em evapotranspiração da cultura (ETc), através de multiplicação pelo coeficiente de cultivo (kc) e pelo fator ks (Eq. 3). Os coeficientes de cultivo (kc) utilizados foram: $kc_{inicial}=0,45$, $kc_{médio}=1,15$ e $kc_{final}=0,75$ (Yague e Roche, 1990); a curva de kc adotada consta na Figura 7. Pelo fator “ ks ”, obtido através da Eq. 4a, corrige-se a redução da evapotranspiração máxima da cultura em função da depleção do conteúdo de água no solo, segundo Bernardo (1995).

$$ETc = ETo.kc.ks.....Eq. 3$$

$$ks = \frac{\ln(LAR + 1)}{\ln(CTA + 1)}.....Eq. 4a$$

$$LAR = CTA - \left(\sum_{i=1}^n ETc - Pe \right).....Eq.4b$$

Onde :

LAR = lâmina armazenada no solo (zona radicular - 600 mm) no dia (mm);

CTA = capacidade total de armazenamento na zona radicular (mm), em base de constantes hídricas do solo (Tabela 4);

n = turno de irrigação (dias)

Pe = precipitação efetiva (mm)



Figura 6. Estação climatológica automática ISIS[®], da empresa “Sqüintter do Brasil”, utilizada na tomada de dados de pluviosidade e temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar. Barreiras, BA, 2004.

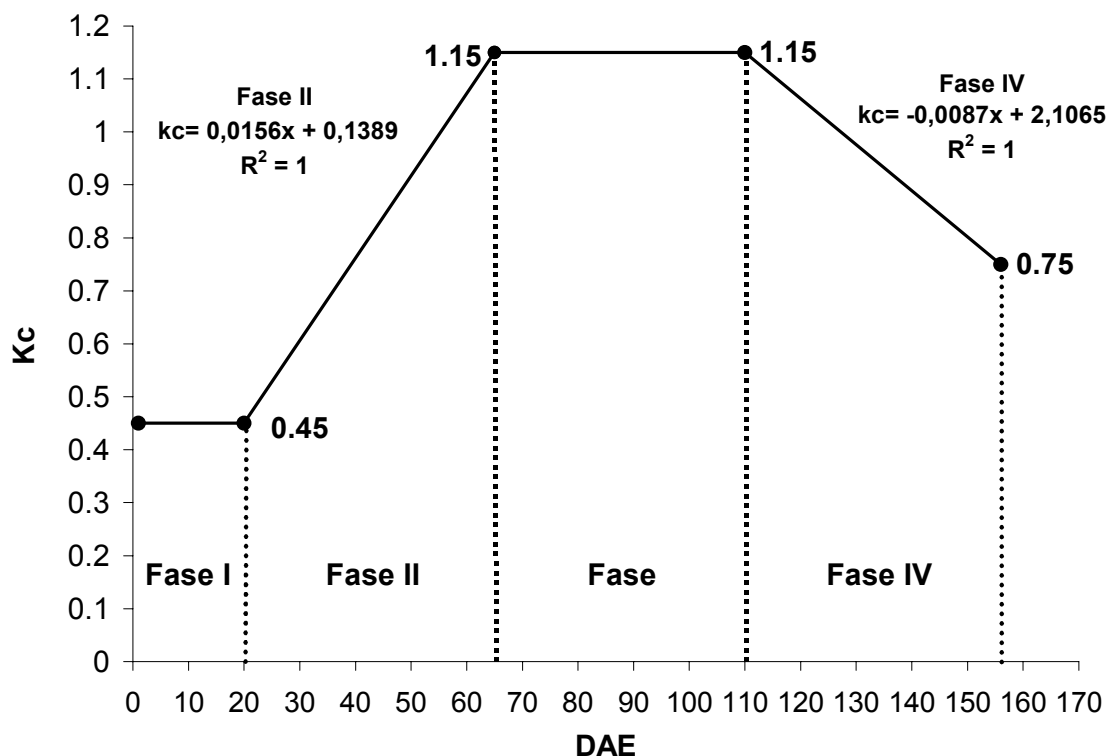


Figura 7. Curva de coeficiente de cultivo (k_c) adotada no manejo da irrigação em função dos dias após a emergência das plântulas (DAE). Barreiras, BA, 2004.

3.13. Irrigações

Em função das chuvas que ainda ocorriam, a primeira irrigação foi efetuada aos 20 dias após a emergência (DAE). A partir de então, as irrigações foram efetuadas duas vezes por semana, as segundas e sextas-feiras, portanto, com turno de irrigação (TR) variando de 3 a 4 dias. Para viabilizar a mensuração da lâmina aplicada em cada irrigação, a fatia referente ao manejo da fazenda foi irrigada com a mesma frequência. A irrigação foi cessada quando mais de 90% das maçãs, do terço superior das plantas, estavam cheias, de modo que o período de irrigação foi diferenciado conforme o tratamento de água; sendo a última irrigação realizada aos 142, 149, 156 e 156 DAE, respectivamente para L_1 , L_2 , L_3 e L_4 . Para a fatia manejada pela fazenda, L_T , a última irrigação foi procedida aos 149 DAE, conforme decisão do produtor.

A necessidade hídrica da cultura no turno de rega (ET_{CTR}) era, portanto, o somatório dos valores de ET_c dos dias do turno. A necessidade de irrigação no turno de rega (NI) era obtida abatendo-se da ET_{CTR} o valor da precipitação efetiva (Pe). Para chuvas maiores que a lâmina deficitária na zona radicular (LD_{ZR}), a Pe era igual à LD_{ZR}

no dia da chuva; para chuvas inferiores à LD_{ZR} , a Pe era igual a chuva. A lâmina deficitária na zona radicular era estimada através de balanço hídrico climatológico. A precipitação pluvial efetiva total durante o ciclo foi de 49,7 mm, sendo 32,19 mm após o início das irrigações.

As lâminas de irrigação a serem aplicadas em cada tratamento eram definidas pelo produto entre a NI e o fator do tratamento (0,75; 0,90; 1,05 e 1,20 respectivamente para L_1 a L_4), à exceção da testemunha (L_T) em que a fazenda definia o ajuste do percentímetro do pivô a ser utilizado em cada irrigação.

Com o valor da lâmina de irrigação por tratamento (LI_{Treat}) a ser aplicada, chegava-se ao valor do ajuste do percentímetro do pivô (P) e ao tempo necessário para efetuar a irrigação da fatia (Ti_{fatia}), através dos modelos contidos respectivamente nas Figuras 5a e 5b, resultantes dos testes de uniformidade e de tempo de revolução efetuados no início do ciclo.

A lâmina aplicada era monitorada a cada irrigação, através de uma bateria de coletores instalados em cada fatia. Cada bateria era composta por 12 coletores (4 fileiras de três), instalados sobre hastes de ferro a 60 cm de altura do solo, nos carreadores entre os blocos (Figura 8a,b). Imediatamente após a passagem do pivô sobre os coletores, o volume de água recolhido era medido através de proveta graduada (precisão de 1 mL). A lâmina média aplicada na fatia era obtida de acordo com a Eq. 5:

$$\text{Lâmina} = \frac{\text{Volume médio coletado (cm}^3\text{)}}{\text{Área do coletor (cm}^2\text{)}} \cdot 10 = \text{mm} \dots \dots \dots \text{Eq.5}$$

A lâmina coletada era comparada à lâmina de irrigação definida para o tratamento naquela irrigação. Em função de muitos vazamentos que ocorriam, corriqueiramente, na tubulação adutora, muitas vezes a lâmina coletada era inferior à pretendida; em tais ocasiões, quando a diferença entre a lâmina requerida e a aplicada era maior que 4 mm, era calculado um novo percentímetro (Figura 5a) e o pivô voltava à fatia para complementar a lâmina aplicada na primeira passagem. Quando a diferença era menor que 4 mm, a lâmina deficitária era aplicada na irrigação seguinte, uma vez que a lâmina mínima aplicada pelo pivô era de aproximadamente 4 mm.

Após o cálculo dos percentímetros a serem utilizados em cada tratamento, o procedimento para execução do evento de irrigação era o seguinte: posicionar o pivô na

divisa da lâmina testemunha (L_T); ajustar o percentímetro para irrigar a L_T , conforme a fazenda; realizar a escorva da bomba; esperar a água chegar na extremidade do balanço e dar partida no pivô; mensurar a lâmina aplicada; esperar o pivô chegar próximo à divisa com o tratamento seguinte e se dirigir à torre central; identificar a chegada do pivô à divisa e ajustar o percentímetro para aplicar a lâmina do próximo tratamento. Durante o dia, a identificação da chegada do pivô à divisa era feita através da visualização da bandeira de sinalização (Figura 8c), com o auxílio de binóculo (Figura 8d); à noite, um sinal de luz (lanterna) direcionado da bandeira para o ponto do pivô, sinalizava o momento.

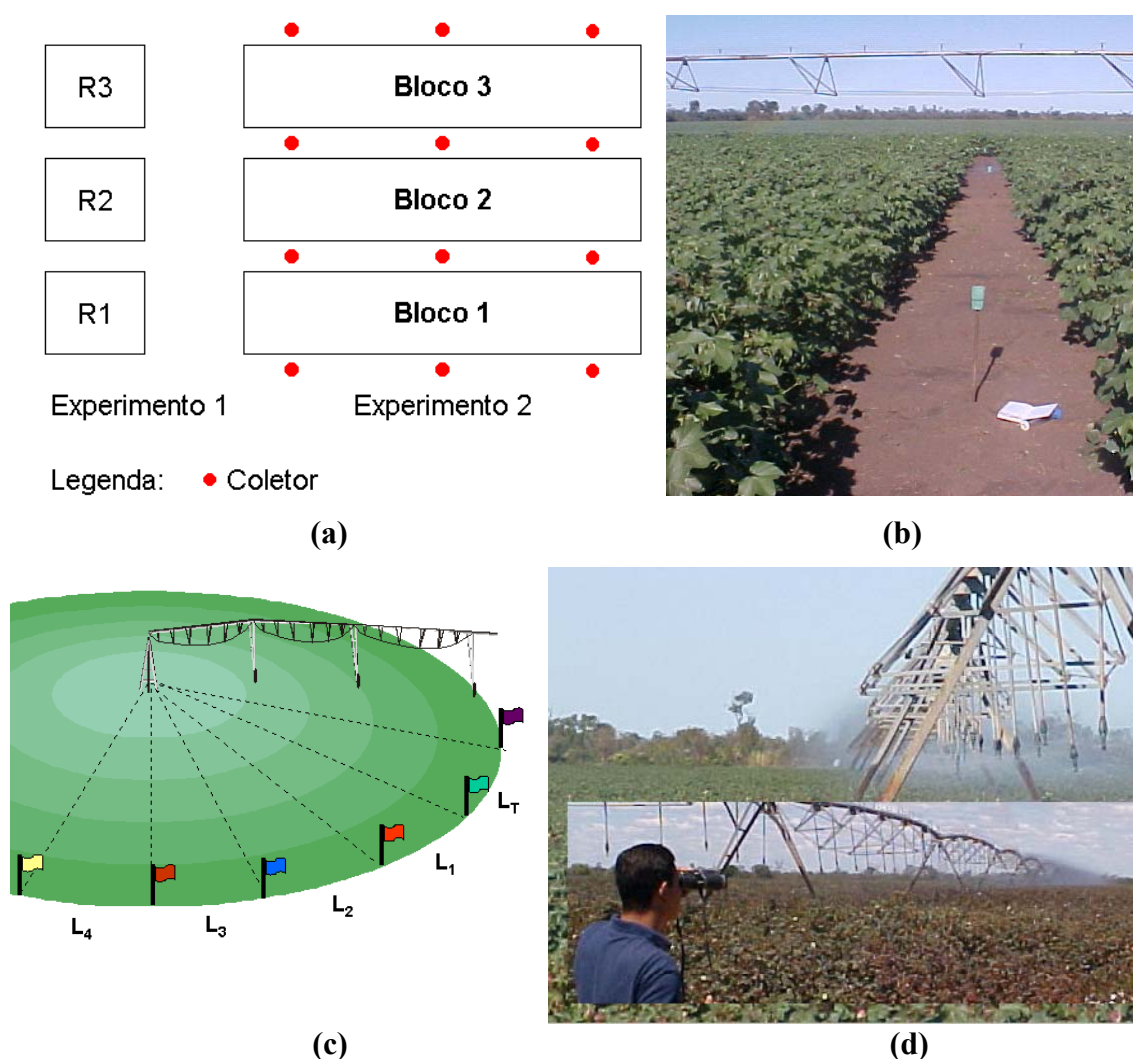


Figura 8. Esquema de distribuição dos coletores em cada lâmina (a); bateria de coletores para monitoramento da lâmina aplicada em cada irrigação (b); bandeiras de sinalização das divisas entre tratamentos de lâmina, instaladas na extremidade da área irrigada (c); visualização da chegada do pivô à bandeira de sinalização através de binóculo (d). Barreiras, BA, 2004.

3.14. Avaliações de crescimento

3.14.1. Avaliações não destrutivas

Foram efetuadas cinco avaliações, a intervalo de 20 dias, a partir de 80 dias após a emergência (DAE), para quantificação do efeito das lâminas sobre o crescimento em altura das plantas (AL). Na última avaliação, aos 160 DAE, além da mensuração da AL, foram obtidos também o número de entrenós (NE) e o diâmetro de colo (DC).

As mensurações de AL, DC, bem como a contagem do NE, foram efetuadas em seis plantas por parcela no Experimento I e em cinco plantas/parcela no Experimento II, sendo selecionadas aquelas com características fenológicas médias das plantas da parcela; as mesmas eram identificadas através de etiqueta presa na parte apical (Apêndice 8a) para que as avaliações fossem realizadas sempre nas mesmas plantas.

As leituras de diâmetro caulinar foram efetuadas no colo das plantas, com o auxílio de um paquímetro metálico de 0,1 mm de precisão (Apêndice 8b). A altura de planta foi obtida medindo-se a distância entre o colo e a extremidade superior da haste principal da planta, utilizando-se trena graduada em milímetros (Apêndice 8c).

3.14.2. Avaliação destrutiva

Aos 120 DAE, além da avaliação não destrutiva anteriormente abordada, foi efetuada uma destrutiva, obtendo-se as seguintes variáveis: número de folhas/planta (NF), comprimento médio da nervura principal do limbo foliar (CMF), área foliar/planta (AF), fitomassa das folhas (FF), do caule (FC), fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA) e reprodutiva (FR), por planta.

Foram coletadas, em cada parcela experimental, duas plantas visualmente com as características fenológicas médias das plantas da parcela. Cada planta foi dividida em três partes com semelhante número de entrenós, sendo terço inferior, médio e superior. Em cada terço foram selecionadas seis folhas medianas para mensuração do comprimento do limbo foliar; posteriormente foi contado o número total de folhas (NF) do terço. O número de folhas por planta foi o somatório do NF contadas nos três terços da planta. O comprimento médio do limbo foliar (CMF) foi a média aritmética do CMF

dos três terços.

A área foliar/folha foi estimada mediante Eq. 6, conforme Rodrigues (2003), em cada terço da planta. A área foliar/terço foi o produto entre a área foliar/folha e o número de folhas do terço. A área foliar/planta foi obtida pela Eq. 7, que representa o somatório das áreas foliares estimadas para cada terço. O NF, o CMF e a AF de cada repetição (parcela), foi a média destas variáveis para as duas plantas amostradas na parcela.

$$Y = 7,7387e^{0,231C} \dots\dots\dots \text{Eq.6}$$

$$\text{AF/planta} = \sum_{i=1}^3 (Y * \text{NF}) \dots\dots\dots \text{Eq.7}$$

Onde :

Y = área foliar/folha (cm²),

C = Comprimento da nervura principal da folha do algodoeiro (cm),

i = terço da planta

Depois de mensurada a área foliar, as partes vegetativas (folhas e caule) e reprodutivas (flores, botões e maçãs), das duas plantas da repetição, foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados, e postos a secar em estufa ventilada a 65°C por 168 horas. Após este período, os materiais foram pesados, sendo então os valores de cada saco divididos por 2 para determinação da FF, FC e da FR por planta; a FVPA foi obtida pela soma da FF com a FC.

Com o objetivo de se conhecer os efeitos de lâminas e doses de nitrogênio sobre a espessura do limbo foliar do algodoeiro, adaptou-se o índice fisiológico RAF (Benincasa, 2003), que trata da razão entre a área foliar e a fitomassa da parte aérea, substituindo-se o denominador pela fitomassa das folhas, sendo o novo índice denominado de razão de área foliar/fitomassa foliar (RAFF), expresso em cm² de área foliar por grama de fitomassa de folhas.

3.15. Colheita

A colheita foi realizada quando da ocorrência de um mínimo de 95% de capulhos (número de capulhos/nº de maçãs + capulhos x 100). Como os tratamentos influenciaram a duração do ciclo fenológico, a colheita foi realizada em datas diferenciadas, de acordo com a

lâmina aplicada, sendo a colheita do tratamento que recebeu a menor lâmina (L_1) realizada 15 dias antes daquela de maior irrigação. As datas de colheita foram as seguintes: L_1 em 09/09/2004 (176 DAE); L_2 e L_T respectivamente em 22 e 23/09/2004 (189 e 190 DAE, respectivamente) e L_3 e L_4 em 24/09/2004 (191 DAE).

No Experimento 1, como as parcelas foram demarcadas dentro da lavoura sem carregadores em volta, a própria área comercial servia de bordadura; por isso, foram colhidas todas as seis linhas de 7 metros ($31,92 \text{ m}^2$) que constituíam a parcela experimental. No Experimento 2, das 8 linhas da parcela, foram colhidas as seis centrais, deixando-se 1 m em cada extremidade de cada linha sem colher, com limites demarcados através de corda (Apêndice 9a), perfazendo uma área colhida de $22,8 \text{ m}^2$.

A colheita foi realizada manualmente, a partir das dez horas da manhã, para evitar orvalho, utilizando-se de sacos de pano devidamente identificados por dentro e por fora (Apêndice 9b). Os sacos, devidamente identificados e fechados, permaneciam em suas respectivas parcelas; ao final do dia os sacos eram dispostos na cabeceira do ensaio para pesagem (Apêndice 9c). A pesagem do volume de algodão colhido em cada parcela foi efetuada utilizando-se de balança eletrônica de carga com precisão de 5 g.

3.16. Características tecnológicas de fibra do algodão

As características tecnológicas de fibra do algodão foram obtidas a partir da Amostra Padrão (AP) coletada por ocasião da colheita, sendo a AP obtida da seguinte forma: foi coletado 1 capulho no terço médio de 20 plantas, escolhidas aleatoriamente na porção útil de cada parcela, sendo a amostragem realizada em zig-zag.

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e levadas ao Laboratório de Tecnologia de Fibra e Fio da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S. A. (EBDA), em Luís Eduardo Magalhães/BA, onde foram climatizadas por 24 h e, em seguida, submetidas ao HVI (High Volume Instruments) para determinação das seguintes características tecnológicas da fibra: comprimento (Len); uniformidade (Unf); índice de fibras curtas (Sfi); resistência (Str); alongamento (Elg); índice micronaire (Mic); reflectância (Rd); grau de amarelamento (+b) e grau de maturidade (Mat).

3.17. Análise física e econômica da produção

As quantidades de insumos e os custos de aplicação foram registrados durante o ciclo do algodoeiro para estabelecimento da curva de melhor resposta física e econômica da cultura à aplicação de água e nitrogênio, conforme a metodologia contida em Frizzone (1993), descrita a seguir, considerando-se:

P_z – Preço unitário de venda de algodão em caroço ($R\$.kg^{-1}$);

C_L – Custo de uma unidade do insumo água ($R\$.mm^{-1}.ha^{-1}$);

C_N – Custo de uma unidade do insumo nitrogênio ($R\$.kg^{-1}$);

C_0 – Custo parcial unitário da lavoura ($R\$.ha^{-1}$).

O valor de C_L foi calculado com base no preço de uma hora de funcionamento do pivô (horímetro) pago ao arrendatário, R\$ 12,00. O C_N foi composto pelos custos de aquisição do fertilizante + custos de aplicação. O C_0 compreendeu todos os custos de produção, excetuando-se os diretamente relacionados com os fatores estudados (água e/ou adubação nitrogenada), sendo calculado conforme Eq. 8, considerando-se que os custos de colheita são variáveis com o rendimento de algodão em caroço (Z).

$$C_0 = C_i + (C_c \cdot Z) \dots\dots\dots \text{Eq. 8}$$

Onde: C_i são os custos de produção ($R\$.ha^{-1}$) excetuando-se os diretamente relacionados com o (s) fator (es) estudo (s) e os custos de colheita; C_c são os custos de colheita por unidade de algodão colhido ($R\$.kg^{-1}$); Z é o rendimento de algodão em caroço ($kg.ha^{-1}$) que é variável em função dos níveis de água e nitrogênio aplicados.

3.17.1. Modelo contendo um único fator como variável independente

A função de produção tendo um único fator como variável, cujo modelo é um polinômio do segundo grau, Eq. 9, foi determinada através de análise de regressão dos dados experimentais de rendimento de algodão em caroço.

$$Z = a + bx + cx^2 \quad \dots\dots\dots\text{Eq. 9}$$

Onde: Z, anteriormente definido ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); “x” o nível do fator (variável independente), em mm quando se tratar de lâmina de água ou em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, quando for nitrogênio; a, b, c – são coeficientes da função de produção.

3.17.1.1. Definição dos pontos de máximo rendimento bruto e líquido

O nível do fator variável que proporciona a máxima produção (F_m) foi obtido pela Eq. 10 (ponto de máxima da Eq. 9) e a quantidade do fator que maximiza a receita líquida (F^*) foi determinada pela Eq. 11, adaptada de Frizzone (1993), para levar em consideração que os custos de colheita do algodão são variáveis com o rendimento de algodão em caroço produzido (Z).

$$F_m = -b/(2 \cdot c) \quad \dots\dots\dots\text{Eq. 10}$$

$$F^* = (C_F - (P_z - C_c) \cdot b) / (2 \cdot (P_z - C_c) \cdot c) \quad \dots\dots\dots\text{Eq. 11}$$

Onde: “b” e “c” são coeficientes da função de produção (Eq. 9); C_F é o custo com o fator (água, em $\text{R\$} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ou nitrogênio, em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$); P_z preço do algodão em caroço ($\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$); C_c é o custo de colheita em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$ de algodão em caroço.

3.17.1.2. Receita líquida

A receita líquida (RL) em função do fator dose de nitrogênio (N) foi determinada pela Eq. 12, conforme Frizzone (1993). Para o fator lâmina de água (L) a Eq. 12 foi adaptada para considerar a precipitação efetiva (Pe), conforme Eq. 13.

$$RL(N) = (P_z \cdot Z) - (C_N \cdot N) - C_0 \quad \dots\dots\dots\text{Eq. 12}$$

$$RL(L) = (P_z \cdot Z) - [C_L \cdot (L - Pe)] - C_0 \quad \dots\dots\dots\text{Eq. 13}$$

Onde: RL em $\text{R\$} \cdot \text{ha}^{-1}$, em função do nível do fator variável, água (L, em $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1}$) ou nitrogênio (N, em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); P_z ($\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$), Z ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), C_N ($\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$), C_0 ($\text{R\$} \cdot \text{ha}^{-1}$), C_L ($\text{R\$} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) e Pe ($\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1}$), anteriormente definidos.

3.17.2. Modelo contendo dois fatores como variáveis independentes

Os dados de produção obtidos no Experimento II, com os tratamentos de água e nitrogênio, foram submetidos a análise de regressão múltipla, sendo selecionado o modelo de segundo grau com duas variáveis independentes, segundo Eq. 14, descrita por Frizzone (1993, 1998).

$$Z(L, N) = a + b.L + c.L^2 + d.N + e.N^2 + f.L.N \quad \dots\dots\dots \text{Eq.14}$$

Onde: $Z(L,N)$ o rendimento de algodão em caroço (kg.ha^{-1}); L – lâmina de água em mm
 N – dose de nitrogênio (kg.ha^{-1}); a, b, c, d, e, f - coeficientes do modelo.

3.17.2.1. Definição dos pontos de máximo rendimento bruto e líquido

Os valores das variáveis independentes, L e N , que maximizam a produção, L_m e N_m , e a receita líquida, L^* e N^* , foram obtidos, respectivamente, através das Eqs. 15 e 16, conforme Frizzone (1993) e, 17 e 18, adaptadas de Frizzone (1993) para levar em consideração que os custos de colheita do algodão são variáveis com o rendimento de algodão em caroço produzido (Z).

$$L_m = [-(2.e.b) + (f.d)] / [(4.c.e) - f^2] \quad \dots\dots\dots \text{Eq.15}$$

$$N_m = [-d - (f.L_m)] / (2.e) \quad \dots\dots\dots \text{Eq.16}$$

$$L^* = [(2.e.(C_L/(P_z - C_c))) - (2.e.b) + (f.d) - ((C_N/(P_z - C_c)).f)] / [(4.c.e) - f^2] \quad \dots\dots \text{Eq.17}$$

$$N^* = [(C_N/(P_z - C_c)) - d - (f.L^*)] / (2.e) \quad \dots\dots\dots \text{Eq.18}$$

Onde:

L (mm.ha^{-1}), N (kg.ha^{-1}), C_L ($\text{R}\$. \text{mm}^{-1} . \text{ha}^{-1}$), C_N ($\text{R}\$. \text{kg}^{-1}$), P_z e C_c ($\text{R}\$. \text{kg}^{-1}$) e, “ b, c, d, e, f ”, anteriormente definidos.

3.17.2.2. Receita líquida

A receita líquida (RL) para uma determinada combinação de lâmina e dose de nitrogênio (L, N), foi determinada pela Eq. 19, adaptada de Frizzone (1993), para subtrair dos custos a parte da lâmina de água referente a precipitação efetiva (Pe).

$$RL(L, N) = (P_z.Z) - [C_L.(L - Pe)] - (C_N.N) - C_0 \quad \dots\dots\dots \text{Eq.19}$$

Onde: RL ($R\$.ha^{-1}$) obtida para uma dada combinação “L e N” (lâmina de água em $mm.ha^{-1}$ e dose de nitrogênio, em $kg.ha^{-1}$); Pe ($mm.ha^{-1}$), P_z e Z ($R\$.kg^{-1}$), C_L ($R\$.mm^{-1}.ha^{-1}$), C_N ($R\$.kg^{-1}$) e C_0 ($R\$.ha^{-1}$), anteriormente definidos.

3.17.2.3. Definição da região factível

Os valores das variáveis independentes (L e N) que definem a região factível, ou seja, $L(N=0)$ e $N(L=0)$ foram determinados pelas Eqs. 20 e 21, conforme Frizzone (1993), descritas a seguir:

$$L(N = 0) = -b / 2.c \quad \dots Eq.20$$

$$N(L = 0) = -d / 2.e \quad \dots Eq.21$$

Onde: “b, c, d, e,” são coeficientes do modelo biquadrático (Eq. 14).

3.17.2.4. Sequência para determinação da combinação de custo mínimo

3.17.2.4.1. Produto físico marginal

Os produtos físicos marginais de água e de nitrogênio, que representam o rendimento de algodão em caroço obtido por unidade do fator empregado, foram determinados, respectivamente pelas Eqs. 22 e 23 (Frizzone, 1993).

$$PFM_L = b + 2.c.L + f.N \quad \dots Eq.22$$

$$PFM_N = d + 2.e.N + f.L \quad \dots Eq.23$$

Onde: PFM_L é o produto físico marginal da água em kg de algodão em caroço por $mm.ha^{-1}$; PFM_N é o produto físico marginal de nitrogênio em kg de algodão em caroço por $kg.ha^{-1}$ de N; L ($mm.ha^{-1}$) e N ($kg.ha^{-1}$) e “b, c, d, e, f”, anteriormente definidos.

3.17.2.4.2. Taxa marginal de substituição

As proporções marginais de substituição de água por nitrogênio ($TMS_{L/N}$) e de nitrogênio por água ($TMS_{N/L}$), foram calculadas pelas Eqs. 24 e 25 (Frizzone, 1993), descritas a seguir:

$$TMS_{L/N} = PFM_L / PFM_N \quad \dots \text{Eq.24}$$

$$TMS_{N/L} = PFM_N / PFM_L \quad \dots \text{Eq.25}$$

3.17.2.4.3. Combinação de custo mínimo

As combinações dos fatores água (L) e adubação nitrogenada (N) que determinam o custo mínimo para cada curva de isoproducto, segundo Frizzone (1986 e 1993) são iguais às combinações que proporcionam a taxa marginal de substituição de água por nitrogênio ($TMS_{L/N}$) que se igualam à razão (C_L/C_N) entre o custo unitário da água ($C_L = R\$ 0,36 \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) e o do nitrogênio ($C_N = R\$ 2,30 \cdot \text{kg}^{-1}$). A obtenção da combinação L e N para $TMS_{L/N} = C_L/C_N$, foi realizada por processo iterativo, em planilha eletrônica, mediante ferramenta “Solver”, do Microsoft Excel[®].

3.17.2.5. Definição dos pontos N_m e N^* para L_1 a L_4 e L_m e L^* para N_1 a N_4

Os valores de N_m e N^* , para cada tratamento de lâmina (L_1, L_2, L_3 e L_4), e os de L_m e L^* para cada nível do fator nitrogênio (N_1, N_2, N_3 e N_4) foram determinados, respectivamente, através das Eqs. 26, 27, 28 e 29. As Eqs. 26 e 28, conforme metodologia descrita por Frizzone (1993), e as Eqs. 27 e 29 foram adaptadas de Frizzone (1993), para levar em consideração que os custos de colheita são variáveis com o rendimento de algodão em caroço.

$$N_m = [-d - (f \cdot L)] / (2e) \quad \dots \text{Eq.26}$$

$$N^* = [(C_N / (P_z - C_c)) - d - (f \cdot L)] / (2e) \quad \dots \text{Eq.27}$$

$$L_m = [-b - (f \cdot N)] / (2c) \quad \dots \text{Eq.28}$$

$$L^* = [(C_L / (P_z - C_c)) - b - (f \cdot N)] / (2c) \quad \dots \text{Eq.29}$$

Onde:

L ($\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1}$), N ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), C_L ($\text{R\$} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$), C_N ($\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$), P_z e C_c ($\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$) e, “b, c, d, e, f, anteriormente definidos.

3.18. Análises estatísticas

Os dados do Experimento I foram submetidos a análise de regressão polinomial. Para o Experimento II, após a verificação da homogeneidade dos resíduos dos quatro ensaios (maior $QM_{resíduo}/menor\ QM_{resíduo} < 7$), conforme Gomes (1985), foi realizada análise conjunta com as lâminas de água (lâmina=efeito de experimento), avaliando-se, desta forma, os efeitos isolados e a interação entre os fatores lâmina de água e dose de nitrogênio (Ferreira, 2000). Os graus de liberdade dos tratamentos foram decompostos em componentes de regressão polinomial, por se tratarem de fatores quantitativos (Gomes, 1985; Santos et al.,1998).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento I

4.1.1. Avaliação de crescimento e desenvolvimento

4.1.1.1. Fitomassa aos 120 DAE

De acordo com os estudos de regressão (Tabela 6), houve efeito quadrático dos tratamentos sobre o acúmulo de fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA). Segundo a equação (Figura 9a), a FVPA aumentou de 48,06 g/planta na menor lâmina (335 mm), até 85,13 g/planta, no ponto de máxima do modelo (450,92 mm), um incremento de 77,15%, evidenciando que o déficit hídrico ocasiona redução do crescimento da planta. Por outro lado, o excesso de água também prejudicou o crescimento; conforme o modelo, a FVPA acumulada no tratamento de maior suprimento hídrico (500 mm), é igual 92,19% da FVPA alcançada no ponto de máxima e corresponde ao valor obtido com 401,85 mm de água. Segundo Beltrão e Souza (2001), o excesso de água no solo reduz o teor de oxigênio na rizosfera, sendo que níveis de O₂ no solo inferiores a 0,5%, ocasionam paralisia no crescimento da radícula da planta, afetando conseqüentemente o crescimento da parte aérea.

O efeito quadrático das lâminas, anteriormente discutido, sobre o crescimento vegetativo da parte aérea, é consequência das suas partições, fitomassa de folhas (FF) e de caule (FC) que variaram de forma quadrática com as lâminas crescentes. De acordo os modelos (Figura 9b) os pontos de máxima para FF e FC são respectivamente 441,53 e 455,26 mm, resultando em 30,18 e 55,06 g/planta; nota-se que o ponto de máxima para FVPA foi mais próximo ao valor obtido para FC, tendo em vista a maior participação da fitomassa de caule na fitomassa vegetativa da parte aérea.

A fitomassa reprodutiva (FR) aos 120 DAE decresceu linearmente (Figura 9c) com o aumento do suprimento hídrico às plantas, cerca de 0,1452 g.mm⁻¹ incrementado; todavia isto se deve à aceleração do ciclo cultural das plantas submetidas à restrição hídrica, que não deve ser confundido com relação inversa entre produtividade e lâmina de água dentro do intervalo estudado, como será constatado na discussão do efeito dos tratamentos sobre o rendimento de algodão em caroço.

Na Figura 9d são apresentadas as partições da fitomassa total da parte aérea (FTPA) aos 120 DAE; nota-se, nesta figura, claramente o efeito inverso entre lâmina e duração do ciclo cultural. Nesta ocasião, no tratamento de menor suprimento hídrico ($L_1 = 335$ mm), aproximadamente 60% da fitomassa total da parte aérea, era composta por fitomassa reprodutiva; nos tratamentos de maior suprimento hídrico (L_3 e L_4 , respectivamente 456 e 500 mm) a situação era inversa e, 60% da FTPA era composta por fitomassa vegetativa ($FV = FF + FC$), enquanto no tratamento de L_2 (391 mm), a situação era intermediária, havendo, na ocasião, igualdade entre FR e FV.

Pereira et al. (1997), avaliando níveis de umidade no solo para reposição da água, de 3 a 63% da água disponível, nas cultivares Precoce 1 e CNPA 7H, verificaram relação direta entre disponibilidade de água no solo e o acúmulo de fitomassa das folhas e de caule; todavia não puderam avaliar o efeito do excesso de água, uma vez que a maior lâmina testada não excedeu a evapotranspiração.

Tabela 6. Resumo de ANOVA de regressão e médias para fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA), de folhas (FF), caule (FC) e fitomassa reprodutiva (FR), aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	FVPA	FF	FC	FR
	Quadrado médio			
Beta 1 (Reg. Pol.)	1637,183823 **	84,258529 *	979,161263 **	996,205462 *
Beta 2 (Reg. Pol.)	752,347130 **	74,468856 *	353,075088 **	35,773662 ns
Desv. Reg.	1,116714 ns	0,759373 ns	0,034350 ns	3,418300 ns
QMRésíduo	69,351542	14,494017	24,013258	153,633508
CV (%)	11,61	14,44	10,80	18,60
Lâmina	Médias observadas			
	g/planta			
L_1 (335 mm)	47,9300	20,2100	27,7233	80,5133
L_2 (391 mm)	75,6067	28,2600	47,3467	69,6133
L_3 (456 mm)	84,6500	29,6367	55,0167	59,2733
L_4 (500 mm)	78,6933	27,3567	51,3467	57,1767

** significativo a 1%; *significativo a 5%, ^{ns} não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

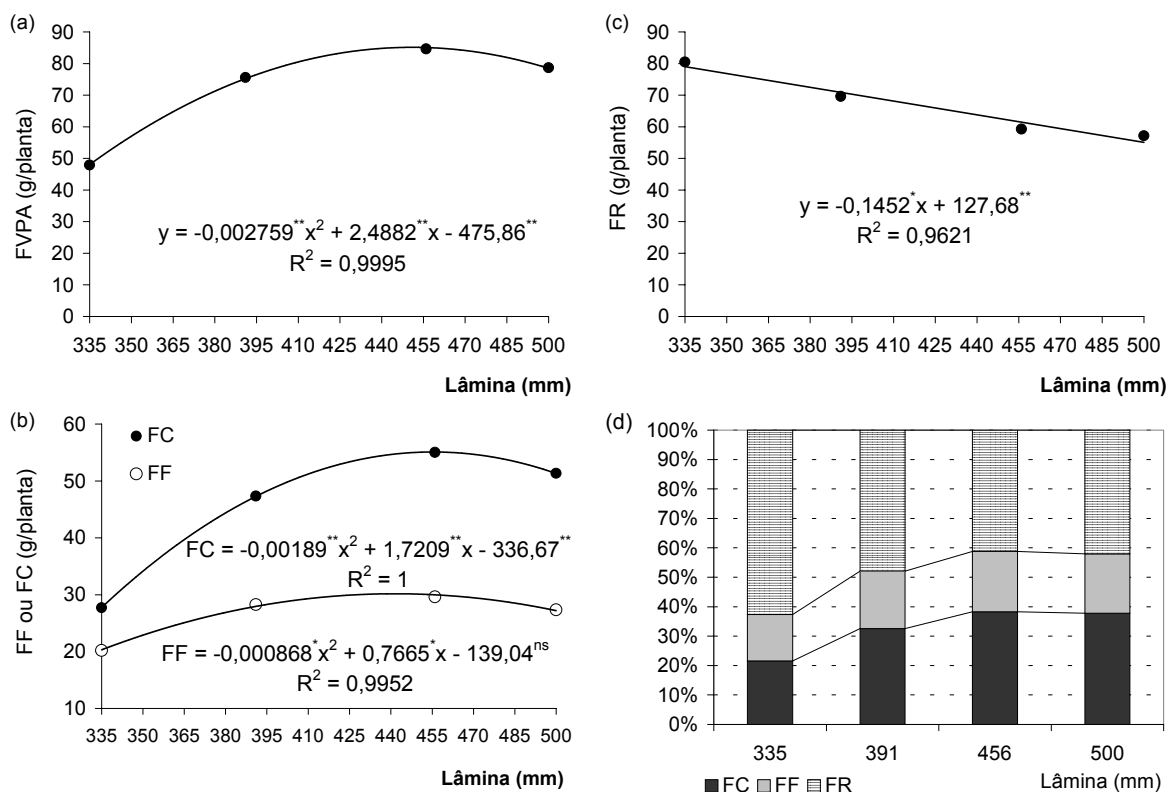


Figura 9. Fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA) (a), fitomassa das folhas (FF) e caule (FC) (b), fitomassa reprodutiva (FR) (c) e partição da fitomassa da parte aérea (d) do algodoeiro herbáceo, cv. Deltapine Acala 90, aos 120 dias após a emergência (DAE), em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.

4.1.1.2. Número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF), área foliar (AF) e razão de área foliar/fitomassa foliar (RAFF) aos 120 DAE

De acordo com a análise de regressão para número de folhas por planta (NF), houve efeito quadrático das lâminas, significativo ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 7). Segundo o modelo (Figura 10a), de forma semelhante ao ocorrido com a fitomassa de folhas, a lâmina de 442,93 mm proporcionou um maior NF, com 59,46 folhas/planta; a partir deste ponto o incremento do suprimento hídrico até a maior lâmina aplicada até 120 DAE ($L_4 = 500$ mm) ocasionou redução de 9,14% no NF; todavia, o comprimento médio de folhas (CMF), conforme estudos de regressão (Tabela 7), cresceu linearmente ($p < 0,01$) com o incremento da lâmina de água dentro do intervalo estudado. De acordo com o modelo (Figura 10b), para cada incremento unitário da lâmina, ocorre um aumento de 0,0077 cm no comprimento médio da nervura principal das folhas. Nota-se que o aumento da disponibilidade hídrica, até o ponto de

máxima do modelo (442,93 mm), ocasionou incremento tanto no número quanto no tamanho das folhas, todavia, a partir deste ponto, o NF começou a cair, mas a expansão foliar unitária continuou crescer, resultando, como será visto posteriormente, em AF equivalente nos tratamentos L₃ e L₄ (456 e 500 mm aos 120 DAE, respectivamente).

Segundo Taiz e Zeiger (2004), muitas plantas de climas áridos possuem folhas pequenas, as quais minimizam a resistência da camada limite da folha à transferência de calor para a atmosfera; por causa da baixa resistência desta camada, as folhas pequenas tendem a permanecer com temperatura próxima a do ar, mesmo quando a transpiração é reduzida. Em contraste, folhas grandes tem uma maior resistência de camada limite e, portanto, dissipam menos energia térmica (por unidade de AF) por transferência direta.

De acordo com a análise de regressão (Tabela 7), o efeito exclusivo de Beta 2 ($p < 0,083$) sobre a AF não é significativo a 5% de probabilidade; todavia, o modelo quadrático como um todo (efeito conjunto de Beta 1 e 2) é significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F (Tabela 8). De acordo com este modelo (Figura 10c), a área foliar cresceu de 2029,38 cm²/planta no tratamento de menor lâmina (L₁ = 335 mm, aos 120 DAE) até 3834,71 cm²/planta em 477,46 mm, um incremento de 88,96%. A partir do ponto de máxima até a maior lâmina estudada, a área foliar sofreu um leve decréscimo de 1,18%, resultando em valor de AF igual a 3789,5 cm²/planta em L₄.

Silva et al. (1998) reportam que plantas de algodoeiro cv. CNPA 6H, que não sofreram déficit hídrico apresentaram área foliar mais desenvolvida, comparada à AF obtida com as plantas submetidas à restrição de água no solo. Conforme Bergamaschi (1999), a baixa disponibilidade de água no solo provoca redução na área foliar; concordando com essa informação, Souza et al. (1999) também relataram que a baixa disponibilidade de água no solo reduz a área foliar do algodoeiro.

Segundo Bergamaschi (1999), a baixa disponibilidade de água no solo pode provocar redução da área foliar, por secamento ou queda das folhas, uma tentativa de a planta reduzir a perda de água por transpiração, aumentando a eficiência de uso da água; todavia, isto resulta em queda da fotossíntese total, que por sua vez reduz a taxa de crescimento e a produção da planta.

Analisando as variáveis de crescimento aos 120 DAE, nota-se que o incremento do suprimento hídrico, ocasionou um maior acúmulo relativo de fitomassa de caule que de folhas; para FF o ganho de L₁ até o ponto de máxima foi de 48,46%; fato também evidenciado em termos de NF (48,59%), enquanto para FC este valor dobrou, 98,59%,

denotando, que as plantas haviam investido menos em crescimento foliar. Verifica-se, no entanto, pelo modelo de regressão (Figura 10d) para razão entre a AF e a FF (RAFF), que o aumento do suprimento hídrico na realidade ocasionou uma maior expansão do limbo foliar, com folhas menos espessas e, portanto, maior área foliar por unidade de fitomassa de folhas. De acordo com o modelo linear (Figura 10d) para RAFF, houve aumento de 0,2328 cm² na AF da planta, por grama de fitomassa foliar, para cada incremento unitário na lâmina (mm). Na literatura é conhecido que plantas submetidas à déficit hídrico desenvolvem folhas menores e mais espessas com objetivo de minimizar a perda de água por transpiração (Taiz e Zeiger, 2004).

Tabela 7. Resumo de ANOVA de regressão e médias para número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF) e área foliar (AF), aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	NF	CMF	AF
	Quadrado médio		
Beta 1 (Reg. Pol.)	349,990990 *	2,787660 **	5435819,12 **
Beta 2 (Reg. Pol.)	275,262952 *	0,000557 ns	782178,84 ns
Desv. Reg.	5,496057 ns	0,075608 ns	755,65 ns
QMResíduo	43,0833	0,028400	199509,4006
CV (%)	12,60	1,91	13,97
Lâmina	Médias observadas		
	unidades/planta	cm	cm ² /planta
L ₁ (335 mm)	40,3333	8,1533	2026,4467
L ₂ (391 mm)	54,1667	8,7000	3180,1500
L ₃ (456 mm)	60,1667	8,9933	3783,6600
L ₄ (500 mm)	53,6667	9,5033	3795,5567

** significativo a 1%; *significativo a 5%, ^{ns} não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Resumo de ANOVA de regressão quadrática para área foliar aos 120 dias após a emergência em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	Quadrado médio
Reg. Pol. Quadr. (efeito conjunto de beta 1 e 2 em y)	3108999 **
Resíduo	177425,65

** significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

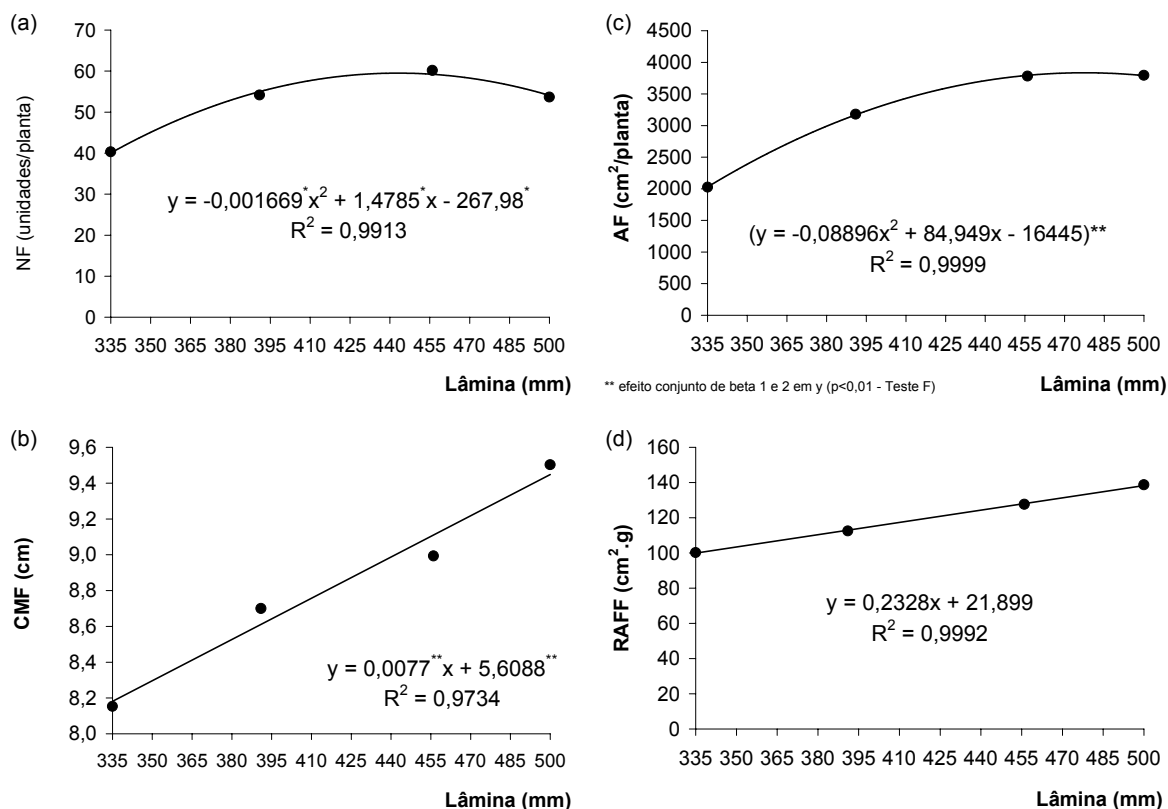


Figura 10. Número de folhas (NF) (a); comprimento médio de folhas (CMF) (b); área foliar (AF) (c) e razão de AF/fítomassa foliar (RAFF) (d) do algodoeiro, cv. Deltapine Acala 90, em função da lâmina de água, aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

4.1.1.3. Altura de planta (AL), número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC)

Na Figura 11 são apresentadas as curvas de evolução de altura das plantas, a partir de 80 a 160 DAE, para cada tratamento, em função dos dias após a emergência (DAE); as equações de regressão, seus coeficientes de determinação e suas significâncias estatísticas são apresentadas na Tabela 9. Independente do tratamento

houve crescimento mais intenso até 100 DAE, seguido de um período, entre 100 e 120 DAE, caracterizado por uma redução gradual da intensidade do crescimento; a partir de então, as curvas apresentam inclinação reduzida, com crescimento quase nulo.

Nota-se que a intensidade do crescimento em altura do algodoeiro herbáceo é sensível à lâmina de água. Na Figura 11, fica evidente que o incremento da lâmina até o tratamento L₃ favoreceu o crescimento em altura, com leve decréscimo na maior lâmina (L₄). De acordo com as predições dos modelos, as diferenças relativas (base em L₁) de altura de plantas entre os tratamentos de menor lâmina e o que resultou em maiores valores de AL (L₄), aumentaram substancialmente até 100 DAE, sendo o incremento do tratamento L₁ para L₃ de 18,8, 35,7, 39,4, 40,0 e 40,1%, respectivamente aos 80, 100, 120, 140 e 160 DAE; entre 80-100 DAE o aumento da diferença foi de 16,9 pontos percentuais, caindo para 3,71, 0,63 e 0,1 em 100-120, 120-140 e 140-160 DAE, respectivamente.

Segundo a análise de regressão (Tabela 10), houve efeito quadrático ($p < 0,05$) das lâminas de água, sobre a altura de plantas, aos 160 DAE. O ponto de máxima do modelo (Figura 12a) ocorre em 622,49 mm, com AL correspondente de 126,64 cm, contra 90,36 cm, obtidos com o tratamento de menor lâmina (L₁ = 403,4 mm). O incremento da lâmina, além do ponto de máxima, até a maior lâmina estudada (L₄ = 677,93 mm), ocasionou um pequeno decréscimo de 2% na altura média das plantas, valor este relativo à estimativa obtida para o ponto de máxima.

Beltrão e Souza (2001) relatam que o teor de umidade no solo é um dos fatores que determinam a altura do algodoeiro e, que o estresse hídrico provocado pelo excesso de água afeta o crescimento da radícula, tendo como consequência a depressão do crescimento da planta. Silva et al. (1998) reportaram que na cv. CNPA 6H, as plantas que não sofreram déficit hídrico cresceram mais em altura, comparadas às plantas que sofreram restrição hídrica no solo; as médias de altura relatadas por esses autores foram bem inferiores às do presente trabalho, com 76 cm para o tratamento sem estresse e 70 cm com déficit hídrico. Corroborando com a informação, Souza et al. (1999) avaliando níveis de 25 a 75% da água disponível no solo para reposição, observaram que o menor nível causou efeito depreciativo sobre a altura das plantas. Pires et al. (2001) relataram que a falta ou o excesso de água afeta o crescimento da planta.

Seguindo a mesma tendência da altura de plantas, houve efeito quadrático (Tabela 10) das lâminas de água estudadas sobre o NE aos 160 DAE ($p < 0,05$). Segundo a equação de regressão polinomial (Figura 12b), o número de entrenós de 14,76

unidades/planta em L_1 , aumentou até o ponto de inflexão da curva, que ocorreu em 608,76 mm, com 18,85 entrenós/planta, a partir de onde o NE começou a cair até chegar em 18,39 unidades/planta na maior lâmina aplicada ($L_4 = 677,93$ mm); uma evidencia de que o excesso de água também pode prejudicar o crescimento.

De acordo com a análise de regressão dos dados de DC, aos 160 DAE, em função das lâminas, não houve efeito exclusivo de Beta 1 no modelo linear ($p < 0,05$), nem de Beta 2 no modelo quadrático ($p < 0,05$), sobre o DC (Tabelas 10); todavia, a regressão quadrática, como um todo (efeito conjunto de Beta 1 e 2 do modelo quadrático sobre o DC), foi significativa ($p < 0,05$) pelo teste F (Tabela 11). De acordo com este modelo (Figura 12c), o DC partiu de 14,38 mm em L_1 (403,4 mm), sendo incrementado até 17,24 mm com o aumento do suprimento hídrico até o ponto de máxima do modelo, que ocorreu com uma lâmina de 572,5 mm, decrescendo até 16,11 mm (6,45%) na maior lâmina estudada ($L_4 = 677,93$ mm).

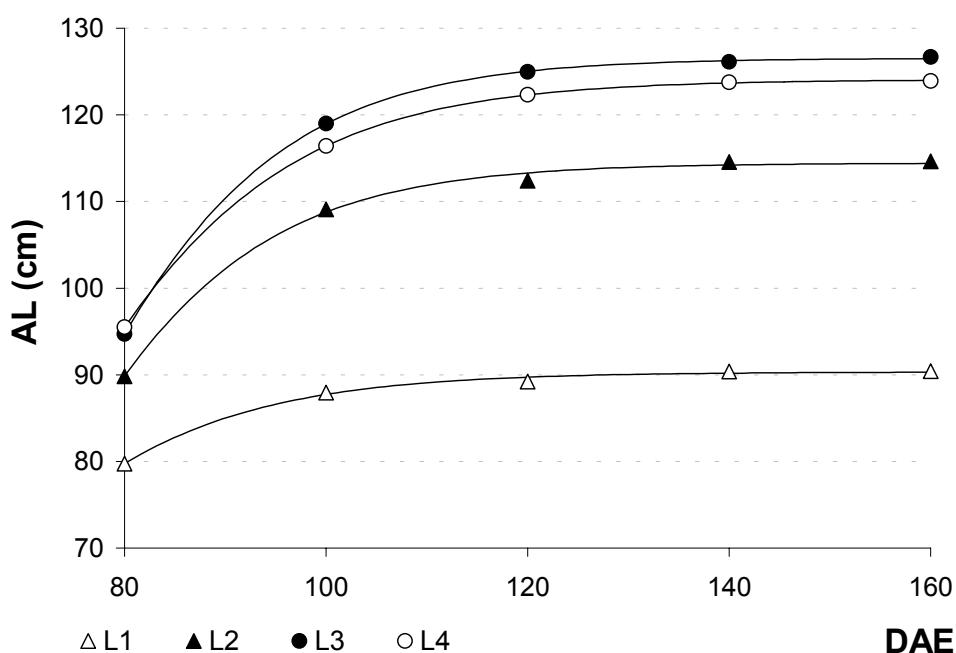


Figura 11. Curvas de evolução de altura (AL) do algodoeiro herbáceo, cv Deltapine Acala 90, para os quatro tratamentos de lâmina estudados (L_1 a L_4 , respectivamente 403, 500, 601 e 678 mm) em função dos dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Tabela 9. Modelos de evolução de altura de plantas (AL) em função dos dias após a emergência (DAE) para as quatro lâminas estudadas (L₁ a L₄, frações da evapotranspiração da cultura – ETc). Barreiras, BA, 2004.

Trat.	Modelo de regressão	Coeficientes do modelo			R ²
		a	b	c	
	$y=a/(1+\exp(-(x-b)/c))$	AL			
L ₁ (0,75ETc)	**	90,32462 **	53,0408 **	13,33194 **	0,99530
L ₂ (0,90ETc)	**	114,43359 **	64,33109 **	12,07439 **	0,99753
L ₃ (1,05ETc)	**	126,55527 **	66,85792 **	12,04972 **	0,99993
L ₄ (1,20ETc)	**	124,0805 **	64,0583 **	13,21593 **	0,99998

ns= não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade e **=significativo a 1% de probabilidade pelo Teste T para os parâmetros do modelo Teste F para regressão.

Tabela 10. Resumo de ANOVA de regressão e médias para altura de plantas (AL), número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC) aos 160 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	Quadrado médio		
	AL	NE	DC
Beta 1 (Reg. Pol.)	1987,928583 **	22,990319 **	5,308947 ns
Beta 2 (Reg. Pol.)	452,823601 *	7,437105 *	7,929659 ns
Desv. Reg.	1,697108 ns	0,450935 ns	0,542361 ns
QMResíduo	49,8611	0,9803	1,7880
CV (%)	6,20	5,68	8,32
Lâmina	Médias observadas		
	cm	unidades/planta	mm
L ₁ (403,40 mm)	90,4433	14,8333	14,2867
L ₂ (499,51 mm)	114,6400	17,4467	16,9600
L ₃ (600,77 mm)	126,6667	19,1133	16,8433
L ₄ (677,93 mm)	123,9200	18,2767	16,2233

** significativo a 1%; *significativo a 5%; ns não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

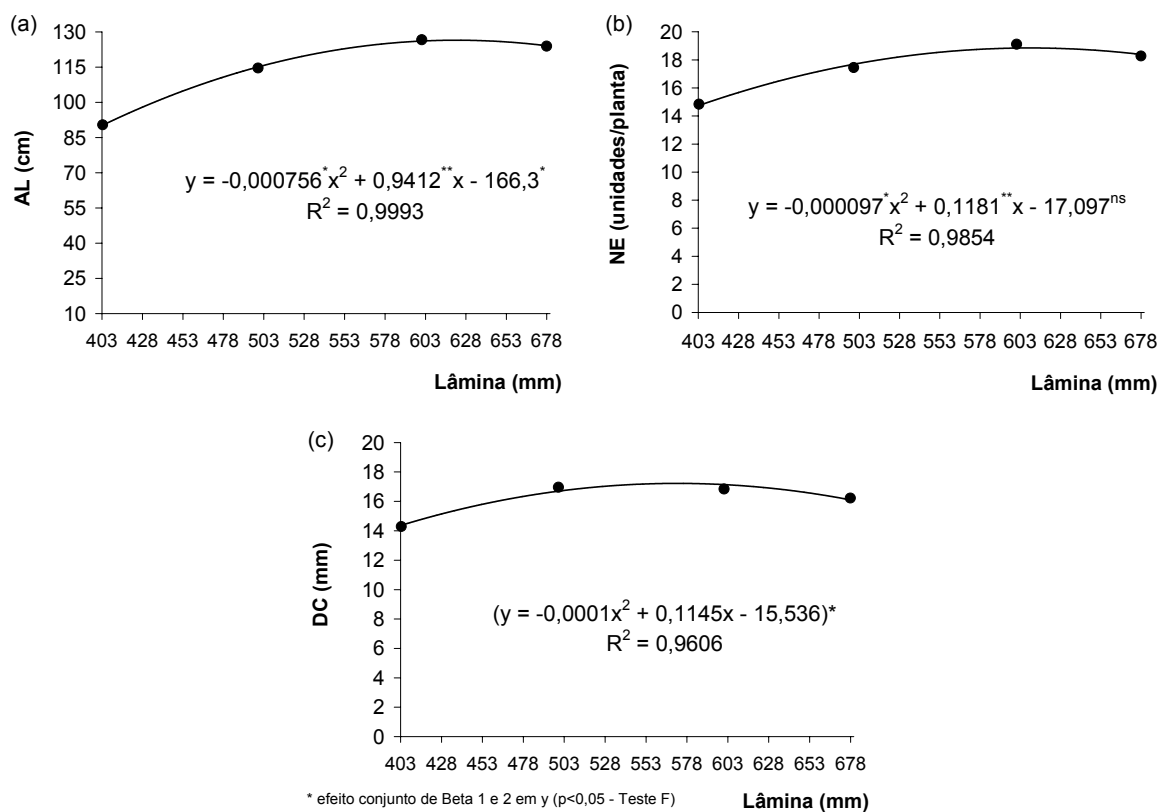


Figura 12. Altura de plantas (AL) (a); número de entrenós (NE) (b); diâmetro de colo (DC) (c) do algodoeiro herbáceo, cv. Deltapine Acala 90, em função da lâmina de água, aos 160 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Tabela 11. Resumo de ANOVA de regressão quadrática para diâmetro de colo aos 160 dias após a emergência em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	Quadrado médio
Reg. Pol. Quadr. (efeito conjunto de beta 1 e 2 em y)	6,619303 *
Resíduo	1,649596

* significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

4.1.2. Rendimento de algodão em caroço

De acordo com os estudos de regressão, embora não tenha havido efeito exclusivo de Beta 2 em nível de 5% de probabilidade sobre o rendimento de algodão em caroço (Tabela 12 - $p < 0,063$), o modelo quadrático como todo é significativo em nível de 5% de probabilidade pelo Teste F (Tabela 13). A equação quadrática tem ponto de máxima em 671,03 mm (Figura 13), com rendimento correspondente de 5.522,8 kg.ha⁻¹.

O incremento de rendimento da menor lâmina ($L_1 = 403,4$ mm, com $4.731,91$ kg.ha⁻¹) para o ponto de máxima foi de 16,71% ($790,89$ kg.ha⁻¹). Houve uma leve diminuição do rendimento (0,01%) do ponto de máxima para a maior lâmina ($L_4 = 677,93$ mm). Segundo Stegman et al. (1980), o declínio da curva de produção a partir do ponto máximo pode ser devido à diminuição da aeração do solo e/ou à lixiviação dos nutrientes, podendo, ainda, ocorrer devido à doenças associadas ao excesso de umidade no solo, fato não registrado na presente pesquisa.

Conforme o modelo contido na Figura 13, a produtividade obtida com a lâmina equivalente à recebida na área manejada pelo produtor ($526,77$ mm), corresponde a $5.293,01$ kg.ha⁻¹; cerca de $124,87$ kg.ha⁻¹ além dos $5.168,14$ kg.ha⁻¹ obtidos sob o manejo de água da fazenda. Considerando o preço do algodão em caroço praticado na época da colheita na região de R\$1,20.kg⁻¹ e o custo unitário de colheita de R\$ 0,076.kg⁻¹, para a mesma lâmina ($526,77$ mm), a simples adoção da estratégia de manejo em estudo, significaria um acréscimo na renda líquida de R\$ 16.842,0 (+10,38%) para o pivô de 120 ha (R\$ 140,35.ha⁻¹); ressalta-se que na fazenda onde foi desenvolvido este ensaio são 14 pivôs de 120 ha.

Na Tabela 14, onde é apresentada uma análise de desempenho econômico para as lâminas que resultam em máximo rendimento físico ($L_m = 671,03$ mm) e máxima receita líquida ($L^* = 656,53$ mm), bem como para o par “lâmina e rendimento” obtido com o manejo da fazenda ($L_p = 526,77$ mm e $5.168,14$ kg.ha⁻¹ de algodão em caroço), constata-se um incremento de lucro líquido de R\$ 349,32.ha⁻¹, entre os valores obtidos com o manejo de água do produtor (R\$ 1.352,64.ha⁻¹) e o registrado para a L^* (R\$ 1.701,96.ha⁻¹); isto representa cerca de R\$ 41.918,4 para o pivô (120 ha). No Apêndice 10 constam as curvas de receita bruta e líquida em função da lâmina de água. Comparando-se o desempenho entre as lâminas que resultaram em máximo rendimento físico e econômico, nota-se que além da vantagem financeira, embora de apenas R\$ 2,61.ha⁻¹, adotando-se o manejo econômico (L^*), deixar-se-iam de derivar do corpo hídrico cerca de $17.403,6$ m³ por pivô de 120 ha ($145,03$ m³.ha⁻¹), por ciclo do algodoeiro, contribuindo para o uso racional dos recursos hídricos e energia elétrica.

Avaliando lâminas totais de 671, 785, 872 e 927 mm, Nunes Filho et al. (1998) também obtiveram efeito quadrático significativo no rendimento do algodão em caroço; nas cultivares CNPA 7H, CNPA Precoce-1 e CNPA 6H, as lâminas referentes aos pontos de máxima dos respectivos modelos, encontrados por aqueles autores, foram 836, 882 e 821 mm, com rendimentos médios de 3.051, 2.763 e 2.423 kg.ha⁻¹,

respectivamente. Vale ressaltar, que mesmo com o tratamento de menor lâmina estudado na presente pesquisa, com manejo cultural do produtor, foi obtida uma produtividade média de algodão em caroço de 4.732 kg.ha⁻¹, superando os rendimentos obtidos por Nunes Filho et al. (1998), com lâminas duas vezes superiores e superando, também, a média para algodão irrigado na Região Oeste da Bahia (4.500 kg.ha⁻¹), conforme AIBA (2004).

Bezerra et al. (2004) também obtiveram efeito quadrático de lâminas de irrigação sobre o rendimento do algodão em caroço, mesmo tendo a maior lâmina testada apresentado a maior média de produtividade, assim como ocorreu na presente pesquisa. Souza et al. (1999) reportam que baixos níveis de água no solo para reposição ocasionaram redução no rendimento de algodão. De acordo com Guinn e Mauney (1984b), o déficit hídrico reduz o florescimento e a retenção das maçãs, ocasionando queda na produção.

Quanto à eficiência do uso de água (Ey) para o rendimento obtido, L₁, L₂, L₃ e L₄ resultaram em 1,17, 1,04, 0,91 e 0,81 kg.m⁻³ de algodão em caroço, respectivamente, evidenciando que apesar de a eficiência do uso de água ter sido inversamente proporcional à lâmina, ainda assim mesmo com o tratamento de maior lâmina aplicada, foi obtida Ey superior aos valores relatados por Doorenbos e Kassam (2000) como satisfatórios (0,4 a 0,6 kg de algodão em caroço por metro cúbico, com algodão a 10% de umidade).

Tabela 12. Resumo de ANOVA de regressão e médias para rendimento de algodão em caroço (REND) e em função da lâmina (Irrigação + Precipitação efetiva^a). Barreiras, BA, 2004.

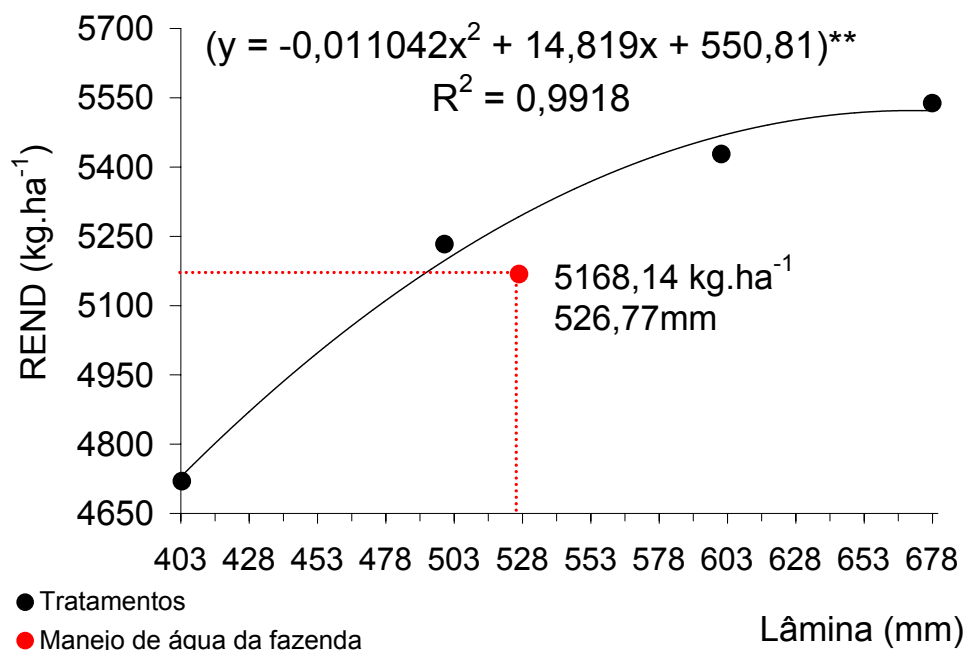
Fonte de Variação	Quadrado médio
	REND
Beta 1 (Reg. Pol.)	1076903,8566 **
Beta 2 (Reg. Pol.)	96513,3609 ns (p<0,063)
Desv. Reg.	9723,8381 ns
QMResíduo	20695,4662
CV (%)	2,75
Lâmina	Médias observadas
	kg.ha ⁻¹
L ₁ (403,40 mm)	4.719,95
L ₂ (499,51 mm)	5.233,10
L ₃ (600,77 mm)	5.428,15
L ₄ (677,93 mm)	5.538,15

** significativo a 1%; *significativo a 5%; ^{ns} não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade; ^a49,7mm

Tabela 13. Resumo de ANOVA de regressão quadrática para rendimento de algodão em caroço em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	Quadrado médio
Reg. Pol. Quadr. (efeito conjunto de beta 1 e 2 em y)	586708,61 **
Resíduo	19476,396

** significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.



** efeito conjunto de beta 1 e 2 em y ($p < 0,01$ - Teste F)

Figura 13. Rendimento do algodão em caroço (REND) obtido em função da lâmina de água (irrigação + Precipitação efetiva^a). Barreiras, BA, 2004.^a = 49,7 mm.

Tabela 14. Análise econômica para as lâminas (L) que maximizam o rendimento físico (L_m), a receita líquida (L^*) para relação " $C_L/P_z=0,3$ ", e para o manejo de água do produtor (L_p). Barreiras, BA, 2004.

Ident.	Lâmina Total ^a (mm)	Rendimento de algodão em caroço (Z) (kg.ha ⁻¹)	Custo de produção ^b (R\$.ha ⁻¹)	Receita Bruta (R\$.ha ⁻¹)	Receita líquida (R\$.ha ⁻¹)	Índice de lucratividade (%)
L_m	671,03	5.522,80	4.928,01	6.627,36	1.699,35	25,64%
L^*	656,53	5.520,48	4.922,61	6.624,57	1.701,96	25,69%
L_p	526,77	5.168,14	4.849,12	6.201,77	1.352,64	21,81%

^airrigação + precipitação efetiva ($P_e=49,7\text{mm}$); ^b (custos de produção sem os de água = R\$ 4.284,6.ha⁻¹ + $C_{colheita}^c$) + (custo com água=R\$ 0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ x (L-Pe)); ^c custo de colheita =R\$ 0,076.kg⁻¹ x Z. (C_L - R\$.mm⁻¹.ha⁻¹; P_z - R\$.kg⁻¹ de algodão em caroço)

Na Figura 14 constam quatro curvas simuladas para auxiliar o produtor na determinação da lâmina econômica devido a variação no custo da água e preço pago pelo algodão. Ressalta-se que as curvas foram feitas com base na função de produção apresentada na Figura 13, portanto, validas para as condições edafoclimáticas do local e manejo cultural praticado no Experimento I.

Fica evidente, na Figura 14, que a lâmina de água ótima econômica (L^*) aumenta quando o valor pago pelo produto também aumenta e aproxima-se da quantidade de água que maximiza a produção (L_m) a medida em que o seu custo é reduzido. Portanto, a quantidade de água para maximização da receita líquida diminui quando o seu custo é alto, mas, quando a cultura tem elevado valor econômico, a lâmina ótima econômica é menos influenciada pelo custo da água (Figura 14), como pode ser constatado pelos coeficientes angulares (b) das curvas; nota-se que o valor “ b ” é tão menor quanto maior é a remuneração do produto.

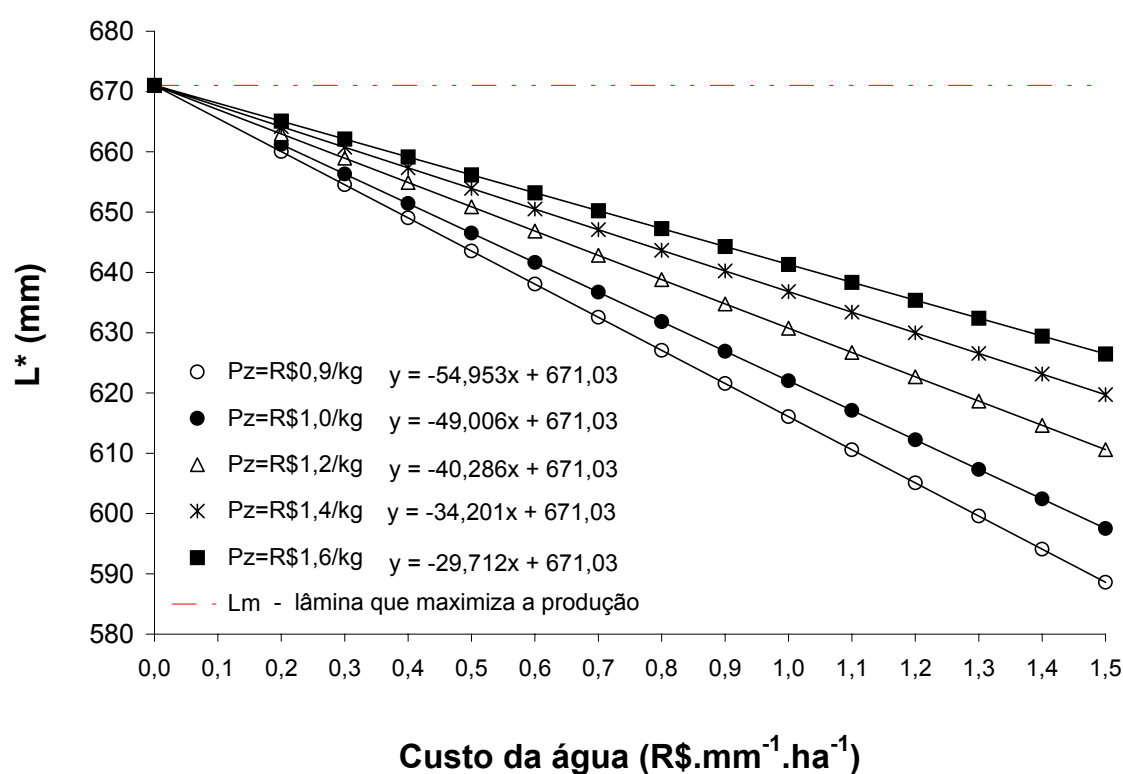


Figura 14. Curvas simuladas para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) em função do custo da água, para o manejo cultural da fazenda e remuneração de algodão em caroço (P_z) variando entre R\$ 0,9 a 1,6.kg⁻¹. Barreiras, BA, 2004.

4.1.3. Características tecnológicas de fibra do algodão

De acordo com os estudos de regressão, não houve efeito significativo das lâminas sobre as características tecnológicas de fibra do algodão (Tabela 15), a exceção do comprimento de fibra (Len), em que houve efeito quadrático dos tratamentos. De acordo com o modelo ($y = 0,000046^* x^2 - 0,0507^* x + 42,308^{**}$; $R^2 = 0,9747$), o Len decresceu a partir de um valor de 29,34 mm em L_1 (403,4 mm), até o ponto de mínima do modelo que ocorreu em 551,09 mm, com comprimento de fibra de 28,34 mm; voltando a crescer até o tratamento de maior lâmina ($L_4 = 677,93$ mm), com Len de 29,08 mm. Nota-se que as lâminas extremas do intervalo estudado (403,4 e 677,93 mm) ocasionaram os maiores comprimentos de fibra; no entanto a variação entre o maior e o menor valor, 29,34 e 28,34 mm, respectivamente, foi de apenas 3,42%.

Muitos autores têm relatado pouco ou nenhum efeito de lâminas de irrigação sobre a qualidade da fibra do algodão (Luz et al., 1997; Luz et al., 1998; Nunes Filho et al., 1998; Nápoles et al., 1999b; dentre outros). Não obstante, Luz et al. (2002a), estudando imposição de estresse hídrico em diversas fases fenológicas do algodoeiro, observaram que os tratamentos afetaram a maioria das características tecnológicas da fibra, todavia, exceto a finura, as demais estavam dentro do padrão exigido pela indústria têxtil; constatação também relatada por Bezerra et al. (2002b).

De acordo com as médias obtidas (Tabela 15), observa-se que a exceção do tratamento L_3 que obteve Mic na classe regular (4-4,9 $\mu\text{g.in}^{-1}$), as demais lâminas recebem a classificação de “fina” (3-3,9 $\mu\text{g.in}^{-1}$). O grau de maturidade variou de 0,86 a 0,87, sendo enquadrado na classe “madura” (0,85-0,95). O comprimento das fibras (Len) em todos os tratamentos é enquadrado na classe “longo” (27,94-32 mm). A uniformidade obteve a categoria “elevada” (83-85%) em todos os tratamentos. O índice de fibras curtas (SFI) se enquadra na classe “baixo” (6-9%) para os tratamentos L_2 , L_3 e L_4 e na classe “muito baixo” (<6) para L_1 . A resistência das fibras variou entre 27,3 a 29,33 gf.tex^{-1} , sendo enquadrada na classe “de resistência elevada” (27-29 gf.tex^{-1}). As fibras também tiveram alongamento muito bom, com os tratamentos de maior e menor lâmina, L_1 e L_4 , se enquadrando na classe muito elevada (>7,6) e os de lâmina intermediária, L_2 e L_3 , na classe “elevada” (6,8-7,6%).

Conforme os valores obtidos de reflectância (Rd) e grau de amarelo (+b) (Tabela 15), todos os tratamentos, de acordo com o diagrama de cor da USDA (Fonseca e

Santana, 2002), se enquadram na classificação Color Grade 11-1, que representa um algodão “branco”, cor boa média (GM), sendo esta a melhor classe na lista de classificação.

Verifica-se, na Tabela 15, pelos erros padrão das médias, que todas as características tecnológicas variaram muito pouco com os tratamentos; em 55,56% das variáveis o erro padrão $\leq 1\%$ da respectiva média; uma evidência da reduzida sensibilidade das características da fibra do algodão ao intervalo de lâminas de água estudado.

Ressalta-se, pelo exposto, que as características tecnológicas médias do algodão produzido no Experimento I – Mic $3,90 \mu\text{g.in}^{-1}$ ($\pm 0,04$), Mat $0,87$ ($\pm 0,01$), Len $28,90 \text{ mm}$ ($\pm 0,17$), Unf $83,88 \%$ ($\pm 0,30$), SFI $6,28 \%$ ($\pm 0,43$), Str $27,99 \text{ gf.tex}^{-1}$ ($\pm 0,35$), Elg $7,68 \%$ ($\pm 0,27$), Rd $78,68 \%$ ($\pm 0,37$), +b $10,32$ ($\pm 0,47$) – estão de acordo com as exigências da indústria têxtil nacional, quais sejam: resistência $>28 \text{ gf.tex}^{-1}$, finura em micronaire entre $3,4$ e $4,2 \mu\text{g.in}^{-1}$, comprimento de fibra $>28 \text{ mm}$, uniformidade $> 45\%$, índice de fibras curtas $<12\%$, grau de maturidade $0,9$ e alongamento de 7 , para características determinadas em HVI (Ferreira e Freire, 1999).

Tabela 15. Resumo de ANOVA de regressão e médias de índice de micronaire (Mic), maturidade (Mat), comprimento de fibra (Len), uniformidade (Unf), índice de fibras curtas (SFI), resistência (Str), alongação (Elg), grau de reflexão (Rd) e grau de amarelamento (+b), em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	Quadrado médio								
	Mic	Mat	Len	Unf	SFI	Str	Elg	Rd	+b
Beta 1 (Reg. Pol.)	0,001347 ns	0,000132 ns	0,079036 ns	0,267647 ns	0,139488 ns	4,206996 ns	0,077782 ns	1,153251 ns	0,001014 ns
Beta 2 (Reg. Pol.)	0,002334 ns	0,000097 ns	1,681919 *	0,023980 ns	1,528260 ns	0,933741 ns	0,148611 ns	0,054226 ns	0,135857 ns
Desv. Reg.	0,061952 ns	0,000063 ns	0,046679 ns	0,865040 ns	0,208918 ns	1,748430 ns	0,002774 ns	3,768356 ns	0,079796 ns
QMResíduo	0,02052	0,000617	0,264392	1,485000	3,105000	1,395000	1,284167	1,800833	3,952500
CV (%)	3,67	2,86	1,78	1,45	28,04	4,22	14,76	1,71	19,27
Lâmina	Médias observadas								
	$\mu\text{g.in}^{-1}$	grau	mm	%	%	gf.tex^{-1}	%	%	grau
L ₁ (403,40 mm)	3,90	0,87	29,40	83,93	5,73	29,23	7,67	78,93	10,17
L ₂ (499,51 mm)	3,82	0,86	28,44	84,33	6,80	27,47	7,53	79,43	10,53
L ₃ (600,77 mm)	4,02	0,87	28,62	83,47	6,47	27,97	7,60	77,67	10,30
L ₄ (677,93 mm)	3,86	0,87	29,14	83,80	6,13	27,30	7,90	78,67	10,27
Média geral ^a	3,90	0,87	28,90	83,88	6,28	27,99	7,68	78,68	10,32
Erro padrão ^a	0,04	0,01	0,17	0,30	0,43	0,35	0,27	0,37	0,47

** significativo a 1%; *significativo a 5%; ^{ns} não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade; ^a calculado com as 12 observações.

4.2. Experimento II

4.2.1. Avaliação de crescimento e desenvolvimento

4.2.1.1. Fitomassa aos 120 DAE

Verifica-se pela análise de variância (Tabela 16), ter havido efeito significativo ($p < 0,01$) tanto de lâminas, quanto das doses de nitrogênio sobre o acúmulo de fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA) e suas partições, fitomassa de caule (FC) e de folhas (FF), bem como sobre a fitomassa reprodutiva (FR), todavia, sem efeito interativo dos fatores. De acordo com os estudos de regressão (Tabela 16), os fatores afetaram de forma quadrática as variáveis de fitomassa, a exceção do efeito linear de lâmina sobre a FR.

Conforme a equação de regressão obtida (Figura 15a), a FVPA foi incrementada de 45,79 g/planta na menor lâmina, L_1 , até o ponto de inflexão da curva, que ocorre em 459,81 mm, com 73,82 g/planta, um incremento de 61,2 %, evidenciando que o déficit hídrico ocasiona redução do crescimento da planta. Por outro lado, o excesso de água também prejudicou o crescimento; conforme o modelo, a FVPA acumulada no tratamento de maior suprimento hídrico (L_4) é igual a 96,06 % da FVPA alcançada no ponto de máxima e, corresponde ao valor alcançado com 419,62 mm.

O efeito quadrático das lâminas discutido no parágrafo anterior, sobre o crescimento da parte aérea, é reafirmado nas duas partições da fitomassa vegetativa da parte aérea. As fitomassas de caule e folhas foram afetadas de forma quadrática pelas lâminas de água. De acordo os modelos obtidos para FF e de caule FC (Figura 15b), os pontos de máxima para estas variáveis ocorrem respectivamente em 450,64 e 465,41 mm, resultando em 29,65 e 44,12 g/planta. Verifica-se que o incremento de FF e FC do tratamento de menor lâmina (L_1) até seus respectivos pontos de máxima, foram de 46,42 e 73,25%, respectivamente.

A fitomassa reprodutiva (FR) aos 120 DAE decresceu linearmente (Figura 15c) com o aumento do suprimento hídrico às plantas; partindo de 79,31 g/planta em L_1 e decrescendo a uma taxa de 0,1257 g por incremento unitário da lâmina de água (mm), resultando em FR de 58,67 g/planta, na maior lâmina (L_4). Todavia isto se deve à aceleração do ciclo cultural das plantas submetidas à restrição hídrica e não a uma

relação inversa entre rendimento e lâmina, pelo menos dentro do intervalo dos tratamentos estudado; fato que pode ser constatado posteriormente na discussão do efeito dos tratamentos sobre o rendimento de algodão em caroço.

Na Figura 15d são apresentadas as partições da fitomassa total da parte aérea aos 120 DAE; nota-se, nesta figura, claramente o efeito inverso entre lâmina e duração do ciclo cultural. Nesta ocasião, no tratamento de menor suprimento hídrico (L_1), aproximadamente 63% da fitomassa total da parte aérea (FTP_A) era composta por FR; nos tratamentos de maior suprimento hídrico (L_3 e L_4) a situação era inversa e 54% da FTP_A era composta por fitomassa vegetativa, enquanto em L_2 , a situação era intermediária, havendo, na ocasião, um maior equilíbrio entre a fitomassa reprodutiva (53%) e a vegetativa (47%).

Em relação ao fator nitrogênio, também houve efeito quadrático dos tratamentos sobre a FVPA e suas partições, FF e FC (Tabela 16). Os pontos de máxima dos modelos de FVPA e FC (Figuras 15e,f) ocorrem em 291 e 277 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, com 73,66 e 42,55 g/planta, respectivamente. Os incrementos registrados da menor dose para os pontos de máxima foram de 50,8 e 44,6% (FVPA e FC). Os decréscimos ocorridos do ponto de inflexão das curvas de FVPA e FC até a maior dose de N estudada (308 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N) foram de apenas 0,29 e 1,08%, respectivamente. Para FF o ponto de máxima da equação (Figura 15f) ocorre fora do intervalo estudado, numa dose prevista de 312 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, conforme a prospectiva do modelo, com FF correspondente de 31,051 g/planta, valor apenas 0,013% superior ao obtido (31,047 g/planta) com a maior dose de N estudada (308 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), porém, 60,2% maior que as 19,39 g/planta obtidas com o tratamento N_1 (108 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N).

Alcântara (2003) estudando, em casa de vegetação, o uso de cinco doses de lodo seco correspondentes a 70, 140, 210, 280 e 350 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, também obtiveram efeito quadrático dos tratamentos sobre a fitomassa da parte aérea do algodoeiro (BRS verde), cujo valor de máxima do modelo foi alcançado com uma dose de lodo seco equivalente a 316 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N. Os resultados são semelhantes aos obtidos na presente pesquisa; conforme a prospectiva do modelo apresentado na Figura 15e, a FVPA estimada para 316 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N (73,2 g/planta), é apenas 0,68% menor que a obtida (73,7 g/planta) com a dose de N que resultou no ponto de máxima desta equação (291 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N). Pedroza et al. (2003a) verificaram aumento da fitomassa da parte aérea testando, em casa de vegetação, doses crescentes de lodo de esgoto, equivalentes a 0, 60, 100, 200, 250 e 300 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, sobre o algodão herbáceo, cv BRS 1878H.

Ordoñez et al. (2003b) estudaram doses de N em cobertura de 0 a 240 kg.ha⁻¹, mais 16 kg.ha⁻¹ em fundação, no município de em Rio Verde, GO, sobre o algodoeiro herbáceo, cv Delta Opal. Os dados contidos no artigo sugerem tendência quadrática para fitomassa de folhas ($y = -0,0011x^2 + 0,592x + 140,42 = \text{g.m}^{-2}$; $R^2 = 0,97$) aos 98 DAE. Somando-se ao ponto de máxima dessa equação o nitrogênio em fundação, verifica-se que a dose de N que maximiza a FF é 286 kg.ha⁻¹. Estes resultados assemelham-se aos obtidos na presente pesquisa (Figura 15f), uma vez que o incremento da FF de 286 kg.ha⁻¹ de N para o ponto de máxima foi de apenas 0,61% (30,864 para 31,051 g/planta).

Segundo o modelo obtido (Figura 15g), significativo em nível de 1% de probabilidade, a fitomassa reprodutiva aos 120 DAE cresceu de forma quadrática com o incremento da dose de N até 263 kg.ha⁻¹; um incremento, relativo à menor dose (108 kg.ha⁻¹ de N), de aproximadamente 44,53%. Todavia, o incremento da dose além do ponto de máxima até 308 kg.ha⁻¹ de N (maior dose estudada) resultou em decréscimo da FR, embora de apenas 2,6%. Ressalta-se, no entanto, que a avaliação foi realizada aos 120 DAE e que existência de ponto de máxima para FR dentro do intervalo de N no presente estudo, se deve ao efeito de prolongamento do ciclo vegetativo proporcionado principalmente pela maior dose de N.

O efeito do nitrogênio em prolongar o ciclo vegetativo pode ser observado na Figura 15h, onde estão apresentadas as partições da fitomassa total da parte aérea para cada nível do fator nitrogênio. Verifica-se, na referida figura, que a FR representava, na ocasião da avaliação, 53, 52, 52 e 50% da fitomassa total da parte aérea, respectivamente para os tratamentos N₁ a N₄; denota que as maçãs dos tratamentos N₃ e, principalmente, do N₄, aos 120 DAE, estavam menos desenvolvidas, existindo, ainda, muitas flores a serem convertidas a maçãs e posteriormente em capulhos; isso é posteriormente confirmado pelo efeito linear positivo das doses crescentes de nitrogênio sobre o rendimento de algodão em caroço.

Tabela 16. Resumo de ANOVA e médias de fitomassa vegetativa (FVPA) do caule (FC), das folhas (FF) e reprodutiva (FR) aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	FVPA	FC	FF	FR
	Quadrado médio			
Lâmina (L)	1909,5187 **	865,9237 **	207,3129 **	1003,5452 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	4431,0986 **	2117,9843 **	422,0164 **	2989,4751 **
Beta 2 (Reg. Pol.)	1279,8898 **	475,6931 **	195,2435 **	3,8546 ns
Desv. Reg.	17,5676 ns	4,0931 ns	4,6788 ns	17,3059 ns
Bloco[Lâmina]^a	192,3347 **	62,5872 *	37,4769 **	412,5944 **
Nitrogênio (N)	1527,3287 **	432,5061 **	337,2798 **	1310,0466 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	3933,6638 **	1061,5810 **	908,3702 **	2980,0138 **
Beta 2 (Reg. Pol.)	509,5579 **	197,0713 **	72,7819 **	938,8398 **
Desv. Reg.	138,7649 ns	38,8659 ns	30,6872 ns	11,28615 ns
L x N	75,8975 ns	25,1395 ns	15,1254 ns	156,3563 ns
QMResíduo	55,1658	23,5910	8,6179	116,8351
CV (%)	11,62	12,92	11,16	15,77
	Médias observadas			
Lâmina	g/planta			
L ₁ (335 mm)	46,0192	25,6017	20,4183	79,3275
L ₂ (391 mm)	64,5167	37,7058	26,8150	72,6792
L ₃ (456 mm)	74,5792	44,4525	30,1283	63,0167
L ₄ (500 mm)	70,4750	42,6550	27,8208	59,2192
Nitrogênio				
N ₁ (108 kg.ha ⁻¹)	47,9192	28,9550	18,9667	53,5583
N ₂ (168 kg.ha ⁻¹)	64,6933	38,3442	26,3492	69,3208
N ₃ (238 kg.ha ⁻¹)	69,1825	40,6900	28,4950	76,1542
N ₄ (308 kg.ha ⁻¹)	73,7950	42,4258	31,3717	75,2092

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativa pelo Teste F; ^a bloco hierarquizado dentro de lâmina ($GL_{\text{bloco}} = r-1 + (r-1 \times L - 1) = 8$)

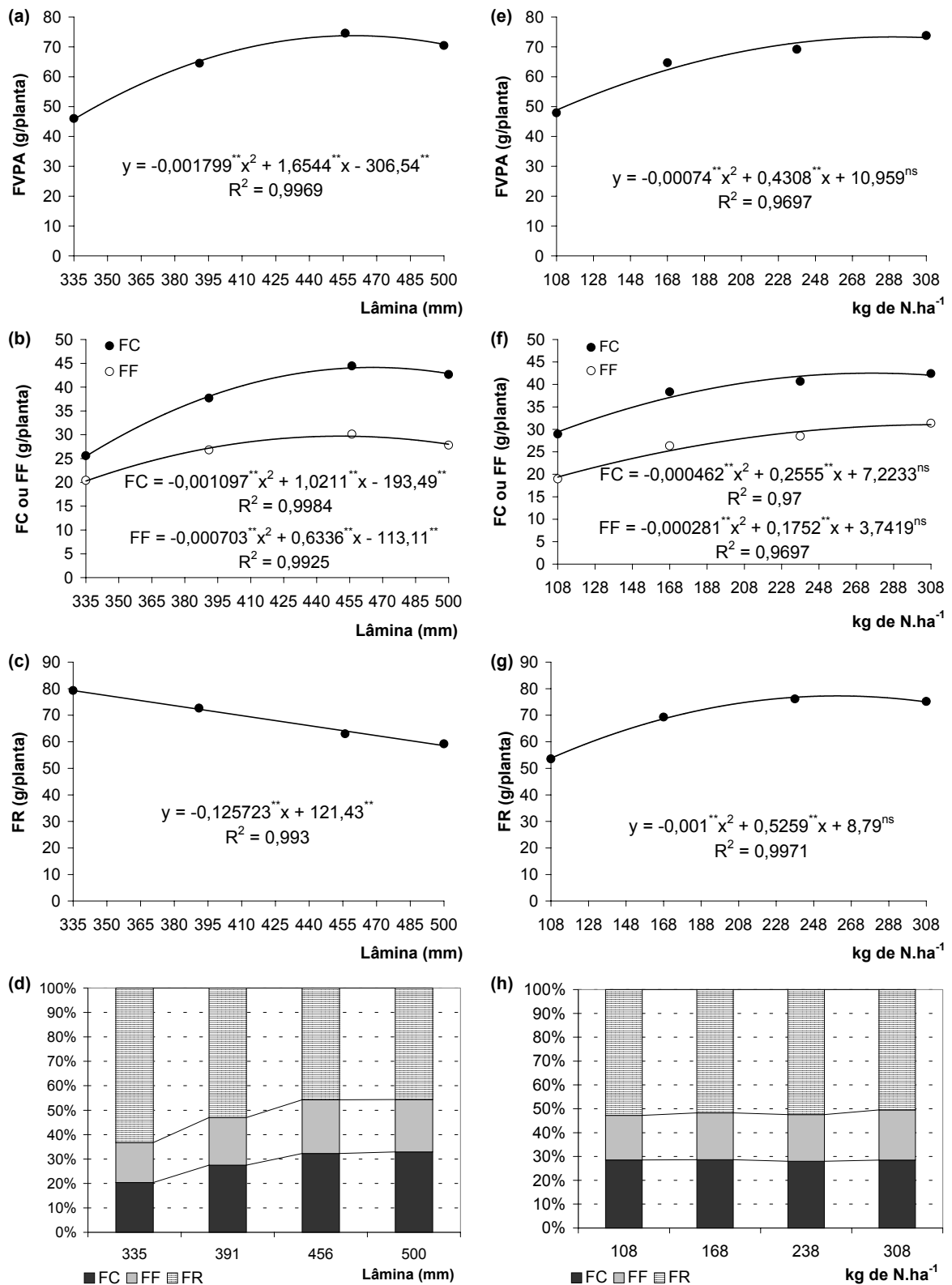


Figura 15. Fitomassa vegetativa da parte aérea (FVPA) (a), fitomassa das folhas (FF) (b) e de caule (FC), fitomassa reprodutiva (FR) (c) e partição da fitomassa da parte aérea (d) do algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, em função da lâmina de água até 120 dias após a emergência (DAE) e, FVPA (e), FF (f), FR (g) e partição da fitomassa da parte aérea (h), em função da dose de nitrogênio, aos 120 DAE. Barreiras, BA, 2004.

4.2.1.2. Número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF), área foliar (AF) e razão de área foliar/fitomassa foliar (RAFF) aos 120 DAE

Verifica-se, pela análise de variância (Tabela 17), ter havido apenas efeito isolado ($p < 0,01$) dos fatores sobre o número de folhas por planta (NF), o comprimento médio de folhas (CMF) e sobre a área foliar (AF). Para o NF e AF, houve efeito quadrático tanto de lâminas, quanto do nitrogênio, todavia, para CMF, o efeito do fator “lâmina” foi linear, enquanto o de nitrogênio foi quadrático (Tabela 17).

De forma semelhante ao ocorrido com a fitomassa das folhas, a lâmina de 441,24 mm proporcionou maior NF, com 56,31 unidades/planta, de acordo com o modelo obtido (Figura 16a); a partir deste ponto o incremento da lâmina até L_4 (500 mm) ocasionou 9,1% de redução no número de folhas por planta (51,19 unidades/planta); todavia, o comprimento médio de folhas, conforme os estudos de regressão (Tabela 17), cresceu linearmente ($p < 0,01$) com o incremento da lâmina de água dentro do intervalo estudado. Segundo o modelo exposto na Figura 16b, para cada incremento unitário na lâmina de água, o CMF foi incrementado em 0,0046 cm, resultando na maior lâmina em comprimento de folha, 8,96% superior ao obtido com a L_1 .

Nota-se que o aumento da disponibilidade hídrica até 441 mm, ocasionou incremento tanto no número quanto em tamanho das folhas, todavia a partir desta lâmina o NF começou a cair, chegando a 51,19 unidades/planta em L_4 (500 mm), um decréscimo de 9,1%. Não obstante, a expansão foliar unitária continuou a crescer, resultando, como será discutido posteriormente, em área foliar apenas 4,35% inferior para o tratamento L_4 , em relação à obtida para o ponto de máxima; denotando que quando submetido a maiores lâminas o algodoeiro aumenta sua superfície foliar total mais por tamanho, que por número de folhas.

De acordo com o modelo quadrático obtido (Figura 16c), a área foliar cresceu de 2310,09 cm^2 /planta no tratamento de menor suprimento hídrico (L_1) até 3632,71 cm^2 /planta no ponto de inflexão da curva, em 457,62 mm; um incremento de 57,25%. Silva et al. (1998) e Souza et al. (1999) também relataram que a baixa disponibilidade de água no solo provoca redução na área foliar do algodoeiro. A partir do ponto de máxima, a área foliar sofreu um sensível decréscimo, resultando em valor de AF (3474,75 cm^2 /planta) 4,35% inferior ao relatado para o ponto de máxima. Conforme

Malavolta (1980) o excesso de água também provoca redução do crescimento da planta, devido à menor difusividade do O_2 na água, resultando em anoxia radicular; isto pode ter ocorrido no período em que o solo permaneceu saturado nas áreas que receberam maior quantidade de água, especialmente logo após os eventos de irrigação no tratamento de maior lâmina (L_4).

Analisando-se de forma conjunta as variáveis de crescimento, aos 120 DAE, nota-se que o incremento do suprimento hídrico ocasionou, assim como evidenciado no Experimento I, um maior acúmulo relativo de fitomassa de caule que de folhas; para FF, o ganho de L_1 até o ponto de máxima foi de 46,42%, enquanto que em termos de FC este valor foi bem superior, 73,25%. Em termos de NF, foi constatado incremento até o ponto de máxima (42,34%), semelhante ao evidenciado para FF, além de os pontos de máxima serem muito próximos (441,24 e 450,64 mm, respectivamente para NF e FF); numa análise simplista, parece que as plantas haviam investido menos em crescimento foliar, contrariando o esperado. Todavia, nota-se através da análise de regressão dos dados de CMF e da razão entre a AF e a FF (RAFF), que o aumento do suprimento hídrico na realidade ocasionou uma maior expansão do limbo foliar, com folhas maiores e menos espessas e, portanto, maior área foliar por unidade de fitomassa de folhas. De acordo com o modelo linear (Figura 16d) obtido para RAFF, houve incremento de $0,0624 \text{ cm}^2$ na AF da planta, por grama de fitomassa foliar, para cada aumento unitário na lâmina de água.

Conforme Taiz e Zeiger (2004), a expansão ou alongamento celular, é um processo dependente do turgor, portanto, é extremamente sensível à disponibilidade de água no solo para as plantas; assim, a restrição hídrica limita não só o tamanho, mas também o número de folhas; fatos evidenciados na presente pesquisa tanto no Experimento I (Figura 10a,b), quanto no Experimento II (Figura 16a,b). Ademais, segundo esses autores, as folhas desenvolvem uma cutícula mais grossa para reduzir a perda de água por transpiração. Estas medidas aumentam a eficiência de uso de água (E_y) pela planta, como pode ser constatado posteriormente na discussão de rendimento de algodão em caroço, pela relação inversa entre lâmina de água fornecida às plantas e o valor correspondente obtido para E_y .

Em relação aos efeitos do fator nitrogênio, conforme o modelo quadrático obtido para NF (Figura 16e), verifica-se que o incremento da menor dose de nitrogênio até o ponto de máxima do modelo, respectivamente 108 e 270 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, ocasionou um

aumento de 45,72% no NF (de 39,93 para 58,19 folhas/planta). O incremento da dose de N além de 270 kg.ha⁻¹ de N, até a maior dose estudada (308 kg.ha⁻¹ de N), ocasionou uma redução de 1,78% no NF. Todavia, o comprimento médio de folhas (CMF), cujo modelo possui coeficiente quadrático positivo (Figura 16f), foi incrementado com a dose de N, inclusive com intensidade apresentando relação direta com a dose de nitrogênio; conforme a equação, o CMF obtido em N₄ (9,54 cm) é 13,46% superior ao obtido em N₁ (8,41 cm).

O sinal positivo do termo quadrático do modelo discutido para CMF, em função da dose de N, associado ao incremento do NF ocorrido até 270 kg.ha⁻¹ de N, resultou em crescimento da AF até a maior dose de N estudada. Conforme o modelo quadrático obtido, significativo em nível de 5% de probabilidade (Figura 16g), a AF foi incrementada em 76,54%, com o aumento da dose de N de 108 a 308 kg.ha⁻¹, atingindo uma área foliar de 3892,14 cm²/planta em N₄.

Houve um incremento de 0,0581 cm² no valor da área foliar das plantas por grama de massa foliar, para cada incremento unitário na dose de N, conforme o modelo linear (Figura 16h) obtido para a razão de área foliar/fitomassa foliar (RAFF); evidenciando, assim como discutido para o fator lâmina, que o incremento da dose de N também ocasiona um maior investimento em área que em massa foliar, resultando em folhas maiores e menos espessas, porém em decréscimo no NF com o incremento da dose de N além de 270 kg.ha⁻¹.

Tabela 17. Resumo de ANOVA e médias para número de folhas (NF), comprimento médio de folhas (CMF) e área foliar (AF), aos 120 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	NF	CMF	AF
	Quadrado médio		
Lâmina (L)	611,3173 **	1,361558 **	4215885,85 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	953,0599 **	4,039591 **	9557104,56 **
Beta 2 (Reg. Pol.)	871,2553 **	0,024682 ns	3059153,38 **
Desv. Reg.	9,6366 ns	0,020402 ns	31399,61 ns
Bloco[Lâmina]^a	39,0924 ns	0,099296 **	212380,93 ns
Nitrogênio (N)	678,8277 **	2,877714 **	6802885,87 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	1373,1775 **	8,471574 **	19153730,8 **
Beta 2 (Reg. Pol.)	496,3148 **	0,091330 *	889040,96 *
Desv. Reg.	166,9908 *	0,070239 ns	365885,81 ns
L x N	40,7212 ns	0,041094 ns	232661,20 ns
QMResíduo	32,0473	0,022057	166516,57
CV (%)	11,38	1,67	12,89
Médias observadas			
Lâmina	unidades/planta	cm	cm ² /planta
L ₁ (335 mm)	39,3333	8,4833	2299,3967
L ₂ (391 mm)	53,0625	8,8242	3273,8383
L ₃ (456 mm)	55,2917	9,0642	3597,1192
L ₄ (500 mm)	51,3750	9,2667	3490,7758
Nitrogênio			
N ₁ (108 kg.ha ⁻¹)	38,5625	8,4275	2159,5492
N ₂ (168 kg.ha ⁻¹)	52,6042	8,6067	3094,2367
N ₃ (238 kg.ha ⁻¹)	53,1875	9,0933	3475,1467
N ₄ (308 kg.ha ⁻¹)	54,7083	9,5108	3932,1975

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativa pelo Teste F; ^a bloco hierarquizado dentro de lâmina ($GL_{\text{bloco}} = r-1 + (r-1 \times L - 1) = 8$)

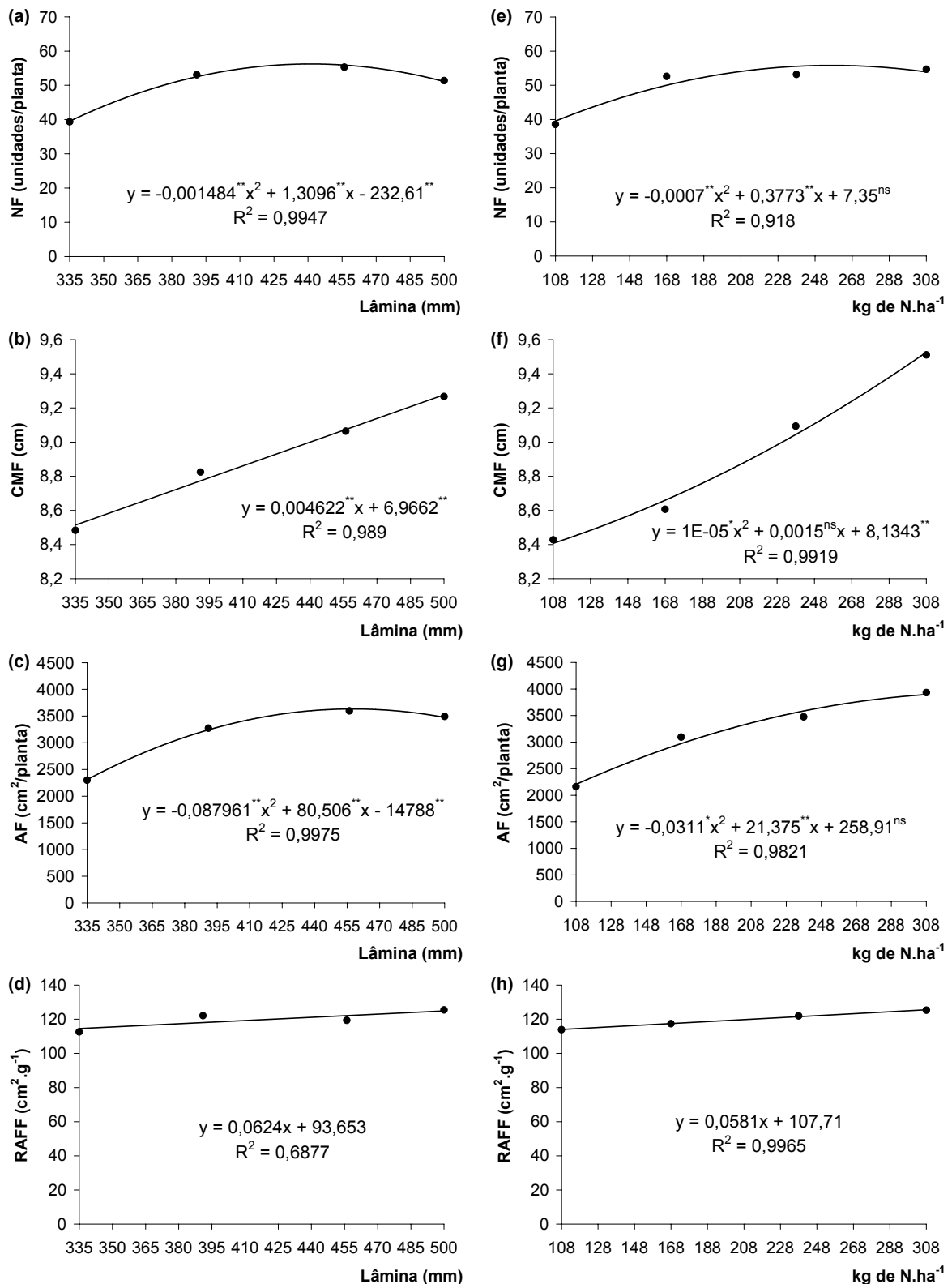


Figura 16. Número de folhas (NF) (a); comprimento médio de folhas (CMF) (b); área foliar (AF) (c) e razão área foliar/fitomassa foliar (RAFF) (d) do algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, em função da lâmina de água até 120 dias após a emergência (DAE) e NF (e), CMF (f), AF (g) e RAFF (h) em função da dose de nitrogênio aos 120 DAE. Barreiras, BA, 2004.

4.2.1.3. Altura de planta (AL), número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC)

4.2.1.3.1. Altura de planta

Na Figura 17 são apresentadas as curvas de evolução de altura das plantas, a partir de 80 a 160 DAE, para os fatores estudados, lâmina (fração da ETC) e dose de nitrogênio, em função dos dias após a emergência (DAE); as equações de regressão, seus coeficientes de determinação e suas significâncias estatísticas são apresentados na Tabela 18. Verifica-se que independente da lâmina de água ou dose de nitrogênio, houve crescimento mais intenso até 100 dias, seguido de um período, entre 100 e 120 dias, caracterizado por uma redução mais rápida e gradual da intensidade do crescimento e, a partir de então, as curvas apresentaram inclinação reduzida, com crescimento quase nulo (Figura 17a,b).

Nota-se, na Figura 17a, que o incremento da lâmina de água ocasionou aumento do crescimento em altura. Verifica-se, assim como evidenciado no Experimento I, que independente do nível de água, houve crescimento mais intenso até 100 DAE. Pelas predições dos modelos contidos na Tabela 18, os maiores incrementos percentuais (relativos ao início do intervalo) de AL ocorreram entre 80 e 100 DAE, sendo de 3,20, 7,90, 11,97 e 10,36% respectivamente para L_1 a L_4 ; no intervalo seguinte, 100-120 DAE, esses valores reduziram-se a 1,56, 2,92, 4,43 e 3,95% (L_1 a L_4) e, entre 140 e 160 DAE, o crescimento em altura foi praticamente nulo (0,36, 0,37, 0,56 e 0,53%, L_1 a L_4 , respectivamente).

A exemplo do discutido para o fator “lâmina”, o crescimento em altura do algodoeiro herbáceo é sensível ao nitrogênio (Figura 17b). Fica evidente, nessa figura, que o aumento da dose de N até 308 kg.ha⁻¹ favoreceu o crescimento em altura. Nota-se que a curva da maior dose manteve uma inclinação superior, mesmo após 140 DAE. Com base nos modelos (Tabela 18), a diferença absoluta de altura de plantas entre o tratamento de menor e maior dose de N (base em 108 kg.ha⁻¹ de N) aumentou de 9,71 a 17% de 80 para 160 DAE.

De acordo com a análise de variância dos dados de altura de plantas aos 160DAE (Tabela 19), houve apenas efeito isolado dos conjuntos de tratamentos, significativos em nível de 1% de probabilidade, tendo os fatores estudados, “lâmina de água” e “dose de N”, afetado de forma quadrática a altura de plantas (Tabela 19).

Na Figura 18a é apresentada a equação de regressão ($p < 0,01$) obtida para efeito do fator “lâmina” sobre a altura de plantas. O ponto de máxima do modelo ocorre em 655,36 mm, com AL correspondente de 117,51 cm, contra 87,93 cm obtidos com o tratamento de menor lâmina; um aumento de 33,65%. O incremento da lâmina além do ponto de inflexão da curva até a maior lâmina, 677,93 mm, ocasionou um leve decréscimo de 0,20 % na altura das plantas.

Silva et al. (1998) reportam que plantas de algodoeiro que não passam por déficit hídrico (cv. CNPA 6H) desenvolvem-se mais em altura, comparadas às plantas que são submetidas a restrição hídrica no solo; as médias de altura relatadas por esses autores foram bem inferiores às do presente trabalho, com 76 cm para o tratamento sem estresse e 70 cm com déficit hídrico. Corroborando com a informação, Souza et al. (1999) avaliando níveis de 25 a 75% da água disponível no solo para reposição, observaram que o menor nível causou efeito depreciativo sobre a altura das plantas. Pires et al. (2001) relatam que a falta ou o excesso de água afeta o crescimento da planta.

Segundo a equação de regressão (Figura 18b), a altura de plantas cresceu de 97,75 para 112,81 cm (15,45%) da menor dose de N para o ponto de máxima do modelo, respectivamente 108 e 298 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N. O incremento da dose de N do ponto de inflexão da curva até a maior dose estudada (308 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N) praticamente não afetou a altura de plantas, sendo registrado um decréscimo de 0,03% (112,78 cm).

Pedroza et al. (2003b) verificaram, em casa de vegetação, aumento quadrático da altura de plantas até a dose de biofósforo equivalente a 319 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, com AL de 112 cm. Ordoñez et al. (2003a), estudando em campo o crescimento do algodoeiro herbáceo, cv Delta Opal, em Rio Verde, GO, com coberturas de N variando entre 0 e 240 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, mais 16 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N em fundação, também obtiveram efeito quadrático do nitrogênio ($AL = -0,0001x^2 + 0,0687x + 93,834$; $R^2=0,99$) com AL máxima de 105,63 cm na dose de 344 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N. Nota-se que o valor máximo de AL obtido na presente pesquisa (112,81 cm) é semelhante aos valores registrados pelos autores supracitados, todavia a dose de N referente ao ponto de máxima é 21 e 45 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, menor que as doses registradas por Pedroza et al. (2003b) e Ordoñez et al. (2003a), respectivamente, o que denota uma maior eficiência da adubação nitrogenada sobre o crescimento do algodoeiro na presente pesquisa.

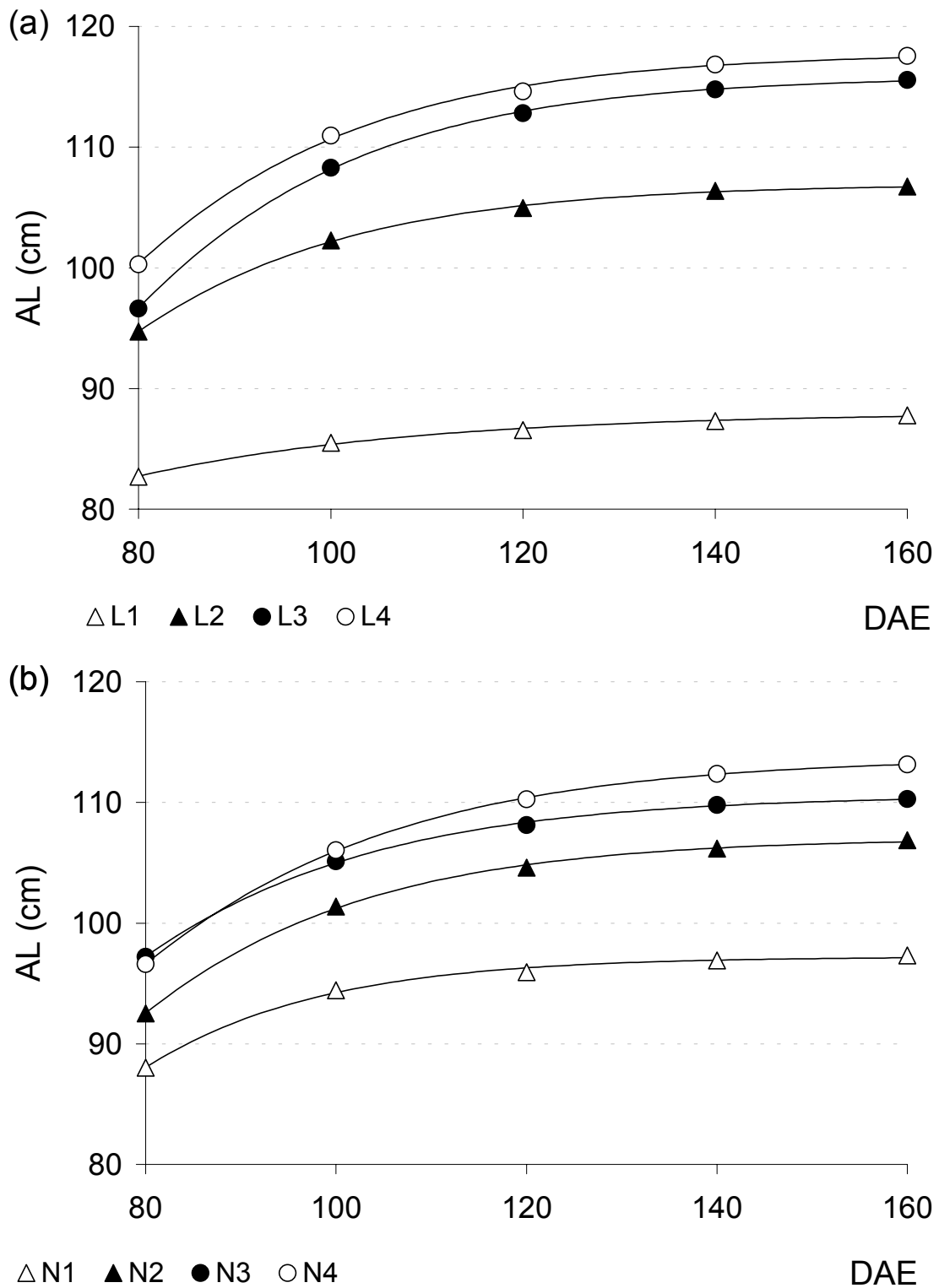


Figura 17. Curvas de evolução de altura de plantas (AL) para as quatro lâminas de água (L₁ a L₄, respectivamente 403, 500, 601 e 678 mm) (a) e para as quatro doses de nitrogênio estudadas (N₁ a N₄, respectivamente 108, 168, 238 e 308 kg.ha⁻¹ de N) (b), em função dos dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Tabela 18. Modelos de evolução de altura de plantas (AL) para as quatro lâminas (L₁ a L₄, frações da evapotranspiração da cultura, ETc) e as quatro doses de nitrogênio estudadas (N₁ a N₄), em função dos dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	Modelo de regressão	Coeficientes do modelo			R ²
		a	b	c	
Lâmina	$y=a/(1+\exp(-(x-b)/c))$				
L ₁ (0,75 ETc)	**	87,98755 **	3,94789 ns	27,5884 *	0,99675
L ₂ (0,90 ETc)	**	106,94752 **	39,55509 **	19,75484 **	0,99942
L ₃ (1,05 ETc)	**	115,85119 **	48,50409 **	19,48385 **	0,99977
L ₄ (1,20 ETc)	**	117,79408 **	44,80439 **	20,12505 **	0,99853
Dose de N (kg.ha⁻¹)	$y=a/(1+\exp(-(x-b)/c))$				
N ₁ - 108	**	97,21023 **	42,02939 *	16,77518 *	0,99642
N ₂ - 168	**	107,04387 **	42,95997 **	19,98308 **	0,99929
N ₃ - 238	**	110,5922 **	38,08006 **	21,1245 **	0,99935
N ₄ - 308	**	113,72403 **	40,89457 **	22,59776 **	0,99987

ns= não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade e **=significativo a 1% de probabilidade pelo Teste T para os parâmetros do modelo e F para regressão

4.2.1.3.2. Número de entrenós (NE)

De acordo com a análise de variância dos dados de NE (Tabela 19), houve efeito isolado dos fatores, significativos em nível de 1% de probabilidade; a interação também foi significativa ($p < 0,01$), indicando que o efeito de lâminas sobre a emissão de entrenós dependeu da dose de nitrogênio e vice-versa.

Conforme o desdobramento da interação (Tabela 20, médias na Tabela 21) o efeito do fator “lâmina” nas duas menores doses (108 e 168 kg.ha⁻¹ de N) foi linear, enquanto nas maiores doses de N (238 e 308 kg.ha⁻¹) o efeito passou a ser quadrático, denotando uma redução da eficiência da adubação nitrogenada quando do uso de doses de N maiores que 238 kg.ha⁻¹, associadas a lâminas superiores a L₃, como pode ser facilmente visualizado na Figura 18c, onde são apresentadas as curvas de NE para cada nível de nitrogênio estudado, em função da lâmina de água.

Segundo os modelos matemáticos obtidos, todos significativos em nível de 1% de probabilidade (Figura 18c), o incremento unitário da lâmina (mm) ocasiona aumento de 0,0075 e 0,0133 entrenós, respectivamente nos níveis de nitrogênio N₁ e N₂, resultando em aumento, relativo a L₁, de 13,97 e 23,31% no NE estimado para a lâmina L₄ nos níveis N₁ e N₂, respectivamente. Nota-se que a eficiência da adubação nitrogenada se mantém até a maior lâmina estudada (678 mm) para N₁ e N₂ e, com base no coeficiente angular dessas curvas, verifica-se que o efeito positivo de lâminas sobre o NE foi incrementado com o aumento da adubação nitrogenada de 108 para 168 kg.ha⁻¹

de N. Para os níveis de adubação nitrogenada N_3 e N_4 , conforme os modelos obtidos (Figura 18c), o incremento da lâmina favoreceu a emissão de entrenós até 601,96 e 606,59 mm, respectivamente, resultando em aumento, relativo a L_1 , de 25,45 e 34,71 %, respectivamente para as curvas de N_3 e N_4 .

Nota-se, pelos percentuais de aumento relativo discutidos para as curvas de N_1 , N_2 , N_3 e N_4 , que o efeito positivo de lâminas (até 602 e 607 mm, respectivamente para N_3 e N_4) sobre o NE foi intensificado com o incremento de dose de nitrogênio; entretanto, para N_3 e N_4 , é preciso atenção especial com o manejo da água, uma vez que lâminas maiores que 600 mm ocasionam redução da emissão de entrenós. Ressalta-se que o solo da área possui 85% de areia, facilitando a perda de N por lixiviação, contribuindo, provavelmente, para a redução do NE observada para as curvas de N_3 e N_4 , entre os tratamentos L_3 e L_4 , resultando no efeito quadrático discutido. Em N_3 e N_4 , as concentrações de N no solo logo após as adubações eram maiores, conseqüentemente a vulnerabilidade à lixiviação e, por conseguinte, à redução da eficiência da adubação nitrogenada também.

De acordo com o desdobramento do fator nitrogênio em cada nível de L (Tabela 20, médias na Tabela 21), houve efeito quadrático do nitrogênio para maior e menor lâmina e, linear para as lâminas intermediárias. Na menor lâmina (L_1), conforme o modelo obtido (Figura 18d), só há incremento do NE até a dose de 219 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, ainda assim o aumento da menor dose ao ponto de máxima foi de apenas 11%; denotando que a restrição hídrica limitou a absorção e/ou o aproveitamento de maiores quantidades de nitrogênio. Para Radin et al. (1985) e Halevy e Kramer (1986), os efeitos de lâminas e nitrogênio sobre o algodoeiro são fortemente determinados pela interação destes fatores; quanto maior o nível em que qualquer um deles é mantido, maior será o efeito do outro, até certo limite. Em L_2 , o incremento da dose de N teve sua eficiência máxima; de acordo com o modelo linear obtido (Figura 18d), o NE cresceu 0,021 unidades/planta para cada quilograma de N incrementado, resultando em aumento de 27% entre N_1 e N_4 . Nas lâminas maiores, L_3 e L_4 , a eficiência para doses elevadas voltou a cair, denotando perda de N por lixiviação. Segundo os modelos quadráticos obtidos para L_3 e L_4 (Figura 17d) o NE foi incrementado até 291 e 281 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, respectivamente, com aumento no NE, relativo ao N_1 , de 20,7 e 20,5% (20,25 e 19,97 unidades/planta), respectivamente. Nota-se, pelos pontos de máxima, que o efeito da lixiviação foi mais intenso na maior lâmina, onde o ponto de máxima ocorre numa dose 10 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, inferior à reportada para L_3 .

4.2.1.3.3. Diâmetro de colo (DC)

De acordo com a análise de variância dos dados de DC aos 140 DAE (Tabela 19), houve efeito isolado dos fatores, significativos em nível de 1% de probabilidade, com a interação também significativa ($p < 0,05$). Conforme o desdobramento da interação (Tabela 20, médias na Tabela 21), não houve efeito significativo de lâminas sobre o DC em N_1 ; no nível de nitrogênio N_2 o efeito foi linear, enquanto em N_3 houve efeito quadrático de lâminas, denotando uma redução da eficiência da adubação nitrogenada quando se usam doses de N maiores, associadas a lâminas superiores a L_3 , como pode ser facilmente visualizado na Figura 18e. Em N_4 estatisticamente o efeito voltou a ser linear ($y = 0,01106^{**}x + 11,791^{**}$), sendo muito baixo o coeficiente de determinação da equação ($R^2 = 0,66$); o modelo quadrático (Figura 18e), embora não significativo em nível de 5% de probabilidade, tem $R^2 = 0,85$ e probabilidade pelo Teste F (efeito conjunto de Beta 1 e 2) de 5,9%, convergindo com o ocorrido com o DC em N_3 e com o discutido para NE.

Conforme o modelo matemático obtido (Figura 18e) para efeito de lâminas em N_2 , o incremento unitário da lâmina de água, ocasiona incremento de 0,0132 mm no DC das plantas, resultando em aumento, relativo a L_1 (DC de 15,99 mm), de 22,74% no DC (19,63 mm) estimado para L_4 , valor este, muito semelhante ao registrado em termos de NE (23,31 %); nota-se que a eficiência da adubação nitrogenada se mantém até a maior lâmina estudada. Segundo os modelos obtidos para N_3 e N_4 (Figura 18e), o incremento da lâmina favoreceu o engrossamento do caule das plantas até 568,28 mm de água (DC de 19,81 mm) e 618,24 mm (DC de 19,01 mm), respectivamente para as curvas de N_3 e N_4 , resultando em aumento, relativo a L_1 (DC em L_1 de 16,04 e 15,74 mm para N_3 e N_4), de 22,71 e 21,71%, respectivamente. Constatam-se, mais uma vez, evidências de lixiviação do N nas doses mais elevadas, com o incremento da lâmina além de L_3 . Verifica-se, também, que na maior parte do intervalo de lâminas estudado, as plantas submetidas à maior dose de nitrogênio (N_4), comparadas às de N_3 , espessaram menos o caule, entretanto investiram mais no crescimento vertical, como pode ser constatado nas Figuras 18c e 18e (NE e DC).

Verifica-se pelo desdobramento do fator nitrogênio em cada nível de L (Tabela 20, médias na Tabela 21), que não houve efeito significativo das doses de nitrogênio na menor lâmina de água (L_1); entretanto em L_2 houve efeito linear do nitrogênio; conforme o modelo (Figura 18f) o DC partiu de um valor de 15,78 mm em N_1 (108

kg.ha⁻¹ de N) e engrossou cerca de 0,0163 mm para cada quilograma de nitrogênio incrementado, resultando em DC de 19,04 mm em N₄ (308 kg.ha⁻¹ de N). Em L₃, o efeito do nitrogênio foi quadrático (Figura 18f), e o DC partiu de 16,8 mm, em N₁, engrossando até 19,57 mm na dose de 227 kg.ha⁻¹ de N; o incremento da adubação nitrogenada, além do ponto de máxima, até N₄, ocasionou um decréscimo de 6,08 % no DC das plantas. Na maior lâmina, apesar de o Teste F ter acusado (Tabela 20) efeito significativo do nitrogênio, não houve efeito linear ou quadrático; nota-se pelas médias observadas que o DC aumentou de 16,56 mm em N₁ para 20,21 mm em N₂, caindo em N₃ para 17,97 mm e aumentando para 18,99 mm em N₄, denotando efeito cúbico, daí o desvio de regressão significativo constatado na Tabela 20. Tendo em vista a pequena oscilação dos valores de DC entre N₂ e N₄, verifica-se que, de forma geral, o incremento da dose de N só resultou em engrossamento do caule até um valor próximo a 168 kg.ha⁻¹ de N, e que o incremento da dose além deste patamar leva apenas ao incremento no crescimento vertical, como discutido para NE.

Tabela 19. Resumo de ANOVA e médias de altura de plantas (AL), número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC) aos 160 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	AL	NE	DC
	Quadrado médio		
Lâmina (L)	2217,753091 **	31,417675 **	15,525606 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	5957,332755 **	-	-
Beta 2 (Reg. Pol.)	687,462550 **	-	-
Desv. Reg.	8,463968 ns	-	-
Bloco[Lâmina]^a	40,101638 ns	1,365852 *	3,306263 *
Nitrogênio (N)	568,418424 **	20,842897 **	8,108483 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	1515,034428 **	-	-
Beta 2 (Reg. Pol.)	159,135816 *	-	-
Desv. Reg.	31,085029 ns	-	-
L x N	36,536150 ns	2,320823 **	3,733307 *
QM _{Resíduo}	28,847013	0,555685	1,313851
CV (%)	5,02	4,23	6,52
	Médias observadas		
Lâmina	cm	unidades/planta	mm
L ₁ (403,40 mm)	87,7750	15,3667	16,0717
L ₂ (499,51 mm)	106,7417	17,4833	17,3658
L ₃ (600,77 mm)	115,5692	18,8833	18,4933
L ₄ (677,93 mm)	117,5533	18,6983	18,4325
Nitrogênio			
N ₁ (108 kg.ha ⁻¹)	97,3292	15,7833	16,3958
N ₂ (168 kg.ha ⁻¹)	106,8733	17,5417	17,8717
N ₃ (238 kg.ha ⁻¹)	110,2917	18,3417	18,2742
N ₄ (308 kg.ha ⁻¹)	113,1450	18,7650	17,8217

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F; ^a bloco hierarquizado dentro de lâmina (GL_{bloco} = r-1 + (r-1 x L - 1) = 8)

Tabela 20. Desdobramento da interação lâmina de água (L) e nitrogênio (N) para número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC) do algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, respectivamente aos 140 e 160 dias após a emergência. Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	NE	DC
	Quadrado médio	
L em N₁	3,0900 **	1,4950 ns
Beta 1 (Reg. Pol.)	7,2206 **	2,0009 ns
Beta 2 (Reg. Pol.)	1,8102 ns	0,1107 ns
Desv. Reg.	0,2392 ns	2,3735 ns
L em N₂	8,6497 **	9,1800 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	22,7367 **	22,5851 **
Beta 2 (Reg. Pol.)	0,6094 ns	0,1535 ns
Desv. Reg.	2,6031 *	0,5115 ns
L em N₃	9,4275 **	8,1191 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	19,9412 **	8,0099 *
Beta 2 (Reg. Pol.)	8,2612 **	14,1566 **
Desv. Reg.	0,0801 ns	2,1908 ns
L em N₄	17,2129 **	7,9313 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	37,3566 **	15,7356 **
Beta 2 (Reg. Pol.)	13,1995 **	4,3929 ns
Desv. Reg.	1,0826 ns	3,6654 ns
N em L₁	1,6400 *	0,8075 ns
Beta 1 (Reg. Pol.)	0,5640 ns	0,5912 ns
Beta 2 (Reg. Pol.)	3,8127 *	1,7350 ns
Desv. Reg.	0,5433 ns	0,0963 ns
N em L₂	10,5433 **	6,7041 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	29,7586 **	17,8929 **
Beta 2 (Reg. Pol.)	0,0434 ns	0,4905 ns
Desv. Reg.	1,8280 ns	1,7290 ns
N em L₃	7,3456 **	4,6468 *
Beta 1 (Reg. Pol.)	19,4952 **	3,0301 ns
Beta 2 (Reg. Pol.)	2,5101 *	7,4324 *
Desv. Reg.	0,0314 ns	3,4777 ns
N em L₄	8,2765 **	7,1500 **
Beta 1 (Reg. Pol.)	18,4701 **	3,2968 ns
Beta 2 (Reg. Pol.)	2,9896 *	4,5812 ns
Desv. Reg.	3,3698 *	13,5720 **
QM_{Resíduo}	0,5557	1,3138

** significativo a 1%; *significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 21. Médias para o desdobramento da interação lâmina de água (L) e nitrogênio (N) para número de entrenós (NE) e diâmetro de colo (DC) do algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, respectivamente aos 140 e 160 dias após a emergência. Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação		NE	DC
		Médias observadas	
		unidades/planta	mm
L em N₁	L ₁	14,4000	15,9267
	L ₂	15,7000	15,7700
	L ₃	16,7333	17,3200
	L ₄	16,3000	16,5667
	Média	15,7833	16,3958
L em N₂	L ₁	16,0667	16,6533
	L ₂	16,1000	16,4133
	L ₃	18,7333	18,2133
	L ₄	19,2667	20,2067
	Média	17,5417	17,8717
L em N₃	L ₁	15,8000	16,2733
	L ₂	18,6000	18,6000
	L ₃	19,8667	20,2533
	L ₄	19,1000	17,9700
	Média	18,3417	18,2742
L em N₄	L ₁	15,2000	15,4333
	L ₂	19,5333	18,6800
	L ₃	20,2000	18,1867
	L ₄	20,1267	18,9867
	Média	18,7650	17,8217
N em L₁	N ₁	14,4000	15,9267
	N ₂	16,0667	16,6533
	N ₃	15,8000	16,2733
	N ₄	15,2000	15,4333
	Média	15,3667	16,0717
N em L₂	N ₁	15,7000	15,7700
	N ₂	16,1000	16,4133
	N ₃	18,6000	18,6000
	N ₄	19,5333	18,6800
	Média	17,4833	17,3658
N em L₃	N ₁	16,7333	17,3200
	N ₂	18,7333	18,2133
	N ₃	19,8667	20,2533
	N ₄	20,2000	18,1867
	Média	18,8833	18,4933
N em L₄	N ₁	16,3000	16,5667
	N ₂	19,2667	20,2067
	N ₃	19,1000	17,9700
	N ₄	20,1267	18,9867
	Média	18,6983	18,4325

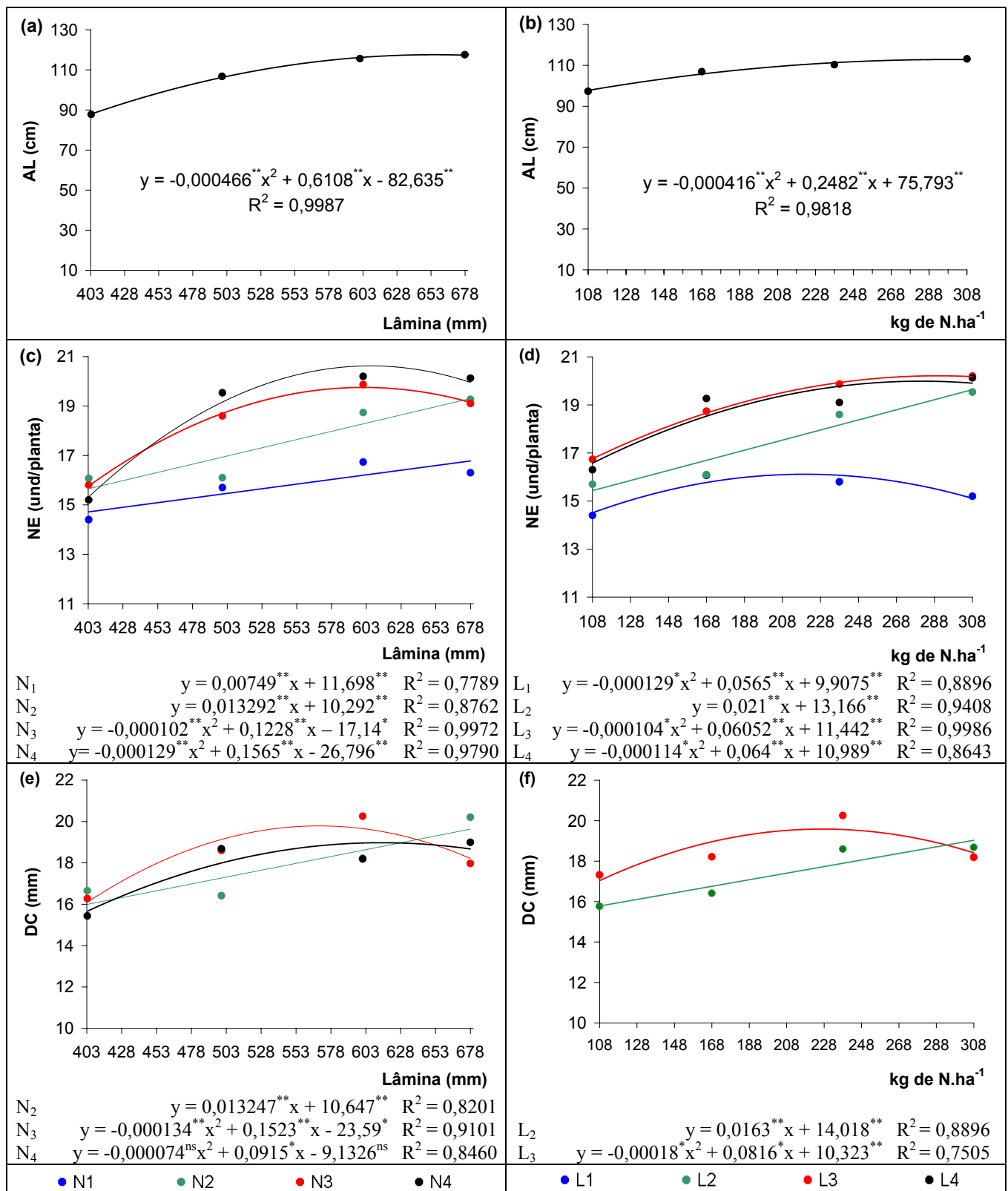


Figura 18. Altura de plantas (AL) (a,b); número de entrenós (NE) (c,d) e diâmetro de colo (DC) (e,f) do algodoeiro herbáceo, cv. Deltapine Acala 90, respectivamente em função da lâmina de água e da dose de nitrogênio, aos 160 dias após a emergência (DAE). Barreiras, BA, 2004.

4.2.2. Rendimento de algodão em caroço

De acordo com a análise de variância (Tabela 22), houve efeito significativo de lâminas ($p < 0,01$) e dose de nitrogênio ($p < 0,01$) sobre o rendimento de algodão em caroço, entretanto a interação não foi significativa pelo Teste F a 5% de probabilidade. Conforme os estudos de regressão, houve efeito quadrático de lâminas (Tabela 22 e 23) e dose de N (Tabela 23). Para nitrogênio, embora não tenha havido efeito exclusivo de Beta 2 ($p < 0,05$) sobre o rendimento (Tabela 22), o modelo quadrático como um todo é significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F (Tabela 23).

4.2.2.1. Efeito de lâmina

Na Figura 19 é apresentada a equação de regressão ($p < 0,01$) em que o rendimento é expresso em função da lâmina de água (irrigação + precipitação efetiva); de acordo com este modelo, o rendimento partiu de 4.472,17 kg.ha⁻¹ no tratamento de menor lâmina ($L_1 = 403,4$ mm) para 5.341,74 kg.ha⁻¹ no ponto de máxima que ocorreu em 621,8 mm; um incremento de rendimento de 19,44% (+869,57 kg.ha⁻¹). O aumento do suprimento hídrico, além do ponto de inflexão da curva até a maior lâmina estudada (677,93 mm), resultou em leve decréscimo no rendimento (1,08%). Segundo Stegman et al. (1980), o declínio da curva de produção a partir do ponto de máxima, pode ser devido à diminuição da aeração do solo e/ou à lixiviação de nutrientes e, ainda, a doenças associadas ao excesso de umidade - fato não registrado na presente pesquisa.

Nunes Filho et al. (1998) estudando, em condições de campo, o rendimento de algodão em caroço das cultivares CNPA 7H, CNPA Precoce-1 e CNPA 6H na estação experimental de Serra Talhada, PE, também obtiveram efeito quadrático de lâminas, cujos pontos de máxima ocorrem em 836, 882 e 821 mm e rendimentos de 3.051, 2.763 e 2.423 kg.ha⁻¹, respectivamente. Yazar et al. (2002) obtiveram, na Estação de Pesquisa de Koruklu, ao Sudeste do Projeto de Anatólia (região árida), na Turquia, os maiores rendimentos de algodão em caroço, 4.750 e 5.040 kg.ha⁻¹, com 854 e 868 mm, sob pivô central (emissores LEPA – baixa pressão de serviço e elevada precisão de aplicação) e gotejamento, respectivamente. Nota-se, na presente pesquisa, rendimentos maiores, com lâminas menores (ponto de máxima em 621,79 mm com rendimento de 5.341,74 kg.ha⁻¹). Ressalta-se, no entanto, que o requerimento hídrico é dependente, sobretudo, das condições climáticas.

Tabela 22. Resumo de ANOVA e médias para rendimento de algodão em caroço (REND). Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação		REND
		Quadrado médio
Lâmina (L)		1902368,1669 **
Beta 1 (Reg. Pol.)		4416140,0104 **
Beta 2 (Reg. Pol.)		1204632,0169 **
Desv. Reg.		86332,4734 ns
Bloco[Lâmina]^a		96215,6105 ns
Nitrogênio (N)		494560,9756 **
Beta 1 (Reg. Pol.)		1449591,2386 **
Beta 2 (Reg. Pol.)		33943,2191 ns
Desv. Reg.		148,4691 ns
L x N		161090,3640 ns
QMResíduo		109245,0961
CV (%)		6,56
		Médias observadas
Lâmina^b		kg.ha ⁻¹
L ₁ (403,40 mm)		4.455,24
L ₂ (499,51 mm)		5.119,24
L ₃ (600,77 mm)		5.276,74
L ₄ (677,93 mm)		5.307,06
Nitrogênio		
N ₁ (108 kg.ha ⁻¹)		4.785,55
N ₂ (168 kg.ha ⁻¹)		4.979,30
N ₃ (238 kg.ha ⁻¹)		5.141,51
N ₄ (308 kg.ha ⁻¹)		5.251,91

** significativo a 1%; *significativo a 5%; ^{ns} não significativo pelo Teste F; ^a bloco hierarquizado dentro de lâmina ($GL_{\text{bloco}} = r-1 + (r-1 \times L - 1) = 8$); ^b irrigação + precipitação efetiva ($Pe = 49,7 \text{ mm}$).

Tabela 23. Resumo de ANOVA de regressão quadrática para rendimento de algodão em caroço. Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	Quadrado médio
Reg. Pol. Quadr. para Lâmina (efeito conjunto de beta 1 e 2 em y)	703548,3 **
Resíduo	23567,85
Reg. Pol. Quadr. para Nitrogênio (efeito conjunto de beta 1 e 2 em y)	185441,81 **
Resíduo	19145,152

** significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

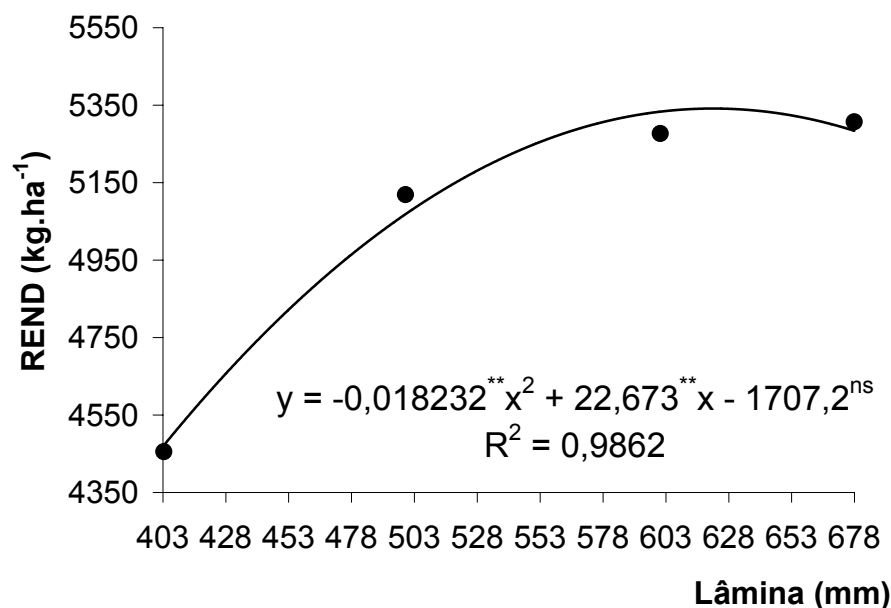


Figura 19. Rendimento do algodão em caroço (REND) obtido em função da lâmina de água. Barreiras, BA, 2004.

Na Tabela 24 é apresentada uma análise de desempenho econômico para as lâminas que resultam em máximo rendimento físico (L_m), máxima receita líquida (L^*) para a relação “ $C_L/P_Z=0,3$ ”, bem como, para as lâminas dos tratamentos estudados (L_1 a L_4). Nota-se, na referida tabela, que as lâminas que maximizam o rendimento físico ($L_m= 621,79$ mm) e a receita líquida ($L^*=613,01$ mm) são muito semelhantes ($\neq 8,78$ mm), resultando num reduzido diferencial de receita líquida, apenas R\$ 1,58.ha⁻¹. Todavia, o incremento do lucro líquido do tratamento L_1 , para o obtido com L^* , foi de R\$ 900,36.ha⁻¹; ou R\$ 108.043,2 para o pivô (120 ha); um diferencial de renda considerável, resultando em índice de lucratividade (razão entre as receitas líquida e bruta) para L^* (22,82%) mais que duas vezes superior ao obtido para L_1 (10,47%). Esta diferença (R\$ 900,36.ha⁻¹) representa cerca de 18,74% do custo de produção de L_1 (Tabela 24). Ressalta-se que o rendimento obtido em L_1 é semelhante à produtividade média para algodão irrigado na Região Oeste da Bahia (4500 kg.ha⁻¹), conforme a

Associação dos Agricultores e Irrigantes da Bahia (AIBA, 2004); portanto, há possibilidade de aumentar a lucratividade da cotonicultura irrigada através de manejo racional da água, uma vez diagnosticado ser este fator uma das causas do “baixo” rendimento para algodão irrigado na região; este fato já foi “sinalizado” no Experimento I, pelo manejo deficiente adotado pela fazenda.

Verifica-se, na Tabela 24, que o tratamento L₃, teve um desempenho econômico muito bom, com lucro equivalente a 99,79% do obtido com a lâmina que maximizou a receita líquida (L*); isto denota que o manejo (via clima) adotado (equação de evapotranspiração da cultura de referência e coeficientes de cultivo) na presente pesquisa é adequado ao cultivo do algodoeiro na Região Oeste da Bahia, pela eficiência demonstrada, bem como pela praticidade, viabilizando um manejo racional da irrigação do algodoeiro em grandes áreas, como as cultivadas sob pivô central.

Tabela 24. Análise econômica para as lâminas (L) que maximizam o rendimento físico (L_m), a receita líquida (L*) para relação C_L/P_Z=0,3, e para as lâminas correspondentes aos tratamentos L₁ a L₄. Barreiras, BA, 2004. Barreiras, BA, 2004.

Ident.	Lâmina Total ^a (mm)	Rendimento de algodão em caroço (Z) (kg.ha ⁻¹)	Custo de produção ^b (R\$.ha ⁻¹)	Receita Bruta (R\$.ha ⁻¹)	Receita líquida (R\$.ha ⁻¹)	Índice de lucratividade (%)
L _m	621,79	5.341,74	4.949,57	6.410,09	1.460,51	22,78
L*	613,01	5.340,33	4.946,31	6.408,40	1.462,09	22,82
L ₁	403,40	4.472,17	4.804,87	5.366,60	561,73	10,47
L ₂	499,51	5.069,12	4.884,83	6.082,94	1.198,11	19,70
L ₃	600,77	5.333,68	4.941,39	6.400,42	1.459,02	22,80
L ₄	677,93	5.284,28	4.965,42	6.341,13	1.375,72	21,70

^a irrigação + precipitação efetiva (Pe = 49,7mm); ^b =(custo com N=R\$2,30.kg⁻¹ x 205,5^c) + (custo com água=R\$ 0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ x (L-Pe)) + (custo de produção sem os custos com água e nitrogênio = R\$ 3.865,0.ha⁻¹ + C_{colheita}^d); ^c205,5 kg.ha⁻¹ de N = dose para efeito isolado de L; ^d custo de colheita = R\$ 0,076.kg⁻¹x Z. (C_L - R\$.mm⁻¹.ha⁻¹; P_Z - R\$.kg⁻¹ de algodão em caroço)

Segundo Doorenbos e Kassam (2000), a eficiência de utilização de água para o rendimento obtido (Ey) de algodão em caroço com 10% de umidade, é de 0,4 a 0,6 kg.m⁻³ de água. De acordo com os rendimentos obtidos e suas respectivas lâminas totais, L₁, L₂, L₃ e L₄ resultaram nos seguintes valores de Ey: 1,11, 1,01, 0,89 e 0,78 kg.m⁻³. Nota-se que apesar de a eficiência do uso ter sido inversamente proporcional à lâmina, mesmo o tratamento de maior suprimento hídrico resultou em eficiência de uso de água consideravelmente superior à tida como satisfatória por Doorenbos e Kassam (2000). Ressalta-se que a resposta produtiva das plantas à aplicação de água, Ey, depende de

muitos fatores, dentre eles as características do genótipo, a nutrição da planta, a estratégia de manejo de água, as condições edáficas e, sobretudo, a demanda atmosférica no local.

Bezerra et al. (2004) obtiveram com a lâmina que maximizou o rendimento físico (742 mm, com $3.543 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) da cv. de algodão BRS 200, E_y de $0,48 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; este valor foi inferior ao obtido na presente pesquisa para o ponto de máximo rendimento físico ($0,86 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), e mesmo para o tratamento de maior lâmina ($0,78 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Luz et al. (1997) irrigando com base em 50% da água disponível obtiveram com a cultivar CNPA Precoce 1, rendimento de $3.375 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, com uma lâmina de 502 mm, resultando em E_y de $0,67 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; para esta lâmina, o rendimento previsto pela função de produção obtida na presente pesquisa (Figura 19) é de $5.080 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e E_y de $1,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Os autores só alcançaram o valor de $0,86 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ no tratamento com estresse hídrico na fase de floração, com rendimento de $2.341 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para uma lâmina de 271 mm.

4.2.2.2. Efeito de nitrogênio

Conforme a equação de regressão quadrática apresentada na Figura 20, significativa em nível de 1% de probabilidade (Tabela 23), o rendimento de algodão em caroço é incrementado de $4.786,45$ para $5.251,09 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (+ 9,71%) de N_1 para N_4 , respectivamente). O ponto de máxima do modelo ocorre além da maior dose de N estudada (N_4); conforme a prospectiva da equação, o ponto de inflexão da curva ocorre na dose de $399,37 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, com rendimento correspondente de $5.301,76 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, um incremento de apenas 0,96% em cima do rendimento obtido com N_4 .

Os resultados corroboram com Lamas e Staut (2001), que estudando doses de nitrogênio de até $225 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, em Chapadão do Sul, MT, obtiveram efeito linear dos tratamentos sobre a produção de fibra ($y = 1347,64 + 2,24x = \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; $R^2=0,79$) do algodoeiro herbáceo, resultando, na maior dose, em $1.852 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de algodão em pluma; isto equivale a $4.629 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de algodão em caroço (40% de rendimento de pluma), correspondendo a 90,46% do rendimento obtido na presente pesquisa para esta dose ($5.117,21 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), conforme o modelo apresentado na Figura 20. Efeito quadrático de nitrogênio sobre o rendimento de algodão em caroço (cv. BRS verde) também foi constatado por Alcântara (2003), cujo ponto de máxima do modelo ocorre na dose de $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, contudo o estudo foi realizado em casa de vegetação e teve como

fonte de N, o lodo seco de esgoto. Pedroza et al. (2003a) evidenciaram efeito linear de doses crescentes de lodo de esgoto, equivalentes a 0, 60, 100, 200, 250 e 300 kg.ha⁻¹ de N, sobre o rendimento de algodão (caroço) da cultivar BRS 1878H (casa de vegetação).

Frye e Kairuz (1990) relatam que os efeitos de adubação sobre os aumentos de rendimento do algodoeiro se devem, em primeiro lugar, à ação do nitrogênio e, em seguida à ação conjunto de NK, NPK e NP. De acordo com Faquin (1994), nos compostos orgânicos o nitrogênio aparece na forma reduzida (NH₃); como é absorvido preferencialmente como NO₃⁻ (oxidado), deve haver uma redução antes da incorporação a compostos orgânicos. Conforme Beltrão e Azevedo (1993), o algodoeiro apresenta grande limitação interna no metabolismo do N, devido à competição que se estabelece entre a redução do CO₂ e a do nitrato; desta forma para que ocorra o máximo de fotossíntese, o algodoeiro, planta de metabolismo C₃, necessita cerca de duas vezes mais N na folha que as espécies de metabolismo C₄.

Pereira et al. (2003), estudando doses de N variando entre 0 e 400 kg.ha⁻¹, no algodoeiro herbáceo, cv CNPA 97-2865, sob irrigação por sulcos, em Barbalha, CE, constataram efeito linear de N ($y = 4,2042x + 2505,2$; $R^2 = 0,98$), mas, com produtividade de apenas 4.187 kg.ha⁻¹, na dose de 400 kg.ha⁻¹ de N; este valor é bastante inferior aos 5.251,09 kg.ha⁻¹, obtidos na presente pesquisa com 308 kg.ha⁻¹ de N (Figura 20). Os autores atribuíram o baixo rendimento à irrigação por sulcos, ao uso de uréia em cobertura associado ao pH elevado do solo e ao baixo teor de P, favorecendo uma maior perda do N (volatilização/lixiviação) e/ou menor taxa de absorção pela planta.

A despeito da inferioridade dos rendimentos obtidos por Pereira et al. (2003), comparado aos obtidos na presente pesquisa, Ferreira (2003) estudando os efeitos de doses crescente de N sobre o rendimento de algodão em caroço, obteve um modelo matemático ($Y = 2018,933 + 11,9494x$, $x = \text{kg.ha}^{-1}$ de N) cuja dose de N de 308 kg.ha⁻¹ de N, resulta em rendimento de 5.699 kg.ha⁻¹; valor 8,54% superior aos 5.251,09 kg.ha⁻¹ obtidos na presente pesquisa para esta dose (Figura 20), todavia, ressalta-se que a lâmina de água utilizada (736 mm) pelo autor é 191 mm superior aos 545 mm, incluso na equação contida na Figura 20 (efeito isolado de N). Segundo Radin et al. (1985) e Halevy e Kramer (1986), a produtividade do algodoeiro é fortemente determinada pela interação entre nitrogênio e água. Quanto maior o nível em que qualquer um desses fatores for mantido, maior também será o incremento de produtividade para um nível do outro fator, até certo limite.

Guerra e Iora (1999), estudando os efeitos de doses de N variando entre 0 a 240 kg.ha⁻¹ sobre a mesma cultivar estudada na presente pesquisa, Deltapine Acala 90, evidenciaram que o rendimento variou de forma quadrática com os tratamentos ($y = 3045,8 + 20,7x - 0,051x^2$, $R^2=0,97$, irrigação manejada a -33kPa). Nota-se que o ponto de máxima ocorre em 203 kg.ha⁻¹ de N, com rendimento de 5.146 kg.ha⁻¹; valor não muito distante dos 5.068 kg.ha⁻¹ obtidos para esta dose na presente pesquisa. Todavia, de acordo com o modelo obtido pelos autores, a partir desta dose o rendimento cai, enquanto na presente o rendimento continuou a subir até a maior dose estudada (308 kg.ha⁻¹ de N). Ressalta-se que na pesquisa de Guerra e Iora (1999) ocorreram 724,9 mm de precipitação bem distribuídos; este fato pode ter contribuído para otimização do rendimento nas menores doses de N e, por outro lado, para redução da eficiência da adubação nitrogenada, devido à lixiviação, nas maiores doses.

Na Tabela 25 é apresentada uma análise de desempenho econômico para as doses de N que resultam em máximo rendimento físico ($N_m = 399,37$ kg.ha⁻¹), máxima receita líquida ($N^* = 230,81$ kg.ha⁻¹) para a relação “ $C_N/P_Z=1,92$ ”, bem como, para as doses de N dos tratamentos estudados (N_1 a N_4). Nota-se, na referida tabela, que o diferencial de receita líquida entre N^* e N_m corresponde a R\$ 193,84.ha⁻¹; isto representa um aumento de lucro líquido de aproximadamente R\$ 23.260,65 para o pivô (120 ha). Verifica-se, ainda nesta tabela, que o tratamento N_3 , correspondente a 168 kg.ha⁻¹ de N, teve um desempenho próximo do ótimo, com lucro equivalente a 99,97% do obtido com a dose de N que maximizou a receita líquida (N^*).

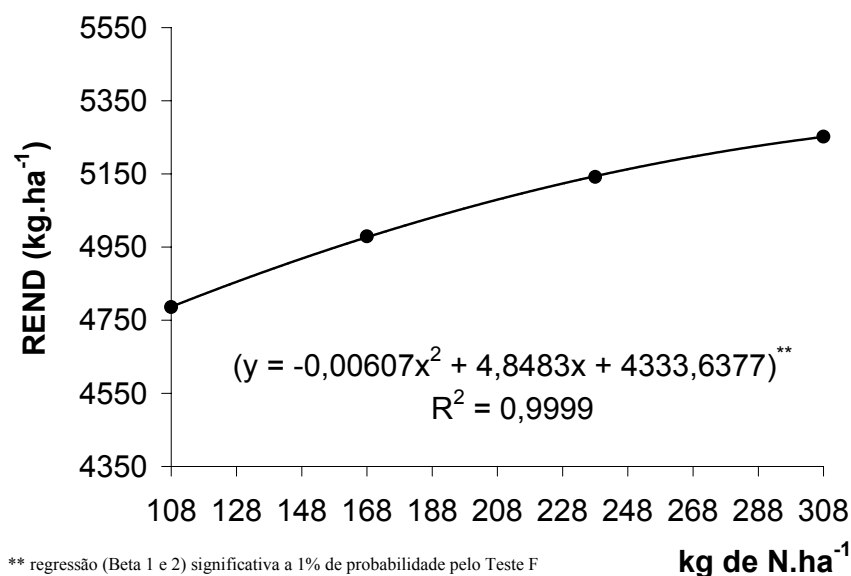


Figura 20. Rendimento do algodão em caroço (REND) em função da quantidade de nitrogênio. Barreiras, BA, 2004.

Tabela 25. Análise econômica para as doses de nitrogênio (N) que maximizam o rendimento físico (N_m), a receita líquida (N^*) para relação $C_N/P_Z=1,92$, e as doses de N correspondentes aos tratamentos N_1 a N_4 . Barreiras, BA, 2004.

Ident.	Dose de N (kg.ha ⁻¹)	Rendimento de algodão em caroço (Z) (kg.ha ⁻¹)	Custo de produção ^a (R\$.ha ⁻¹)	Receita Bruta (R\$.ha ⁻¹)	Receita líquida (R\$.ha ⁻¹)	Índice de lucratividade (%)
N_m	399,37	5.301,76	5.365,57	6.362,11	996,54	15,66
N^*	230,81	5.129,31	4.964,79	6.155,17	1.190,38	19,34
N_1	108,00	4.786,45	4.656,27	5.743,74	1.087,47	18,93
N_2	168,00	4.976,83	4.808,74	5.972,20	1.163,46	19,48
N_3	238,00	5.143,70	4.982,42	6.172,44	1.190,02	19,28
N_4	308,00	5.251,09	5.151,58	6.301,31	1.149,72	18,25

^a $=(\text{custo com N}=\text{R}\$2,30.\text{kg}^{-1} \times \text{N}) + (\text{custo com água}=\text{R}\$ 0,36.\text{mm}^{-1}.\text{ha}^{-1} \times (545,4^{\text{b}} - 49,7^{\text{c}})) + (\text{custo de produção sem os custos com água e nitrogênio} = \text{R}\$ 3.865,0.\text{ha}^{-1} + C_{\text{colheita}}^{\text{d}})$; ^b lâmina para efeito isolado de N; ^c precipitação efetiva; ^d custo de colheita = $\text{R}\$ 0,076.\text{kg}^{-1} \times Z$. (C_N - $\text{R}\$. \text{kg}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ de N; P_Z - $\text{R}\$. \text{kg}^{-1}$ de algodão em caroço)

A despeito de aumento do rendimento físico e econômico, discutido para o incremento da dose de N até 241,5 kg.ha⁻¹, Barbosa et al. (2004) estudando doses de adubação nitrogenada de até 240 kg.ha⁻¹ de N, sobre a cv. BRS Ipê, no cerrado de Goiás, obtiveram ponto de máximo rendimento físico e econômico, respectivamente, nas doses de 173 e 114 kg.ha⁻¹ de N ($y = -0,0167x^2 + 5,77x + 2057,7$; $R^2=0,91$; $\text{R}\$ 1,18.\text{kg}^{-1}$ de algodão em caroço e $\text{R}\$ 2,30.\text{kg}^{-1}$ de N), resultando em 2.556 e 2.500 kg.ha⁻¹. Nota-se que estas produções são muito baixas para as doses de N correspondentes; a título de comparação, segundo o modelo obtido na presente pesquisa (Figura 20), o rendimento previsto para 173 kg.ha⁻¹ de N é de 4.991 kg.ha⁻¹. De acordo com aqueles autores, os baixos rendimentos ocorreram devido à baixa fertilidade do solo, com desequilíbrio muito forte entre cátions, tendo sido anteriormente ocupado por pastagem.

4.2.3. Função de resposta de rendimento de algodão em caroço a água e nitrogênio

Na Tabela 26 é apresentada a equação de regressão múltipla para rendimento de algodão em caroço em função dos dois fatores estudados, água e nitrogênio, e significâncias estatísticas de seus coeficientes pelo Teste F; a superfície de resposta, com base nesta equação, é apresentada na Figura 21.

De acordo com o modelo matemático o ponto de máximo rendimento físico, cerca de 5.799 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, ocorre com a combinação de 684,5 mm de água (L_m) e 491,1 kg.ha⁻¹ de N (N_m); no entanto a combinação de 630,9 mm de água e 287,2 kg.ha⁻¹ de N (L^* e N^* - Tabela 27), válida para as relações “ $C_1/P_Z=0,3$ e

$C_N/P_Z=1,92$ ”, apesar de resultar em rendimento de algodão em caroço 3,74 % menor ($5.581,82 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), otimiza o lucro, viabilizando a máxima receita líquida registrada no estudo, cerca de $\text{R}\$1.539,07\cdot\text{ha}^{-1}$, valor este 18,85% superior ao obtido com a combinação que resultou no ponto de máximo rendimento físico ($\text{R}\$ 1.294,99\cdot\text{ha}^{-1}$, Tabela 27). Este diferencial de receita representa um acréscimo de renda líquida de $\text{R}\$ 29.290,06/\text{pivô}$ central (120 ha). No Apêndice 11 consta a superfície de resposta de receita líquida em função da lâmina e dose de N. A adotando-se L^* , em substituição a L_m , além do benefício econômico discutido, deixar-se-iam de derivar do manancial hídrico, por ciclo do algodoeiro, um volume d’água de $64.238,4 \text{ m}^3$ para um pivô de 120 ha ($535,32 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$), otimizando o uso dos recursos naturais; ressalta-se, que na Fazenda onde o experimento foi realizado (Faz. Santa Cruz) são 14 pivôs de 120 ha.

O rendimento de algodão em caroço, estimado pela função de resposta com a lâmina de água e dose de nitrogênio utilizada pelo produtor, 526,8 mm e $212 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N (L_p e N_p), é de $5.225,06 \text{ kg}$, resultando em receita líquida de $\text{R}\$ 1.348,63\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tabela 27). Note-se que o rendimento estimado é semelhante ao obtido (Experimento I), cerca de $5.168,14 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na Tabela 27 são apresentadas três opções de otimização (A, B e C) envolvendo o manejo do produtor. A opção “A” representa a combinação que resulta em custo mínimo para a obtenção do mesmo rendimento estimado para a combinação de “L e N” utilizada pela fazenda, verificando-se que, em virtude do menor custo da água, a lâmina subiu para 597 mm e a dose de N foi reduzida a $159,68 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, mantendo-se o mesmo rendimento físico, porém, aumentando a receita líquida em 7,04% (de $\text{R}\$ 1.348,63$ para $1.443,52\cdot\text{ha}^{-1}$). Na opção B, foi determinada a dose de N que resulta em máxima receita líquida para a lâmina utilizada pelo produtor (526,77 mm); esta dose de N é $218,56 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, e o aumento de receita foi irrisório, 0,02 %; porém, utilizando-se a lâmina que maximiza a receita líquida (614,41 mm) para a dose de N da fazenda (Tabela 27, opção C), a receita líquida seria incrementada em 11,67% (passando de $\text{R}\$ 1.348,63\cdot\text{ha}^{-1}$ a $\text{R}\$ 1.506,05\cdot\text{ha}^{-1}$). A análise das opções B e C (Tabela 27) levanta a suspeita de que o “baixo” rendimento médio da Região Oeste da Bahia para algodão irrigado ($4.500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, AIBA, 2004) pode estar sendo ocasionado mais por manejo inadequado da irrigação, que da adubação nitrogenada. Nota-se que um incremento de lucro ainda maior (14,12%) poderia ser obtido com o emprego da lâmina e da dose de nitrogênio ($630,93 \text{ mm}$ e $287,24 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N) que maximizam a receita líquida ($\text{R}\$ 1.521,18\cdot\text{ha}^{-1}$), em substituição à combinação de água e nitrogênio da fazenda (L_p , N_p).

Tabela 26. Função de produção água-nitrogênio para o algodoeiro herbáceo, cv. Acala 90, coeficiente de determinação, termos do modelo e seus respectivos valores F e probabilidades de significâncias pelo Teste F. Barreiras, BA, 2004.

Modelo: $Z(X,Y) = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot Y + e \cdot Y^2 + f \cdot XY$		$R^2=0,8445$		
Onde: Z=rendimento de algodão em caroço (kg.ha ⁻¹); X=Lâmina total (mm); Y= Nitrogênio (kg.ha ⁻¹)				
Coeficientes		Valor F		Prob>Fc
a	Constante	-0,151607E+04	-	-
b	Lâmina	0,210280E+02	0,543745E+03	0,00001
c	Lâmina ²	-0,182324E-01	0,408778E-03	0,01823
d	Nitrogênio	0,483129E+00	0,287029E+00	0,39694
e	Nitrogênio ²	-0,606919E-02	0,452961E-04	0,00942
f	Lâmina* Nitrogênio	0,800367E-02	0,787731E-04	0,01078
Falta de ajuste		-	0,122970E+01	0,32197

Tabela 27. Análise econômica para as combinações de lâminas (L) e doses de nitrogênio (N) que resultam em máxima receita bruta (L_m e N_m), líquida (L* e N*) (para C_L/P_Z=0,3 e C_N/P_Z=1,92), combinação “L e N” utilizada pelo produtor (L_p e N_p) e, combinação de custo mínimo para rendimento do produtor (A) (para C_L/C_N=0,16), dose de N que maximiza a receita líquida para a lâmina do produtor (B) (para C_N/P_Z=1,92) e lâmina de água que maximiza a receita líquida para a dose de N do produtor (C) (para C_L/P_Z=0,3). Barreiras, BA, 2004.

Ident.	Insumo		Rendimento de algodão em caroço (Z) (kg.ha ⁻¹)	Custo de produção ^a	Receita		Índice de lucratividade (%)
	L (mm)	N (kg.ha ⁻¹)			Bruta (R\$.ha ⁻¹)	Líquida (R\$.ha ⁻¹)	
L _m , N _m	684,46	491,11	5.798,98	5663,79	6958,78	1294,99	18,6
L*, N*	630,93	287,24	5.581,82	5159,11	6698,18	1539,07	23,0
L _p , N _p	526,77	212,00	5.225,06	4921,45	6270,08	1348,63	21,5
A	597,44	159,68	5.225,06	4826,55	6270,07	1443,52	23,0
B	526,77	218,56	5.238,75	4937,58	6286,50	1348,92	21,5
C	614,41	212,00	5.393,19	4965,78	6471,82	1506,05	23,3

^a = (custo com N=R\$2,30.kg⁻¹ x N) + (custo com água=R\$ 0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ x (L - Pe^b)) + (custo de produção sem os custos com água e nitrogênio = R\$ 3.865,0.ha⁻¹ + C_{colheita}^c); ^b precipitação efetiva=49,7mm; ^ccusto de colheita = R\$ 0,076.kg⁻¹ x Z; C_L = R\$.mm⁻¹.ha⁻¹; C_N = R\$.kg⁻¹.ha⁻¹ de N; P_Z = R\$.kg⁻¹ de algodão em caroço.

A faixa de produção racional, ou porção da superfície de resposta onde os custos dos insumos para produzir uma determinada quantidade do produto são minimizados, está apresentada na Figura 22. Dentro desta faixa estão plotados os pontos, para as curvas de isoproducto entre 4600 a 5500 kg.ha⁻¹, que resulta na combinação de custo mínimo, considerando “C_L/C_N=0,16”. Nota-se que os pontos estão próximos ao limite direito da faixa, ou seja, as combinações ótimas, no presente estudo, priorizam o uso da água em detrimento do nitrogênio; isto ocorreu devido a baixa relação “C_L/C_N” registrada (0,16). Ressalta-se que a posição do ponto de combinação ótima, em cada linha de isoproducto, vai oscilar dentro dos limites da faixa, tendendo para o limite à esquerda, quando a relação C_L/C_N for maior que 1, e para a direita, quando esta relação for menor que 1; evidentemente, com L no eixo “x” e N no “y”.

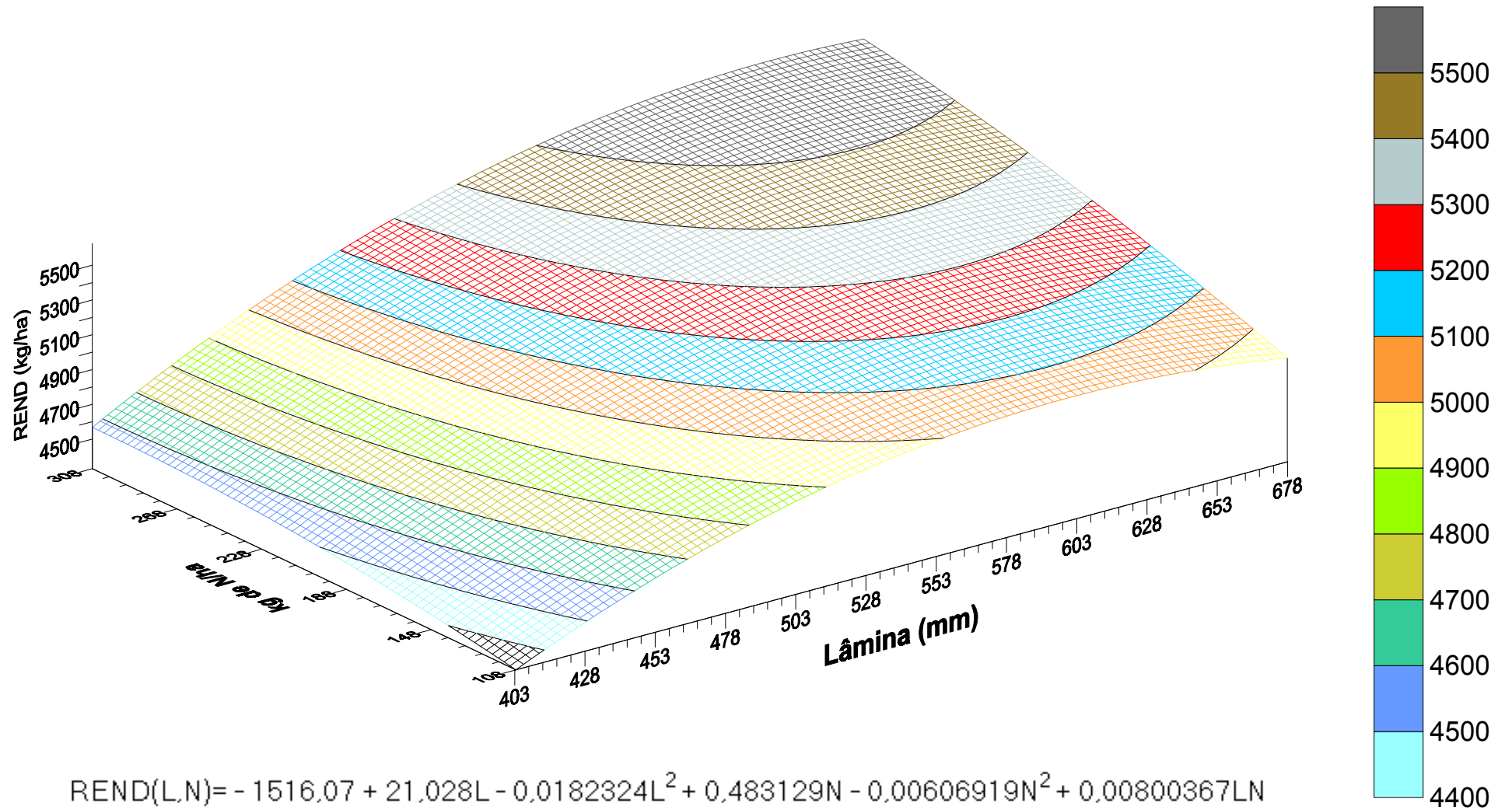


Figura 21. Superfície de resposta de rendimento de algodão em caroço (REND), cv. Acala 90, em função da lâmina de água (L) e dose de nitrogênio (N). Barreiras, BA, 2004.

Na Tabela 28 constam os custos e receitas para as combinações de água e nitrogênio que resultam em custo mínimo, ou máxima receita líquida, para as curvas de isoprodução entre 4.600 e 5.500 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, apresentadas graficamente na Figura 22. Verifica-se que o acréscimo de receita da combinação otimizada do rendimento de 4.600 kg.ha⁻¹ (produtividade média para algodão irrigado na Região Oeste da Bahia - AIBA, 2004), para a combinação que maximiza a receita líquida (L* e N*), é de R\$ 444,66.ha⁻¹ (R\$ 53.359,2/pivô de 120 ha), um aumento expressivo de 40,63%.

Tabela 28. Combinações de lâminas de água (L) e doses de nitrogênio (N) que resultam em custo mínimo para produções de algodão em caroço de 4600 a 5500 kg.ha⁻¹ e relação “C_L/C_N=0,16”. Barreiras, BA, 2004.

Rendimento de algodão em caroço (Z)	Insumo		Custo de produção ^a	Receita		Índice de lucratividade
	L	N		Bruta	Líquida	
(kg.ha ⁻¹)	(mm)	(kg.ha ⁻¹)	(R\$.ha ⁻¹)	(R\$.ha ⁻¹)	(R\$.ha ⁻¹)	(%)
4600,00	558,68	12,07	4425,59	5520,00	1094,41	19,8
4700,00	564,03	32,48	4482,06	5640,00	1157,94	20,5
4800,00	569,65	53,84	4540,82	5760,00	1219,18	21,2
4900,00	575,54	76,31	4602,21	5880,00	1277,79	21,7
5000,00	581,78	100,06	4666,68	6000,00	1333,32	22,2
5100,00	588,42	125,35	4734,84	6120,00	1385,16	22,6
5200,00	595,55	152,52	4807,51	6240,00	1432,49	23,0
5300,00	603,32	182,07	4885,87	6360,00	1474,13	23,2
5400,00	611,90	214,77	4971,77	6480,00	1508,23	23,3
5500,00	621,65	251,90	5068,26	6600,00	1531,74	23,2

^a =(custo com N=R\$2,30.kg⁻¹ x N) + (custo com água=R\$ 0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ x (L - Pe^b)) + (custo de produção sem os custos com água e nitrogênio = R\$ 3.865,0.ha⁻¹ + C_{colheita}^c); ^b precipitação efetiva=49,7mm; ^ccusto de colheita = R\$ 0,076.kg⁻¹ x Z; C_L = R\$.mm⁻¹.ha⁻¹; C_N = R\$.kg⁻¹.ha⁻¹ de N.

Na Figuras 23 a 26 constam as curvas, simuladas com base na função biquadrática apresentada na Tabela 26, para auxiliar o produtor na determinação da lâmina e dose de N econômica (L* e N*), em função da variação dos custos dos insumos água e nitrogênio e do preço pago pelo algodão (Pz de R\$ 0,9, 1,0, 1,2 e 1,4.kg⁻¹, respectivamente para as Figuras 23, 24, 25 e 26). Ressalta-se que as simulações são válidas para as condições edafoclimáticas locais e para o manejo de adubação P e K praticado no Experimento II.

Analisando de forma conjunta as Figuras 23 a 26, verifica-se que a quantidade ótima econômica do insumo (L* e N*) aumenta quando o valor pago pelo produto também aumenta e aproxima-se da quantidade de água ou nitrogênio que maximiza a

produção (L_m e N_m , respectivamente) a medida em que o seu custo é reduzido. Por outro lado, a dose econômica do insumo diminui quando o seu custo é alto. Verifica-se também que a quantidade ótima econômica do insumo é menos influenciada pelo seu custo quando a remuneração do algodão é aumentada.

Cetin e Bilgel (2002) estudando lâminas de irrigação sobre a cultivar de algodão Sayar-314, com adubação nitrogenada de 130 kg.ha^{-1} de N, registraram efeito quadrático dos tratamentos sobre o rendimento de algodão em caroço, sendo obtidas as seguintes equações: $y = 1102 + 3,1x - 0,001x^2$ ($R^2 = 0,99^{**}$) e $y = 292,5 + 7,9x - 0,003x^2$ ($R^2 = 0,99^{**}$), respectivamente para irrigação por aspersão e gotejamento. Os respectivos pontos de máxima dos modelos ocorrem nas lâminas de 1550 e 1300 mm, com rendimentos de 3.504 e 5.493 kg.ha^{-1} e eficiência de uso de água (E_y) de $0,23$ e $0,42 \text{ kg.m}^{-3}$. De acordo com a função de produção biquadrática (Tabela 26) obtida na presente pesquisa, para a dose de 130 kg.ha^{-1} de N, o ponto de máxima ocorre em 605 mm, com rendimento de 5.122 kg.ha^{-1} ($E_y = 0,85 \text{ kg.m}^{-3}$). Note-se que este rendimento é $46,2\%$ superior ao obtido pelos autores supracitados para irrigação por aspersão, embora seja $6,75\%$ inferior ao rendimento obtido por eles com o sistema de gotejamento. Ressalta-se que as lâminas de água para os pontos de máxima dos autores são mais que o dobro da registrada na presente pesquisa para 130 kg.ha^{-1} de N, resultando em eficiência de uso de água $3,7$ e $2,02$ vezes superior às obtidos por Cetin e Bilgel (2002), respectivamente para aspersão e gotejamento.

Para Radin et al. (1985) e Halevy e Kramer (1986) as produtividades de algodão são fortemente determinadas pela interação nitrogênio versus água; quanto maior o nível em que qualquer um desses fatores é mantido, maior também será o incremento de produtividade para um nível do outro fator, que se aproxima de valor constante. Segundo Ali et al. (1974), as maiores respostas do algodoeiro irrigado são obtidas com os maiores níveis de adubação nitrogenada.

Ferreira (2003), estudando sob irrigação (736 mm), os efeitos de doses crescentes de nitrogênio sobre o rendimento de algodão em caroço, obtiveram a seguinte equação em função da dose de N.ha^{-1} : $y = 2018,933 + 11,9494x$. De acordo com o modelo o rendimento estimado para 308 kg.ha^{-1} de N, resulta em rendimento de 5.699 kg.ha^{-1} ; valor semelhante aos 5.625 kg.ha^{-1} obtidos na presente pesquisa para a lâmina que maximiza o rendimento físico (644 mm) na dose de 308 kg.ha^{-1} de N, segundo o modelo contido na Tabela 26. Ressalta-se que esta lâmina é 92 mm inferior à utilizada por Ferreira (2003).

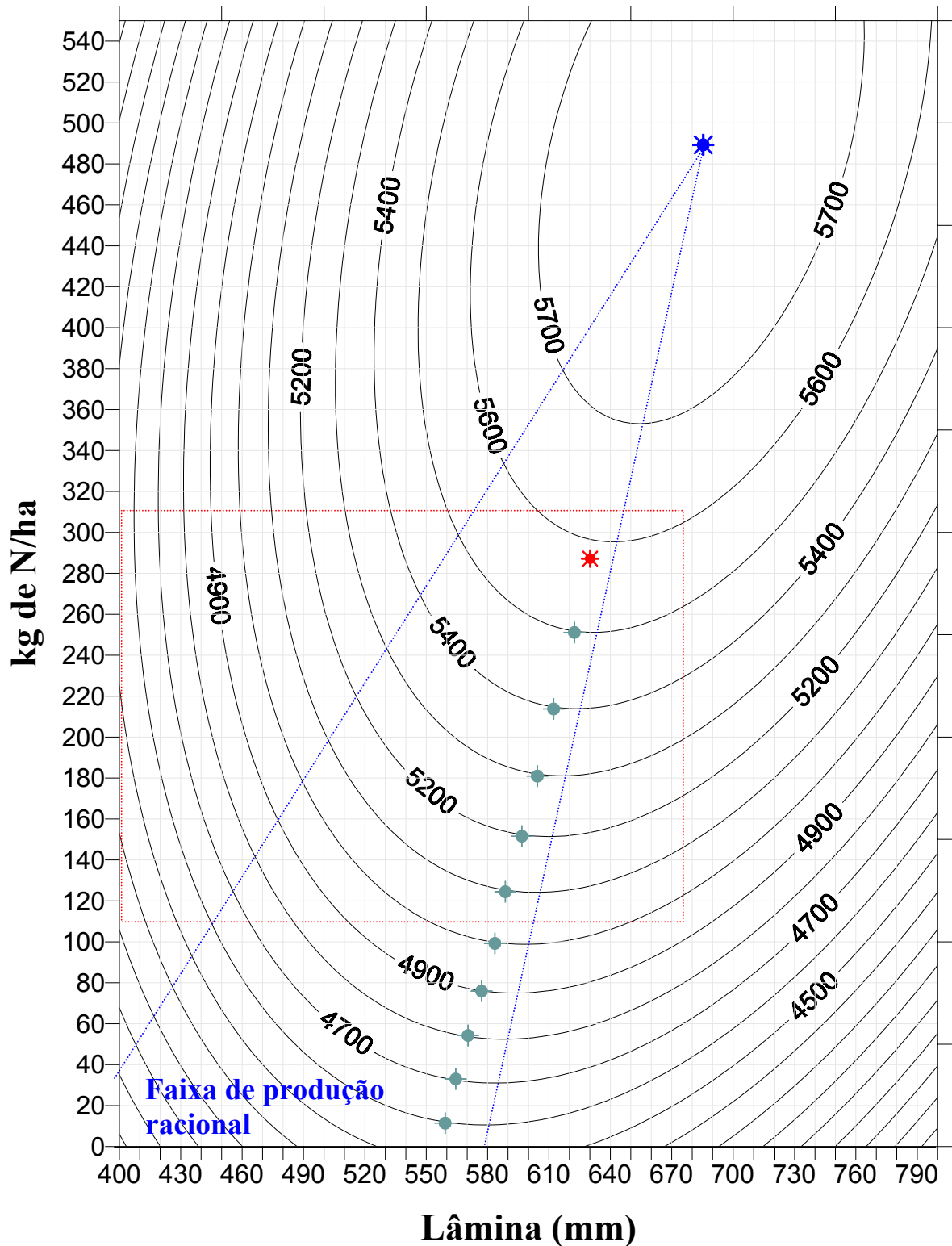


Figura 22. Superfície de resposta de rendimento de algodão em caroço, cv. Acala 90, em função da lâmina (irrigação + precipitação efetiva) e N; faixa de produção racional (---); ponto de máxima receita bruta (*) e líquida (*) para $C_L/P_Z=0,3$ e $C_N/P_Z=1,92$ ($C_L=R\$.mm^{-1}.ha^{-1}$; $C_N=R\$.kg^{-1}.ha^{-1}$ de N; $P_Z=R\$.kg^{-1}$ de algodão); combinação de custo mínimo (*) para produções entre 4600 e 5500 $kg.ha^{-1}$ e relação $C_L/C_N=0,16$ e, intervalo de lâminas e doses de N estudadas (---). Barreiras, BA, 2004.

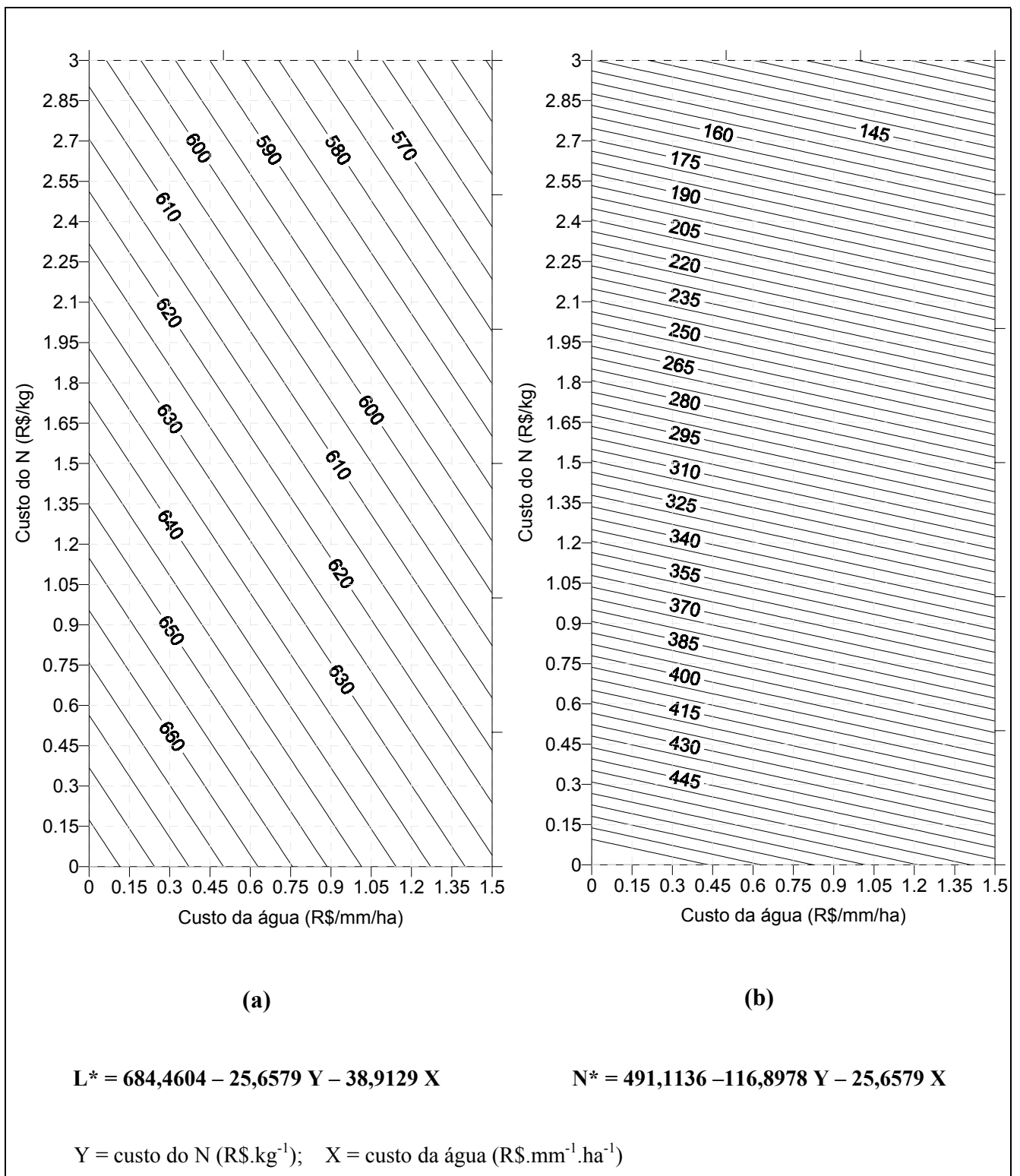


Figura 23. Superfície de resposta para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) (a) e da dose de nitrogênio ótima econômica (N^*) (b) em função do custo da água e do nitrogênio para preço do algodão em caroço (P_z) de R\$ 0,9.kg⁻¹. Barreiras, BA, 2004.

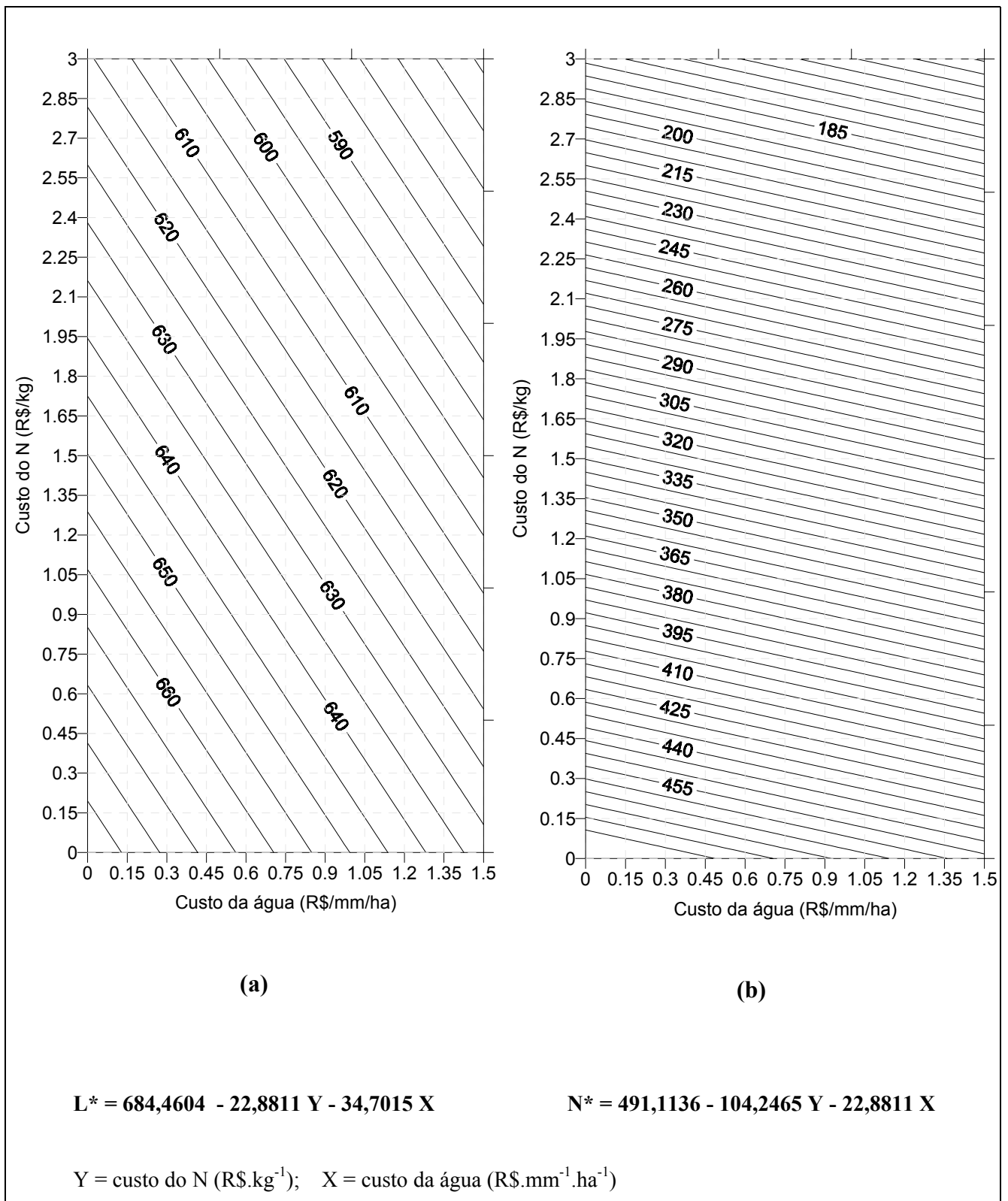


Figura 24. Superfície de resposta para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) (a) e da dose de nitrogênio ótima econômica (N^*) (b) em função do custo da água e do nitrogênio para preço do algodão em caroço (P_z) de R\$ 1,0.kg⁻¹. Barreiras, BA, 2004.

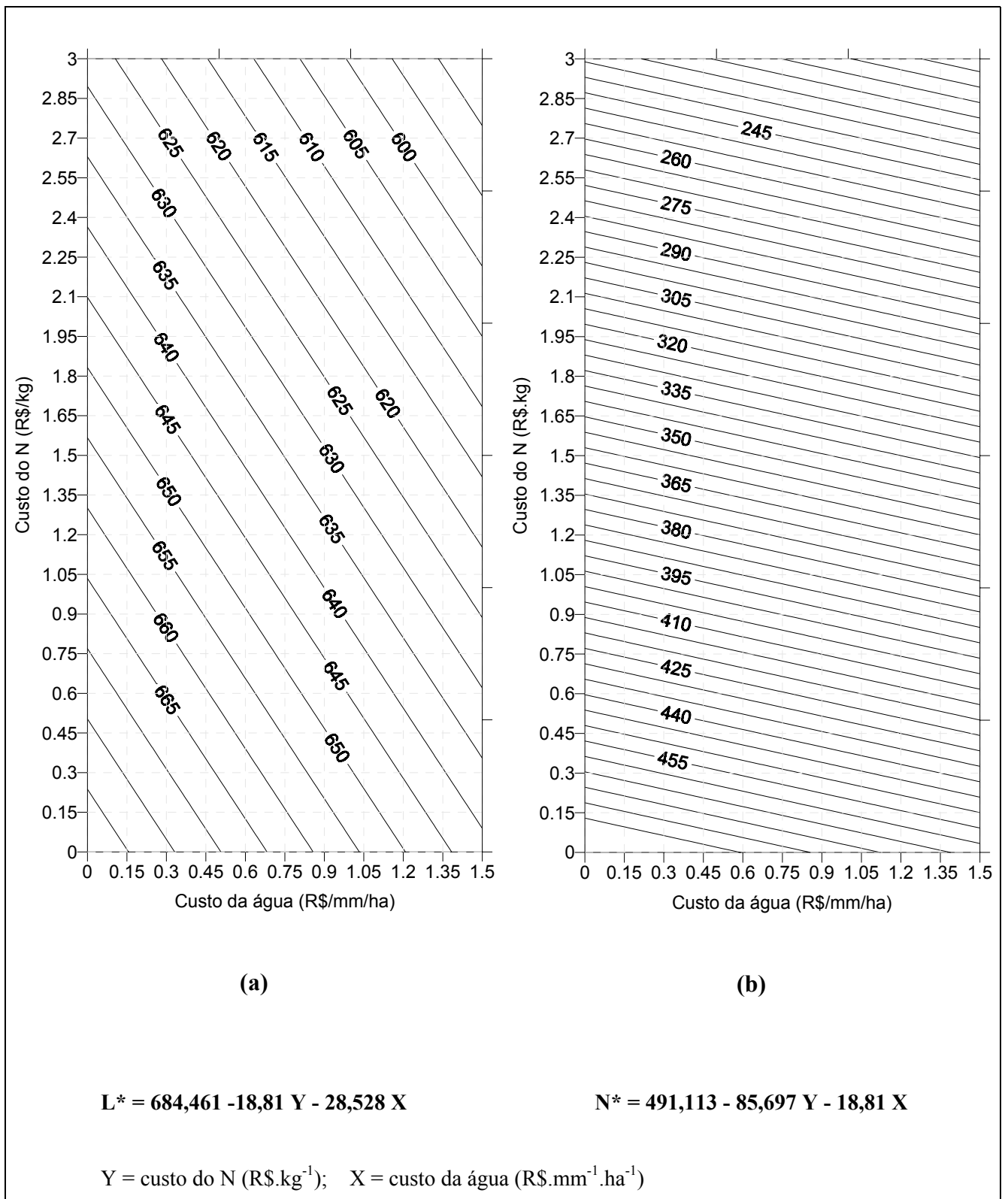


Figura 25. Superfície de resposta para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) (a) e da dose de nitrogênio ótima econômica (N^*) (b) em função do custo da água e do nitrogênio para preço do algodão em caroço (P_z) de R\$ 1,2.kg⁻¹. Barreiras, BA, 2004.

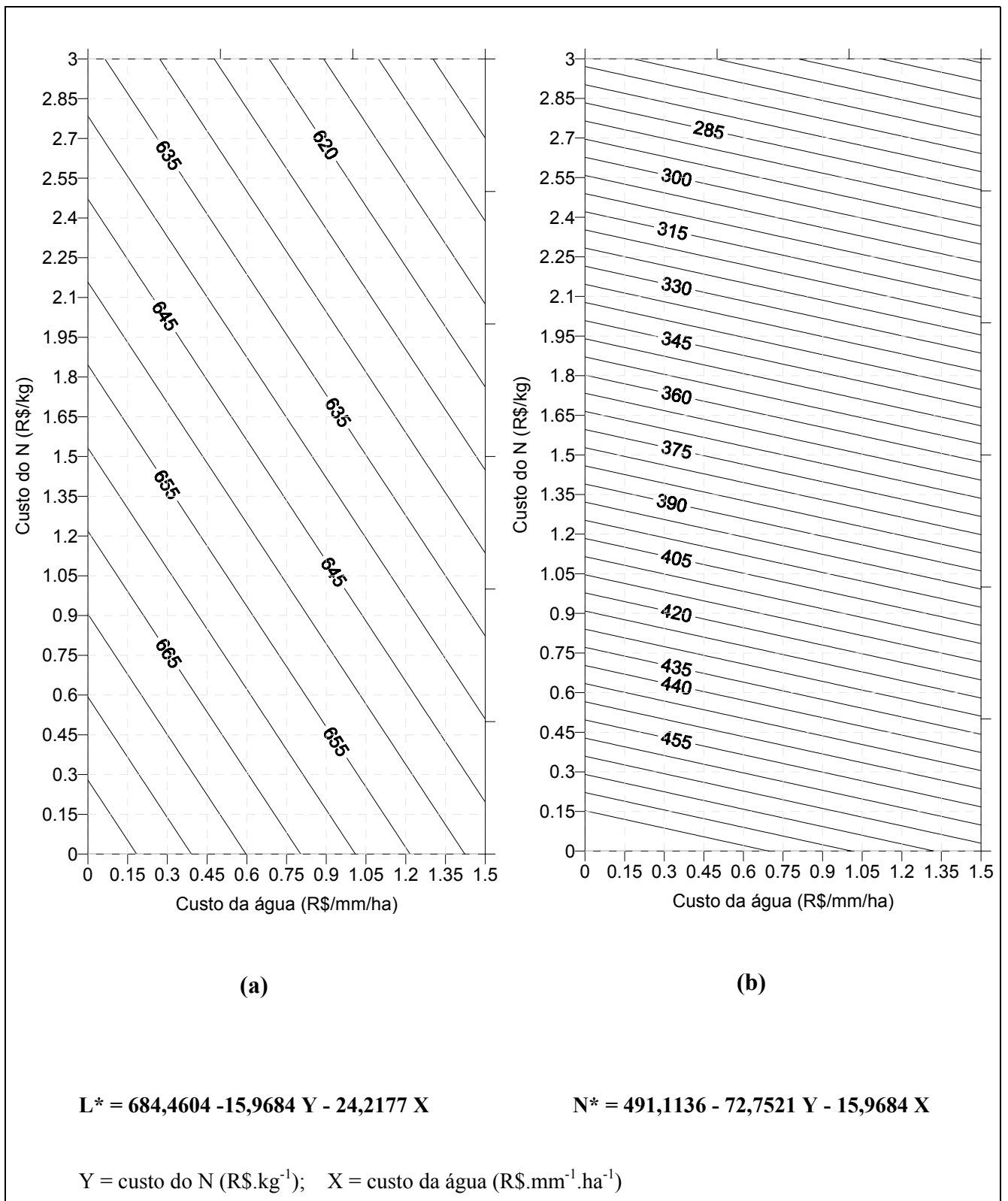


Figura 26. Superfície de resposta para determinação da lâmina ótima econômica (L^*) (a) e da dose de nitrogênio ótima econômica (N^*) (b) em função do custo da água e do nitrogênio para preço do algodão em caroço (P_z) de R\$ 1,4.kg⁻¹. Barreiras, BA, 2004.

As lâminas de água que proporcionaram o máximo rendimento físico de algodão em caroço (L_m) e receita líquida máxima (L^*) para cada nível do fator nitrogênio estudado (N_1 a N_4) são apresentadas na Tabela 29. Verifica-se que as lâminas de 600,37, 613,54, 628,9 e 644,27 mm proporcionam os rendimentos máximos de algodão em caroço (5.037,09, 5.257,05, 5.466,42 e 5.624,93 kg.ha⁻¹) nos níveis N_1 a N_4 , respectivamente.

As receitas líquidas máximas (L^*) nos níveis de nitrogênio N_1 a N_4 foram registradas, respectivamente, nas lâminas de 591,59, 604,76, 620,12 e 635,49 mm, com lucro de R\$ 1.351,63, 1.456,12, 1.524,93 e 1.536,56.ha⁻¹ (Tabela 29). Apesar do reduzido incremento de receita líquida proporcionado pelas lâminas L^* , comparadas às L_m , nos níveis N_1 a N_4 , em média 0,11%, utilizando-se as lâminas que maximizam o lucro, deixar-se-iam de derivar do manancial hídrico, por ciclo do algodoeiro, um volume de água de 10.539,6 m³ para cada pivô de 120 ha (87,83 m³.ha⁻¹); otimizando o uso dos recursos hídricos na região, ao mesmo tempo em que se incrementaria, embora discretamente, a rentabilidade da atividade. Ressalta-se que foram cultivados na Região Oeste da Bahia, cerca de 16.537 ha de algodão irrigado na safra 2003/04 (AIBA, 2004).

Na Tabela 29, são apresentadas as doses de N que proporcionam o máximo rendimento físico de algodão em caroço (N_m) e a receita líquida máxima (N^*), em cada nível do fator “lâmina de água” estudado (L_1 a L_4). As doses N_m são respectivamente de 306, 369, 436 e 487 kg.ha⁻¹ (em L_1 a L_4) e as N^* de 137,21, 200,59, 267,35 e 318,23 kg.ha⁻¹ (em L_1 a L_4). Em virtude do custo do nitrogênio (C_N) ser mais elevado que o da água (C_L) no caso em estudo ($C_L/C_N=0,16$), a adoção das doses que maximizam o lucro (N^*) resultam em aumentos expressivos de receita líquida, 44, 19, 15 e 15%, respectivamente para L_1 a L_4 , em relação às receitas obtidas para as doses que maximizam a produção (N_m). Os respectivos valores de receitas constam na Tabela 29.

Tabela 29. Rendimentos de algodão em caroço (Z), custos^a e receitas para as lâminas de água que maximizam a receita bruta (L_m) e a líquida (L* - para C_L/P_Z=0,3) para cada nível do fator nitrogênio (N₁ a N₄) e, para as doses de nitrogênio que maximizam a receita bruta (N_m) e a líquida (N* - para C_N/P_Z=1,92) em cada nível do fator lâmina (L₁ a L₄). Barreiras, BA, 2004.

	Unidade	N₁	N₂	N₃	N₄
Nitrogênio (N)	kg.ha ⁻¹	108,00	168,00	238,00	308,00
Lâmina L_m	mm	600,37	613,54	628,90	644,27
Rendimento	kg.ha ⁻¹	5037,09	5257,05	5466,42	5624,93
Custo total	R\$.ha ⁻¹	4694,46	4853,92	5036,36	5214,94
Receita Bruta	R\$.ha ⁻¹	6044,51	6308,46	6559,71	6749,92
Receita Líquida	R\$.ha ⁻¹	1350,05	1454,54	1523,35	1534,98
Índice de lucratividade	%	22,34	23,06	23,22	22,74
Lâmina L*	mm	591,59	604,76	620,12	635,49
Rendimento	R\$.ha ⁻¹	5035,69	5255,64	5465,02	5623,52
Custo total	kg.ha ⁻¹	4691,19	4850,65	5033,09	5211,67
Receita Bruta	R\$.ha ⁻¹	6042,82	6306,77	6558,02	6748,23
Receita Líquida	R\$.ha ⁻¹	1351,63	1456,12	1524,93	1536,56
Índice de lucratividade	%	22,37	23,09	23,25	22,77
	Unidade	L₁	L₂	L₃	L₄
Lâmina (L)	mm	403,40	499,51	600,77	677,93
Dose N_m	kg.ha ⁻¹	306	369	436	487
Rendimento	R\$.ha ⁻¹	4567,16	5265,57	5689,76	5798,32
Custo total	kg.ha ⁻¹	5042,76	5276,19	5498,45	5651,49
Receita Bruta	R\$.ha ⁻¹	5480,59	6318,69	6827,72	6957,98
Receita Líquida	R\$.ha ⁻¹	437,83	1042,50	1329,27	1306,49
Índice de lucratividade	%	7,99	16,50	19,47	18,78
Dose N*	kg.ha ⁻¹	137,21	200,59	267,35	318,23
Rendimento	R\$.ha ⁻¹	4394,68	5093,10	5517,29	5625,84
Custo total	kg.ha ⁻¹	4641,92	4875,35	5097,61	5250,66
Receita Bruta	R\$.ha ⁻¹	5273,62	6111,72	6620,74	6751,01
Receita Líquida	R\$.ha ⁻¹	631,70	1236,36	1523,13	1500,35
Índice de lucratividade	%	11,98	20,23	23,01	22,22

^a=(custo com N=R\$2,30.kg⁻¹ x N) + (custo com água=R\$ 0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ x (L - Pe^b)) + (custo de produção sem os custos com água e nitrogênio = R\$ 3.865,0.ha⁻¹ + C_{colheita}^c); ^b precipitação efetiva=49,7mm; ^ccusto de colheita = R\$ 0,076.kg⁻¹ x Z; C_L = R\$.mm⁻¹.ha⁻¹; C_N = R\$.kg⁻¹.ha⁻¹ de N; P_Z = R\$.kg⁻¹ de algodão em caroço.

4.2.4. Características tecnológicas de fibra do algodão

De forma geral, os tratamentos não resultaram em grandes variações nas características intrínsecas da fibra do algodão. Verifica-se, pela análise de variância (Tabela 30), a inexistência de efeito interativo dos fatores; houve efeito isolado de lâminas apenas sobre o comprimento (Len), resistência (Str) e grau de amarelo (+b), enquanto o nitrogênio só afetou significativamente o índice de micronaire (Mic). Todavia, como será discutido posteriormente, as variações foram mínimas, com as médias de cada tratamento, na maioria dos parâmetros, recebendo mesma classificação. Segundo Doorenbos e Kassam (2000), as propriedades da fibra do algodão são determinadas, principalmente, pela variedade e, em menor grau, pelas práticas de irrigação e fertilização.

Nota-se na Tabela 30, que houve efeito linear para Len ($y = -0,0029^*x + 31,454^{**}$; $R^2 = 0,28$) e Str ($y = -0,007371^{**}x + 33,389^{**}$; $R^2 = 0,28$), todavia os coeficientes de determinação das equações são muito baixos, de modo que estes modelos foram desprezados. De forma geral, segundo as médias (Tabela 30) houve um leve favorecimento do Len, Str e Elg, nas menores e maiores lâminas, fato evidenciado também no Experimento I; todavia, as diferenças entre os tratamentos de menor e maior lâmina foram muito pequenas (1,1 e 3,3% para “Len e Str”) ou não existiram (para “Elg” e “+b”); uma evidência de que estas propriedades da fibra também tiveram reduzida sensibilidade à variação da lâmina de água dentro do intervalo estudado. Nota-se na Tabela 30, que o desvio de regressão foi significativo para comprimento (Len), resistência (Str), alongamento (Elg) e grau de amarelo (+b); isto denota efeito cúbico de lâminas sobre estas variáveis, fato confirmado posteriormente pelo Teste T para “Beta 3” ($p < 0,01$). Todavia os modelos cúbicos foram desprezados porque, segundo suas predições, os valores destas variáveis tinham ponto de máxima e mínima dentro do intervalo de lâminas estudado, não sendo, este fenômeno, biologicamente justificados; ademais, os parâmetros variaram muito pouco com os tratamentos.

Muitos autores têm relatado pouco ou nenhum efeito de lâminas de irrigação sobre a qualidade da fibra do algodão. Luz et al. (1997 e 1998) reportam que o estresse hídrico aplicado nas diferentes fases do desenvolvimento da cultura não resultou em variações significativas na qualidade da fibra. Nunes Filho et al. (1998) não evidenciaram efeito das lâminas e intensidade de irrigação sobre as características da

fibra das três cultivares estudadas (CNPA-7H, CNPA Precoce-1 e CNPA-6H), apenas a uniformidade (Unf) da fibra variou significativamente com os tratamentos, ainda assim, a diferença entre o maior e o menor valor de Unf foi de apenas 2,7%. Nápoles et al. (1999b) estudando épocas de supressão da irrigação variando entre 20 a 60 dias após o surgimento da primeira flor da cv CNPA-7H, concluíram que os tratamentos não afetaram a qualidade da fibra, embora a produtividade tenha sido afetada.

De acordo com os estudos de regressão (Tabela 30), o nitrogênio afetou linearmente o índice de micronaire (Mic). Segundo a equação obtida, significativa em nível de 1% de probabilidade (Figura 27), houve decréscimo de $0,0013 \mu\text{g.in}^{-1}$ na “finura” da fibra para cada incremento unitário na dose de N.ha^{-1} , resultando numa fibra 6,28% mais fina no tratamento de maior dose de N (308 kg.ha^{-1} de N) e, sem prejuízos à resistência (ver médias de Str na Tabela 30), de modo que o incremento da dose de N favoreceu a qualidade da fibra. Nota-se na Tabela 30, que o desvio de regressão foi significativo para o alongamento (Elg) e o grau de amarelo (+b), denotando ter havido efeito cúbico de nitrogênio sobre estas características da fibra do algodão, fato confirmado posteriormente pelo Teste T significativo para Beta 3 ($p < 0,01$), porém, em função das mesmas razões descritas anteriormente para efeito de lâminas, os modelos foram desprezados.

Muitos resultados de pesquisa têm evidenciado que apesar do rendimento do algodoeiro ser muito sensível ao nitrogênio, as características tecnológicas da fibra são pouco influenciadas por este fator. Lamas e Staut (2001) estudando doses de N variando entre 0 e 225 kg.ha^{-1} de N, em chapadão do Sul, e Primavera do Leste, MT, repartam que apesar de ter havido efeito sobre a produção, as características tecnológicas da fibra da cv. Delta Opal foram pouco influenciadas pelos tratamentos. Alcântara (2003) estudando doses de lodo seco correspondentes a 70, 140, 210, 280 e 350 kg.ha^{-1} de N, sobre as características da fibra do algodoeiro herbáceo, BRS verde, também não constataram efeito significativo dos tratamentos. Pereira et al. (2003) avaliando os efeitos de doses crescentes de N variando 0 a 400 kg.ha^{-1} , concluíram que, de forma geral, a percentagem e as características tecnológicas da fibra não foram afetadas pelos níveis de N estudados.

De acordo com o sistema de classificação contido em Fonseca e Santana (2002), verifica-se que as médias obtidas (Tabela 30) para índice de micronaire nos tratamentos de lâminas se enquadram na classificação “regular” ($4-4,9 \mu\text{g.in}^{-1}$), bem como as médias dos níveis N_1 e N_2 do fator nitrogênio; os tratamentos N_3 e N_4 , tiveram qualidade ainda

maior, fazendo parte da categoria “fina” (3 a 3,9 $\mu\text{g.in}^{-1}$). Quanto ao grau de maturidade, as fibras obtidas em todos os tratamentos recebem a classificação “maduro” (0,85-0,95). O comprimento de fibra (Len) é tido como “longo” (27,94-32,0 mm) em todos os níveis dos fatores L e N. A uniformidade de comprimento das fibras, em todos os tratamentos, recebe a classificação “elevada” (83-85%). O índice de fibras curtas (SFI) se enquadra na classe “muito baixo” (<6%). A resistência das fibras se enquadra na categoria de “resistência elevada” (27-29 gf.tex^{-1}), a exceção do tratamento L₂, cujas fibras recebem a denominação “resistência muito elevada” (>30 gf.tex^{-1}). As fibras também tiveram alongamento muito bom, com os tratamentos enquadrados na classe “muito elevada” (>7,6%).

De acordo com as médias de reflectância (Rd) e grau de amarelo (+b) obtidas (Tabela 30), os tratamentos recebem a classificação, quanto ao grau de cor, de 11-1 (L₂, N₁, N₂ e N₄) e 11-3 (L₁, L₃, L₄ e N₃), conforme o diagrama de cor da USDA (Fonseca & Santana, 2002), as quais representam algodão “branco”, cor boa média (GM).

Guerra e Iora (1999) pesquisando em Planaltina, DF, níveis de tensão de água no solo (33, 60, 100 e 500 kPa) e doses de nitrogênio (0 a 240 kg.ha^{-1} de N) sobre a mesma cultivar de algodão estudada na presente pesquisa, cv. Deltapine Acala 90, também não obtiveram efeito dos tratamentos sobre as características tecnológicas da fibra, sendo obtidos os seguintes valores médios: micronaire 4,2 $\mu\text{g.in}^{-1}$, resistência 25 gf.tex^{-1} , comprimento 2,5% SL 30,7mm, uniformidade de comprimento 50,1%, índice de fibras curtas 3,6%, alongamento 5,7%, reflectância 72,7% e amarelecimento 7,8. Na Tabela 30 são apresentadas as médias gerais obtidos na presente pesquisa para as propriedades da fibra do algodão. Nota-se que os valores de micronaire e comprimento obtidos por Guerra e Iora (1999) são semelhantes aos obtidos na presente pesquisa (4,0 $\mu\text{g.in}^{-1}$ e 29,8 mm), porém os valores de Str, Unf e Elg são inferiores (29,4 gf.tex^{-1} , 84,5% e 8,1%); em relação à cor, as fibras da presente pesquisa tiveram uma maior reflectância (84,5%), muito embora tenham apresentado maior grau de amarelo (10,5).

Verifica-se, na Tabela 30, que as médias de todas as características tecnológicas obtidas para os fatores “lâmina e nitrogênio” são muito semelhantes, bem como seus valores de erro padrão. Constata-se, pelos erros padrão das médias, que as características tecnológicas variaram muito pouco com os tratamentos. Proporcionalmente, o maior erro padrão foi observado para a média do fator lâmina para SFI, ainda assim, representando apenas 3,27% de sua média; ressalta-se que para 56%

das características tecnológicas o erro padrão foi inferior a 1% da média; essas evidências denotam reduzida sensibilidade das características da fibra do algodão aos níveis dos fatores estudados.

Ressalta-se, a exemplo do registrado para o Experimento I, que as características tecnológicas médias do algodão produzido no Experimento II - Mic 4,01 $\mu\text{g}\cdot\text{in}^{-1}$ ($\pm 0,04$), Mat 0,87 ($\pm 0,003$), Len 29,84 mm ($\pm 0,14$), Unf 84,54 % ($\pm 0,15$), SFI 5,20 % ($\pm 0,17$), Str 29,37 $\text{gf}\cdot\text{tex}^{-1}$ ($\pm 0,35$), Elg 8,05 % ($\pm 0,16$), Rd 78,25 % ($\pm 0,73$), +b 10,48 ($\pm 0,22$) - atendem as exigências da indústria têxtil nacional, quais sejam: resistência $>28 \text{ gf}\cdot\text{tex}^{-1}$, finura em micronaire entre 3,4 e 4,2 $\mu\text{g}\cdot\text{in}^{-1}$, comprimento de fibra $>28 \text{ mm}$, uniformidade $> 45\%$, índice de fibras curtas $<12\%$, grau de maturidade 0,9 e alongamento de 7, para características determinadas em HVI (Ferreira e Freire, 1999) e, estão de acordo com as características da cultivar (Mic 3,8-4,5; Len 30-33mm; Unf 84,4%, Elg 7,3; Rd $>74,1\%$ e Str 28,7 $\text{gf}\cdot\text{tex}^{-1}$, MDM, s.d.).

Tabela 30. Resumo de ANOVA e médias para índice de micronaire (Mic), maturidade (Mat), comprimento de fibra (Len), uniformidade (Unf), índice de fibras curtas (SFI), resistência (Str), alongação (Elg), grau de reflexão (Rd) e grau de amarelo (+b). Barreiras, BA, 2004.

Fonte de Variação	Mic	Mat	Len	Unf	SFI	Str	Elg	Rd	+b
	Quadrado médio								
Lâmina (L)	0,0198ns	0,000306ns	5,4053**	2,437ns	2,016ns	33,83**	2,290ns	10,09ns	9,80**
Beta 1 (Reg. Pol.)	0,0000ns	0,000427ns	3,9990*	1,247ns	2,166ns	27,00**	0,630ns	0,060ns	2,77ns
Beta 2 (Reg. Pol.)	0,0305ns	0,000208ns	0,1387ns	3,050ns	1,401ns	10,92ns	0,255ns	29,45ns	1,02ns
Desv. Reg.	0,0288ns	0,000282ns	12,0781**	3,015ns	2,481ns	63,55**	5,985*	0,771ns	25,61**
Bloco[Lâmina] ^a	0,0430ns	0,000244ns	0,5236ns	1,399ns	1,240ns	6,77ns	1,363ns	35,36ns	2,83ns
Nitrogênio (N)	0,2134*	0,001206ns	1,0600ns	0,835ns	1,562ns	6,62ns	2,677ns	33,51ns	2,82ns
Beta 1 (Reg. Pol.)	0,4702**	0,001339ns	0,6754ns	1,112ns	3,876ns	1,03ns	0,056ns	10,14ns	0,679ns
Beta 2 (Reg. Pol.)	0,0866ns	0,001616ns	0,0955ns	0,340ns	0,388ns	13,52ns	0,873ns	10,34ns	1,36ns
Desv. Reg.	0,0834ns	0,000662ns	2,4090ns	1,051ns	0,423ns	5,34ns	7,103*	80,04ns	6,41*
L x N	0,0575ns	0,000419ns	0,3274ns	0,525ns	1,281ns	2,44ns	1,219ns	22,93ns	2,29ns
QMResíduo	0,0533	0,000572	0,6960	1,023	1,342	3,73	1,078	24,95	1,46
CV (%)	5,76	2,73	2,80	1,20	22,29	6,57	12,89	6,38	11,51
	Médias observadas								
Lâmina	$\mu\text{g.in}^{-1}$	grau	mm	%	%	gf.tex^{-1}	%	%	grau
L ₁	4,02	0,8792	30,06	84,90	4,84	29,38	7,98	77,37	10,63
L ₂	4,02	0,8767	30,59	84,70	4,97	31,73	8,65	79,19	9,25
L ₃	3,95	0,8675	28,98	83,88	5,77	27,97	7,60	78,88	11,43
L ₄	4,04	0,8733	29,73	84,69	5,21	28,40	7,98	77,58	10,63
Média ^b	4,01	0,87	29,84	84,54	5,20	29,37	8,05	78,26	10,49
Erro padrão ^b	0,03	0,002	0,19	0,18	0,17	0,52	0,18	0,74	0,30
Nitrogênio									
N ₁	4,16	0,8850	30,16	84,73	4,97	29,89	7,76	78,65	9,97
N ₂	4,08	0,8767	29,55	84,49	4,84	28,35	8,73	79,85	11,08
N ₃	3,87	0,8608	30,02	84,76	5,34	29,28	7,69	75,90	10,25
N ₄	3,93	0,8742	29,63	84,19	5,63	29,95	8,03	78,62	10,63
Média ^b	4,01	0,87	29,84	84,54	5,20	29,37	8,05	78,26	10,48
Erro padrão ^b	0,04	0,003	0,11	0,11	0,15	0,38	0,20	0,73	0,22
Média geral ^c	4,01	0,87	29,84	84,54	5,20	29,37	8,05	78,25	10,48
Erro padrão ^c	0,04	0,003	0,14	0,15	0,17	0,35	0,16	0,73	0,22

**significativo a 1%; *significativo a 5%; ^{ns} não significativo pelo Teste F; ^a bloco hierarquizado dentro de lâmina ($GL_{\text{bloco}} = r-1 + (r-1 \times L - 1) = 8$); ^b 12 observações; ^c 48 observações.

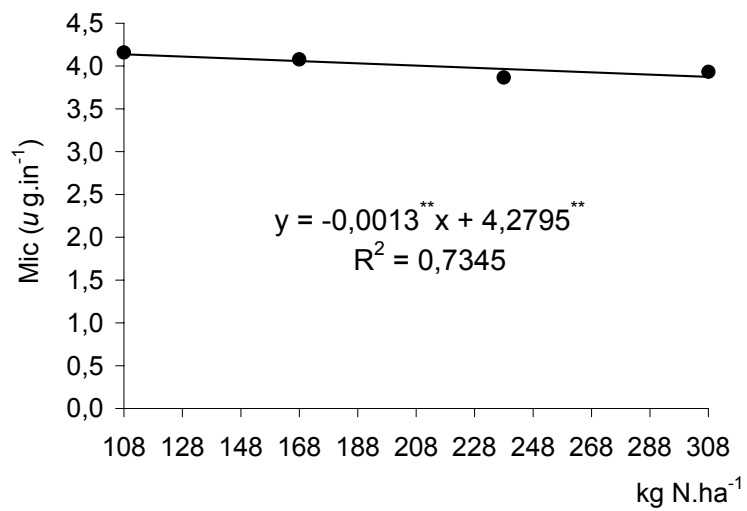


Figura 27. Índice de micronaire (Mic) em função da dose de nitrogênio (N). Barreiras, BA, 2004.

5. CONCLUSÕES

- I. O crescimento do algodoeiro herbáceo, cv. Deltapine Acala 90, aos 120 dias após a emergência, é afetado de forma quadrática pela lâmina de água e quantidade de nitrogênio, sendo otimizado na faixa de 441 a 477 mm de água (no período), e com níveis de N superiores a 270 kg.ha^{-1} ;
- II. O incremento da lâmina de água e nível de N ocasionam a expansão do limbo foliar, com folhas maiores e menos espessas, resultado de maiores incrementos de área que de fitomassa foliar: o comprimento médio de folhas e a razão de área/fitomassa foliar (RAFF) têm relação direta com os níveis de lâminas e nitrogênio estudados;
- III. O crescimento em altura do algodoeiro aos 160 dias, cv. Deltapine Acala 90, nas condições edafoclimáticas da área experimental, é otimizado na faixa de lâmina de água entre 622 e 655 mm e com 298 kg.ha^{-1} de N;
- IV. A função de produção obtida para o algodoeiro herbáceo, sob o manejo cultural da fazenda ($212, 117$ e 236 kg.ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O), é de ordem quadrática, com ponto de máxima em 671 mm de água e rendimento de $5.522,8 \text{ kg.ha}^{-1}$ de algodão em caroço; a lâmina que otimiza a receita líquida (RL) é de 656,5 mm para a relação de 0,3 entre o custo da água ($\text{R}\$. \text{mm}^{-1} . \text{ha}^{-1}$) e o preço de venda do produto ($\text{R}\$. \text{kg}^{-1}$), com rendimento de $5.520,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ e RL de $\text{R}\$1.701,96 . \text{ha}^{-1}$;
- V. Para a lâmina (526,77 mm) e manejo cultural da fazenda, a simples adoção do manejo de água praticado na pesquisa, resulta em aumento de rendimento de $124,87 \text{ kg.ha}^{-1}$ de algodão em caroço e incremento de receita líquida de 10,38%; adotando-se o manejo com a lâmina ótima econômica (656,5 mm), o incremento de produtividade seria de $352,34 \text{ kg.ha}^{-1}$ e um adicional de RL de 25,82%;

- VI. A combinação ótima econômica de água e nitrogênio, sob o manejo cultural do Experimento II (177 e 209 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O) e relações de custo do insumo/preço do produto (R\$.kg⁻¹) de 0,3 e 1,92, respectivamente para água (R\$.mm⁻¹.ha⁻¹) e nitrogênio (R\$.kg⁻¹), é de 631 mm e 287 kg.ha⁻¹ de N, com rendimento de 5.581,82 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, e RL de R\$1.539,10.ha⁻¹;
- VII. As combinações econômicas de água e nitrogênio para produções de 5000, 5200, 5400 e 5600 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, sob relação de custo de 0,16 entre água (R\$.mm⁻¹.ha⁻¹) e nitrogênio (R\$.kg⁻¹), são respectivamente 582, 596, 612 e 633 mm com 100, 153, 215 e 296 kg.ha⁻¹ de N.
- VIII. Adotando-se as lâminas de água que maximizam a receita líquida sob o manejo cultural da fazenda ou do Experimento II (656 e 631 mm, respectivamente), em substituição às quantidades que maximizam a produção (671 e 684 mm, respectivamente), além do benefício econômico, deixar-se-iam de derivar do manancial hídrico, por ciclo do algodoeiro, cerca de 145 ou 535 m³.ha⁻¹, respectivamente, contribuindo-se com o uso racional dos recursos hídricos na região, com mais de 16.000 ha de algodão irrigado;
- IX. A finura em micronaire tem relação linear negativa com a quantidade de N, mas, de forma geral, as características tecnológicas de fibra são pouco influenciadas pela variação das lâminas de água entre 404 e 678 mm e níveis de N variando entre 108 e 308 kg.ha⁻¹ e, independente da lâmina ou quantidade de N estudada, atendem as exigências da indústria têxtil nacional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIBA - Associação dos Agricultores e Irrigantes da Bahia. **Algodão safra 2003/04: Região Oeste da Bahia**, 2004. Disponível em: <<http://www.aiba.com.br/safras>>. Acessado em: 10 de julho de 2005.

ALBERT, W.B.; ARMSTRONG, G.M. Effects of high soil and lack of soil aeration upon fruiting behaviour of young cotton plants. **Plant Physiology**, Bethesda, v.65, p.585-591, 1931.

ALCÂNTARA, R. de L. **Biossólido como fonte de nutrientes para o algodão herbáceo e o seu efeito residual no milho**. Campina Grande: UFCG/CCT, 2003. 177p. (Tese Doutorado).

ALI, A.M.; MOHAN, J.C.; SHANTHA, R. Water requirement and yield response of irrigated cotton. **Madras Agriculture Journal**, Coimbatore, v.61, n.8, p.541-545, 1974.

ALMEIDA, O.A. de; BELTRÃO, N.E. de M.; GUERRA, H.O.C. Crescimento, desenvolvimento e produção do algodoeiro herbáceo em condições de anoxia no meio edáfico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.27, n.9, p. 1259-1272, 1992.

ALVES, W.W. de A.; LACERDA, M.D. de; SOUZA, R.M. de; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C.A.V. Algodão colorido irrigado com água residuária: efeito na produção de biomassa da parte aérea. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., Porto Alegre, RS, 2004. **Anais...** Porto Alegre: ABID, 2004a. CD-ROM.

ALVES, W.W. de A.; SOUZA, R.M. de; LACERDA, M.D. de; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C.A.V. Água disponível no solo e doses crescentes de nitrogênio no algodão colorido irrigado com água residuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14, Porto Alegre, RS, 2004. **Anais...** Porto Alegre: ABID, 2004b. CD-ROM.

ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2001. 143p.

ARANTES, E.M. Doses e parcelamento de nitrogênio no algodoeiro herbáceo. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO. 7, 1993. Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: EMPAER-MT/ EMBRAPA - CNPA/SAAF- MT. 1993. p.213.

ARRUDA, F.P. de; ANDRADE, A.P. de; SILVA, I. de F. da.; PEREIRA, I.L.; GUIMARÃES, M.A.M. Emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA 7H: efeito do estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.21-27, 2002.

AUJLA, M.S.; THIND, H.S.; BUTTAR, G.S. Cotton yield and water use efficiency at various levels of water and N through drip irrigation under two methods of planting. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.71, p.167-179, 2005.

AZEVEDO, P.V. de; RAO, T.V.R; AMORIM NETO, M. da S.; PEREIRA, J.R.C.; ESPÍNILO SOBRINHO, J.; MACIEL, G.F. Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.28, n.7, p. 863-870, 1993.

BARBOSA, K. de A.; CARVALHO, M. da C.S.; LEANDRO, W.M; MESQUITA, T.G. da S.; SANTOS, L.F. dos. Adubação do algodoeiro com nitrogênio e potássio em solo de baixa fertilidade no cerrado de Goiás. In: XXVI REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Lages, SC, 2004. **Anais...** Lages: SBCS/UEDESC, 2004. CD-ROM.

BARRETO, A.N.; AMARAL, J.A.B. Avaliação da demanda hídrica do algodoeiro com base na evapotranspiração de referência (ET_o) e no coeficiente de cultura (kc) para Catalão-GO. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., Porto Alegre, RS, 2004. **Anais...** Porto Alegre: ABID, 2004. CD-ROM.

BARRETO, A.N.; BEZERRA, J.R.C.; SILVA, A.A.G. Cálculo da necessidade hídrica do algodoeiro com base na evapotranspiração de referência, E_{to}, e no coeficiente de cultura, K_c, para Barreiras, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD- ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

BARROS, M.A.L.; SANTOS, R.F. dos. Aspectos econômicos e sociais da produção de algodão arbóreo no Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 1, 1997. Fortaleza. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 1997. p. 82-84.

BELTRÃO, N. E. de M. **Importância do algodão para Campina Grande, Paraíba e o Nordeste**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA. 1996.

BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. **Defasagem entre produtividade real e potencial do algodoeiro herbáceo: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1993. 108p. (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico, 39).

BELTRÃO, N.E. de M.; SOUZA, J.G. Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro. In: **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p.54-75.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. cap.2. 2ª .ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p.25-32.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1995. 656p. il.

BERNARDO, S. Irrigação e produtividade. In: FARIAS, M.A.; SILVA, E.L.; VILELA, L. A.A.; SILVA, A.M. (eds). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. cap.1, p.117-132.

BEZERRA, J.R.C.; AMORIM NETO, M.S.; LUZ, M.J.S.; BARRETO, A.N.; SILVA, L.C. Irrigação do algodoeiro herbáceo. In: BELTRÃO, N.E. de M. (org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. v.2. Brasília, DF: EMBRAPA, Comunicado para Transferência de Tecnologia, 1999. p.617-682.

BEZERRA, J.R.C.; CORDÃO SOBRINHO, F.P.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E. de M.; PEREIRA, J.R.; DIAS, J.M. Lâminas de irrigação x reguladores de crescimento no algodoeiro BRS 200 – Marrom. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., Porto Alegre, RS, 2004. **Anais...** Porto Alegre: ABID, 2004. CD-ROM.

BEZERRA, J.R.C.; LUZ, M.J. da S.; CARVALHO, O.S.; GUERRA, A.G. Efeito da adubação nitrogenada e do manejo da água sobre o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1991, Natal, RN. **Anais...** Fortaleza: ABID, 1992. v.2, p.1303-1318.

BEZERRA, J.R.C.; LUZ, M.J. da S. e; DIAS, J.M. Rendimento do algodoeiro herbáceo sob condições de déficit hídrico. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12. 2002. Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002a. CD-ROM.

BEZERRA, J.R.C.; LUZ, M.J. da S. e; DIAS, J.M. Efeito da época de supressão da água de irrigação no rendimento do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD- ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

BEZERRA, J.R.C; LUZ, M.J. da S.; SANTANA, J.C.F. de. Efeito do déficit hídrico no solo, na fibra do algodoeiro herbáceo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001. Campo Grande, MS. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. CD-ROM.

BEZERRA, J.R.C.; LUZ, M.J. da S. e; SANTANA, J.C.F. de; SILVA, L.C.; DIAS, J.M. Qualidade da fibra do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes épocas de supressão da irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12. 2002. Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002b. CD-ROM.

BHARAMBE, P.R.; VARADE, S.B. Effect of water submergence periods on yield and biochemical change of cotton plant. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v.33, n.3, p.179-181, 1983.

BIELORAI, H.; VAISMAN, I.; FEIGIN, A. Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: I. Yield response. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.13, p.231-234, 1984.

BNDES/EMBRAPA. **Monitoramento da extensão das áreas irrigadas na Região Oeste da Bahia**, 2005. Disponível em: <<http://www.bndes.cnpm.embrapa.br>>. Acessado em: 10 de julho de 2005.

BRITO, D.R.; BELTRÃO, N.E. de M.; OLIVEIRA, J. de L. Qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro herbáceo em diferentes níveis de adubação nitrogenada no agreste do estado de Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD-ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

CAMPOS, T.G. da S.; OLIVEIRA, F. de A. Efeito de níveis de N-uréia sobre o rendimento do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA Precoce 1, irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.26, n.9, p. 1381-1385, 1991.

CAMPOS, T.G. da S.; OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, O.R.R.F. da; SANTOS, J.W. dos. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio sulfato de amônio sobre o algodoeiro irrigado. In: VIII REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, LONDRINA, p.118, 1995.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SANTANA, M.B.M. (eds). **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 1985, p.47-79.

CARVALHO, L.P.; COSTA, J.N.; FREIRE, E.C.; FARIAS, F.J.C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originários de materiais silvestres. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n.271, p.303-310, 2000.

CARVALHO, M.A.C. de; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S.; FURLANI JÚNIOR, E.; SÁ, M.E. de; ATHAYDE, M.L.F. de. Adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999b. p. 397-398.

CARVALHO, M. da C.S.; BARBOSA, K. de A.; MEDEIROS, J. da C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P. de; LEANDRO, W.M. Resposta do algodoeiro ao manejo da adubação nitrogenada no sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD- ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

CARVALHO, O.S.; BEZERRA, J.E.S.; CAMPOS, T.G. da S. **Adubação do algodoeiro herbáceo**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1984. 21p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 30).

CARVALHO, O.S.; SILVA, O.R.R.F.; MEDEIROS, J.C. Adubação e Calagem. In: BELTRÃO, N.E. de M. (org). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA, Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999a, v.1, cap. VI, p.173-210.

CETIN, O.; BILGEL, L. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.54, p.1-15, 2002.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil**. Brasília, DF: Centro de Desenvolvimento Sustentável, 1999. 34p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005. Disponível em: <<http://www.conab.gov>>. Acessado em 10 de Julho de 2005.

CORSI, M. Adubação nitrogenada de pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, p.121-153, 1994.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 2000. 306p. il. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Rev.atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documento, 1)

ENGLISH, M.J. Deficit irrigation I: Analytical framework. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.116, n.13, p.399-412, 1990.

ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J.M. Necessidades hídricas para o algodoeiro na região Oeste do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9. 1991. Natal, RN. **Anais...** Fortaleza: ABID, 1992. v.2, p.923-945.

FACUAL - Fundo de Apoio à Cultura do Algodão no Estado do Mato Grosso. **Notícias: Bahia implanta programa de combate ao bicudo**, 2005. Disponível em: <<http://www.facual.org.br/modules/news/article.php?storyid=70>>. Acessado em: 10 de julho de 2005.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227p.

FERNÁNDEZ, S.; VIDAL, D.; SIMÓN, E.; SUGRAÑES, L. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.15, n.9, p.1867-1884, 1994.

FERREIRA, I.L.; FREIRE, E.C. Industrialização. In: BELTRÃO, N. E. de M. (org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. v.2. Brasília, DF: EMBRAPA, Comunicado para Transferência de Tecnologia, 1999. p.897-931.

FERREIRA, O.D. **Efeitos da aplicação de água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada na cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.) e no meio edáfico**. Campina Grande: UFCG/CCT, 2003. 78p. (Dissertação Mestrado).

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2ª ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422p.

FONSECA, G.R. da; SANTANA, J.C.F. de. **Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D-4605)**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2002. 13p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 66).

FREIRE, E.C.; SOARES, J.J.; FARIAS, F.J.C.; ARANTES, E.M.; ANDRADE, F.P. de. **Cultura do algodoeiro no estado de Mato Grosso**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. 65p. (EMBRAPA-CNPA, Circular Técnica, 23).

FREIRE, E.C.; SOARES, J.J.; FARIAS, F.J.C.; ARANTES, E.M.; ANDRADE, F.P. de; PARO, H.; LACA-BUENDÍA, J.P. **Cultura do algodoeiro no Estado de Mato Grosso**. MAA/EMBRAPA/EMPAER- MT (Circular técnica, 23), 1996. 58p.

FRIZZONE, J.A. **Função de resposta do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) ao uso de nitrogênio e lâminas de irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986. 133 p. (Tese Doutorado).

FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: ESALQ, 1992. 53p. (Série Didática, 3).

FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta das culturas à irrigação**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1993. 42p. (Série didática, 6).

FRIZZONE, J.A. Funções de produção. In: FARIAS, M.A., SILVA, E.L., VILELA, L.A.A., SILVA, A.M. (eds). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. cap.1, p.86-116.

FRYE, I.A.A.; KAIRUZ, I.A.G. Manejo de suelos y uso de fertilizantes. In: Federación Nacional de Algodoneros: **Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia**. Bogotá: Guadalupe, 1990. p.113-202.

FUNDAÇÃO MT/EMBRAPA. Algodão no caminho do sucesso. 1997, 107p. (Boletim de Pesquisa, 01)

FURLANI JÚNIOR, E.; SILVA, N.M. da; BUZETTI, S.; SÁ, M.E. de; CARVALHO, M.A.C. de. Acúmulo de matéria seca e absorção de nitrogênio, fósforo e potássio pelo cultivar de algodão (*Gossypium hirsutum L.*) IAC 22. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. p. 385-387.

FUZATTO, M.G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p.15-34.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 11^a ed. Piracicaba: Livraria Nobel S.A., 1985. 466p.

GRESPLAN, S.L.; ZANCANARO, L. Nutrição e adubação do algodoeiro no Mato Grosso. In: FUNDAÇÃO-MT. Mato Grosso: Liderança e competitividade. Rondonópolis. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1999. p.87-99.

GRIMES, D.W.; EL-ZIK, K.M. Cotton. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of agricultural crops**. ASA, CSSA, SSSA, Wisconsin: USA, 1990. p.741-773.

GUERRA, A.F.; IORA, C.J. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada em algodão herbáceo no cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. p. 496-499.

GUINN, G.; MAUNEY, J.R. Fruiting in of cotton: I. Effects of moisture status on flowering. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, p.90-94, 1984a.

GUINN, G.; MAUNEY, J.R. Fruiting in of cotton: II. Effects of plant moisture status and active boll load on boll retention. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, p.94-98, 1984b.

HALEVY, J.; KRAMER, O. Nitrogen fertilizer management of cotton grown under drip irrigation in a grumusal. **Irrigation Science**, Heidelberg, v.7, p.62-72, 1986.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Economics considerations of deficit irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.110, n.3, p.343-358, 1984.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. **Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature**. Chicago: Amer. Soc. Agric. Eng. Meeting. (Paper 85-2517), 1985.

HEERMANN, D. F.; HEIN, P. R. Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. **Transaction of the ASEA**. St. Joseph, v.1, n.1, p.11-15, 1968.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Condições registradas: normal climatológica, estação número 83236, Barreiras, BA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acessado em: 15 de julho de 2005.

KITTOCK, D.L. Pima and upland cotton response to irrigation management. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, p.617-619, 1979.

KRANTZ, B.A.; SWANSON, N.P.; STOCRINGER, K.R.; CARRECER, J.R. Irrigation cotton to insure higher yields. In: **Yearbook Agriculture**., p.381-388, 1976.

LACA-BUENDÍA, J.P.; NISRALA, A.M. Efeito de doses e épocas de aplicação de sulfato de amônio em algodoeiro herbáceo (*G. hirsutum* L. var. *latifloium* Hutch.) In: Relatório 1980/92. Belo Horizonte: EPAMIG/Programa Estadual de Pesquisa Algodão, p.570-574, 1997.

LAMAS, M.F.; STAUT, L.A. Doses de nitrogênio e de cloreto de mepiquat no algodoeiro em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. p. 87-92.

LAMAS, F.M.; STAUT, L.A. Adubação nitrogenada e regulador de crescimento no algodoeiro em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001. Campo Grande, MS. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.424-426.

LIMA, J.S. Bioindicação, biomonitoramento: Aspectos bioquímicos e morfológicos. <http://www.ietec.com.br>. 2001.

LIMA, M. de. **Desempenho do algodoeiro de fibra verde em função de adubação nitrogenada e promotor de crescimento**. Campina Grande: UFCG/CCT, 2004. 68p. (Dissertação Mestrado).

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Solos sob Cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. 2.ed. São Paulo: ANDA, 1994. 62p.

LUZ, M.J. da S. e; BEZERRA, J.R.C.; BARRETO, A.N. Efeito do estresse hídrico em diversas fases do ciclo do algodoeiro sobre a fenologia e a eficiência do uso da água da cultivar BR 1, em Condado, PB. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.2, n.3, p.209-214. 1998.

LUZ, M.J. da S. e; BEZERRA, J.R.C.; BARRETO, A.N.; SANTOS, J.W. dos.; AMORIM NETO, M. da S. Efeito da deficiência hídrica sobre o rendimento e a qualidade da fibra do algodoeiro. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.1, n.1, p.125-133. 1997.

LUZ, M.J. da S. e; BEZERRA, J.R.C.; FERREIRA, G.B.; SANTANA, J.C.F. de; DIAS, J.M.; SANTOS, J.W. dos. **Efeito de diferentes épocas de supressão da irrigação no rendimento e qualidade da fibra do algodão**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2002a. 21p. (EMBRAPA-CNPA. Boletim de Pesquisa, 51)

LUZ, M.J. da S. e; BEZERRA, J.R.C.; SANTANA, J.C.F. de; DIAS, J.M. Qualidade da fibra do algodoeiro herbáceo submetido ao déficit hídrico. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12. 2002b. Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002b. CD-ROM.

LUZ, M.J. da S. e; SANTOS, J.W. dos; BEZERRA, J.R.C. Efeito da lâmina d'água e da frequência de irrigação sobre o algodoeiro herbáceo. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.3, n.3, p.181-186. 1999.

MACCONNELL, S.; BAKER, W.H. MILLER, D.M.; FRIZZELL, B.S.; VARVIL, J.J. Nitrogen fertilization of cotton cultivars of differing maturity. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.1151-1156, 1993.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda. 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. Piracicaba: Pioneira, 1974. p.179-201.

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

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. (coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. cap.2. 2ª ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. p.33-47.

MDM – Maeda Deltapine Monsanto sementes de algodão. Qualidade, tecnologia, produtividade: características da cultivares. Folder, Uberlândia, MG, s.d.

MEDEIROS, J. da C.; MENDONÇA, F.A.; ORDOÑEZ, G.A.P.; QUEIROZ, J.C. de; CARVALHO, O.S.; DEL'ACQUA, J.M.; PEREIRA, J.R. Efeito da adubação nitrogenada e de regulador de crescimento em algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001. Campo Grande, MS. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.475-477.

MELO, R.F. de; MIGUEL, A.A.; SILVA, M.R.M.; OLIVEIRA, F.A. de; ALVES, W.W. de A. Efeito da adubação nitrogenada e de níveis de água disponível no solo sobre a produção de matéria seca e demanda do algodoeiro herbáceo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. p. 418-420.

NÁPOLES, F.A. de M.; AMORIM NETO, M. da S.; BEZERRA, J.R.C.; SILVA, L.C.; LUZ, M.J. da S. e; DANTAS NETO, J. Efeito da época da supressão da irrigação sobre parâmetros morfo-fisiológicos do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999a, p.507-509.

NÁPOLES, F.A. de M.; AMORIM NETO, M. da S.; SILVA, L.C.; DANTAS NETO, J. Supressão da irrigação no algodoeiro: impactos sobre o rendimento e tecnologia de fibra. **Revista Brasileira de Oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, PB, v.3, n.1, p. 55-60, 1999b.

NUNES FILHO, J.; SÁ, V.A.L.; OLIVEIRA JÚNIOR, I.S. de; COUTINHO, J.L.B; dos SANTOS, V.F. Efeito de lâminas de irrigação sobre o rendimento e qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.2, n.3, p.295-299, 1998.

OLIVEIRA, F.A. de; BEZERRA J.R.C.; OLIVEIRA, B.C. Efeito do manejo da irrigação e de populações de plantas sobre o rendimento do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.12, p. 2185-2191, 1999.

OLIVEIRA, F.A.; CAMPOS, T.G. da S.; SOUZA, J.G.; CARVALHO, O.S. Efeitos de nitrogênio e fósforo na cultura do algodoeiro herbáceo. In: V REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, Campina Grande, EMBRAPA-CNPA, p.88, 1988.

OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, J.J.S. **Uso consuntivo e desenvolvimento radicular do algodoeiro herbáceo**. Salvador: EPABA, 1987. 22p. (Boletim de Pesquisa, 08).

OLIVEIRA, F.M.N. de; BELTRÃO, N.E. de M.; CARDOSO, G.D.; SANTOS, J.W. dos; SOUZA, J.G. de. Alterações na fisiologia e na bioquímica do algodoeiro herbáceo colorido marrom e de ramos curtos submetidos ao estresse hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD- ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

OOSTERHUIS, D.M. Growth and development of a cotton plant. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. dos. (eds). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba - SP. POTAFOS 1999. p.35-55.

OOSTERHUIS, D.M.; CHIPAMAUNGA, J.A. BATE, G.C. Nitrogen uptake of field grown cotton. I. distribution in plant components in relation to fertilization and yield. **Expl. Agric.** v.19, p.91-102, 1983.

ORDOÑEZ, G.P.; CASTRO, T. de A.P. e; CARVALHO, I.D; SANTOS, J.D. Altura de plantas e produtividade da deltaopal sob aplicação de cloreto de mepiquat e diferentes doses de nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003a. CD-ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

ORDOÑEZ, G.P.; CASTRO, T. de A.P. e; CARVALHO, I.D; SANTOS, J.D. Resposta da deltaopal ao cloreto de mepiquat e diferentes doses de nitrogênio em cobertura – taxa de crescimento e acúmulo de matéria seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003b. CD-ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

ORGAZ, F.; BONACHELA, S.; MATEOS, L.; FERERES. E. Desarrollo fenológico y producción de cultivares de algodón en el valle del Guadalquivir bajo diversos regimenes de riego. *Investigacion Agraria: Produccion y proteccion vegetales*, Madrid, España, v.6, n.1, 1991.

PAZZETTI, G.A.; BARROS, A.L.; MARTELETTO, L.O.; SANTOS, A.L.; MOURA, E. Produtividade e rendimento de fibra de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) cultivado sob cinco níveis de adubação em cobertura e três dosagens de cloreto de mepiquat (PIX). In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 1999. Ribeirão Preto... **Anais.** Ribeirão Preto: EMBRAPA-CNPA, 1999. p.399-402.

PEDROZA, J.P.; HAANDEL, A.C. van; BELTRÃO, N.E. de M.; DIONÍSIO, J.A. Produção e componentes do algodoeiro herbáceo em função da aplicação de biossólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.7, n.3, p.483-488, 2003a.

PEDROZA, J.P.; HAANDEL, A.C. van; BELTRÃO, N.E. de M.; DIONÍSIO, J.A. Altura de plantas e diâmetro caulinar do algodoeiro herbáceo em função da aplicação de biossólidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003b. CD-ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – Fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Ed. Agropecuária, 2001. 480p.

PEREIRA, J.R.; BELTRÃO, N.E. de M.; BEZERRA, J.R.C.; OLIVEIRA, J.N. de; VALE, D.G. Adubação nitrogenada do algodoeiro herbáceo irrigado no cariri cearense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD-ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

PEREIRA, M. do N.B. **Comportamento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L.) em baixos níveis de água disponível do solo.** Campina Grande: UFPB-CCT, 1995. 108p. (Dissertação Mestrado)

PEREIRA, M. do N.B.; AZEVEDO, N.C.; FERNANDES, P.D.; AMORIM NETO,

M.S. Crescimento e desenvolvimento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo em baixos níveis de umidade no solo, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.1, p.1-7, 1997.

PIRES, R.C.M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; FOLEGATTI, M.V. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação**. v.1. Piracicaba: FUNEP, 2001. p.121-194.

RADIN, J.W.; MAUNEY, J.R.; GUINN, G. Effects of N fertility on plant water relations and stomatal responses to water stress in irrigated cotton. **Crop Science**, Madison, v.25, n.1, p.110-115, 1985.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres. POTAFOS, 1991. 343p.

RANGEL, L.E.P.; SUINAGA, F.A; BASTOS, C.S.; MENEZES, V.L.; LIRA, A.J.S. Reguladores de crescimento e adubação nitrogenada em variedades de diferentes portes de algodoeiro herbáceo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD-ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4º ed. rev. e ampliada. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.

RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954, 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

RODRIGUES, M.F.G. **Necessidades hídricas, crescimento e desenvolvimento do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201**. Campina Grande: UFCG/CCT, 2003. 132p. (Tese Doutorado).

ROSOLEM, C.A. Ecofisiologia e manejo cultural do algodoeiro: Ecofisiologia do algodoeiro. In: Mato Grosso, Liderança e competitividade. Rondonópolis: Fundação MT, Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 1999. 182p. cap.4, p.49-69. Boletim, 3.

ROSOLEM, C.A. Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro. **Informações Agronômicas** n.95. Piracicaba, POTAFOS, 2001. p.10-17.

SAINJU, U.M.; SINGH, B.P.; RAHMAN, S.; REDDY, V.R. Soil nitrate-nitrogen under tomato following tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.28, n.6, p.1837-1844, 1999.

SALOMON, K.H. **Typical crop water production functions**. American Society of Agricultural Engineers, Chicago, 1985. p.17-20 (ASAE. Paper, 85-2296).

SANTANA, J.C.F de. **Características tecnológicas da fibra de duas cultivares de algodão armazenada em dois municípios paraibanos**. Campina Grande: UFCG/CCT, 2002. p.48. (Dissertação Mestrado).

SANTANA, J.C.F. de; WANDERLEY, M.J.R. **Interpretação de resultados de análises de fibras, efetuadas pelo instrumento de alto volume (HVI) e pelo**

finurímetro – maturímetro (FMT₂). Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1995. 9p. (EMBRAPA-CNPA. (Comunicado Técnico, 41)

SANTANA, J.C.F. de; WANDERLEY, M.J.R.; BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D.J. Características da fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In: BELTRÃO, N. E. de M. (org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. v.2. Brasília: Embrapa Comunicado para Transferência de Tecnologia, 1999. p.857-880.

SANTANA, M.B.M.; MARINHO, M.L.; GOMES, J. de C.; SOUZA, L.F. da S. MAGALHÃES, A.F.J.; CARVALHO, O.S. Adubação nitrogenada no Nordeste. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BRASIL, 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. 290p.

SANTOS, J. W. dos; MOREIRA, J. de A. N.; BELTRÃO, N.E.M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.33, n.3, p. 225-230, 1998.

SILVA, B.B.; BELTRÃO, N.E. de M.; RODRIGUES, M. F. G.; BEZERRA, J.R.C.; PEREIRA, J.R. Evapotranspiração do algodoeiro herbáceo no Cariri cearense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4., 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD- ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

SILVA, B.B. da; SOUZA, C.B. de; RAO, T.V.R.; AZEVEDO, P.V. de; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Efeitos do déficit hídrico sobre a fenometria e a tecnologia de fibra do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.42-46, 1998.

SILVA, M.A.C. da; RIBEIRO, J.S.F.; NATALE, W. Adubação nitrogenada e potássica no algodoeiro. In: XXVI REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Lages, SC, 2004. **Anais...** Lages: SBCS/UEDESC, 2004. CD-ROM.

SILVA, N.M. **Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1999.

SOUZA, C.C. de; OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, I.F.; AMORIM NETO, M.S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3. p.338-343, 2000.

SOUZA, C.C. de; OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A.P. Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.2. p.125-130, 1999.

SOUZA, J.G; BELTRÃO, N.E. de M. Fisiologia. In: BELTRÃO, N.E. de M. (org). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA, Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, v.1, cap. IV, p.87-116.

SOUZA, J.G; BELTRÃO, N.E. de M.; SANTOS, J.W. Influência da saturação hídrica

do solo na fisiologia do algodoeiro em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, 1997. v.1, n1, p.63-71.

STAUT, L.A; KURIHARA, C.H. Calagem e adubação. In: Embrapa Agropecuária Oeste. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão, cap.5, p.103-123, 2001.

STEGMAN, E.C.; MUSICK, J.T.; STWART, J.I. Irrigation water management. In: JESSEN, M.E. (ed). **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1980. 829p.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TENNAKOON, S.B.; MILROY, S.P. Crop water use and water use efficiency on irrigated cotton farms in Australia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.61, p.179-194, 2003.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance., New Jersey: Drexel Ins. of Technology, 1955. 104p. (Publications in Climatology)

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. da; GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V. Intervalo ótimo de potencial de água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.286-292, 1999.

VAUX, H. J.; PRUITT, W. O. Crop-water production functions. In: HILLEL, D. (ed.). **Advances in irrigation**. New York: Academic Press, 1983. , v.2, p.61-97.

VIEIRA, R. de M.; MEDEIROS, A.A. de; AMORIM, J.A.; FONSECA, F das C.E. da. Influência do nitrogênio sobre as características da fibra, retenção frutífera e componentes da produção do algodoeiro. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v.7, n.1, p.641-646. 2003.

VIVANCOS, A.D. **Tratado de fertilización**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 601p.

WANJURA, D.F.; UPCHURCH, D.R.; MAHAN, J.R.; BURKE, J.J. Cotton yield and applied water relationships under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.55, p.217-237, 2002.

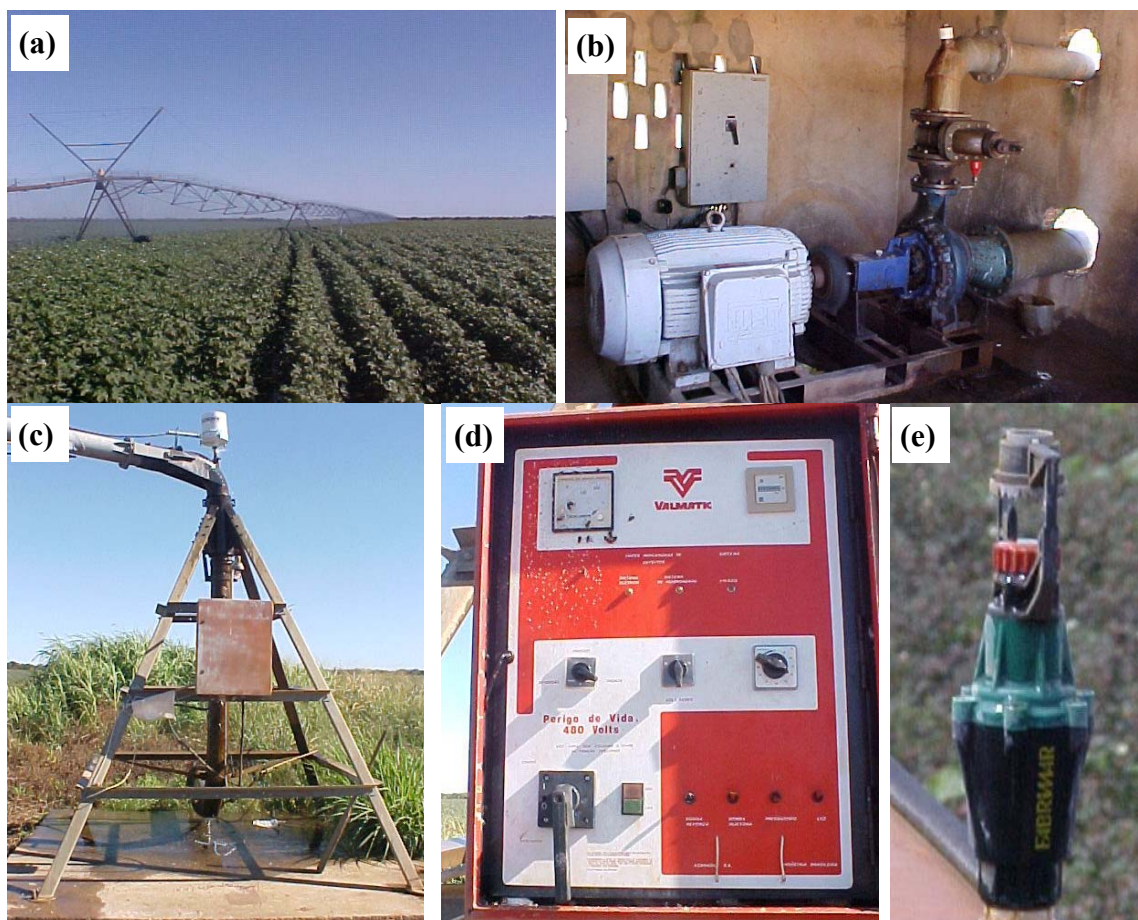
WRIGHT, G.C.; NAGESWARA RAO, R.C. Groundnut water relations. In. SMARTT, J. **The groundnut crop: Scientific basis for improvement**. London: Chapman e Hall, 1994. p.281-335.

YAGUE, J.L.F.; ROCHE, J.C. **Curso elemental de riego**. Serviço de Extensión Agrária del Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 1990.

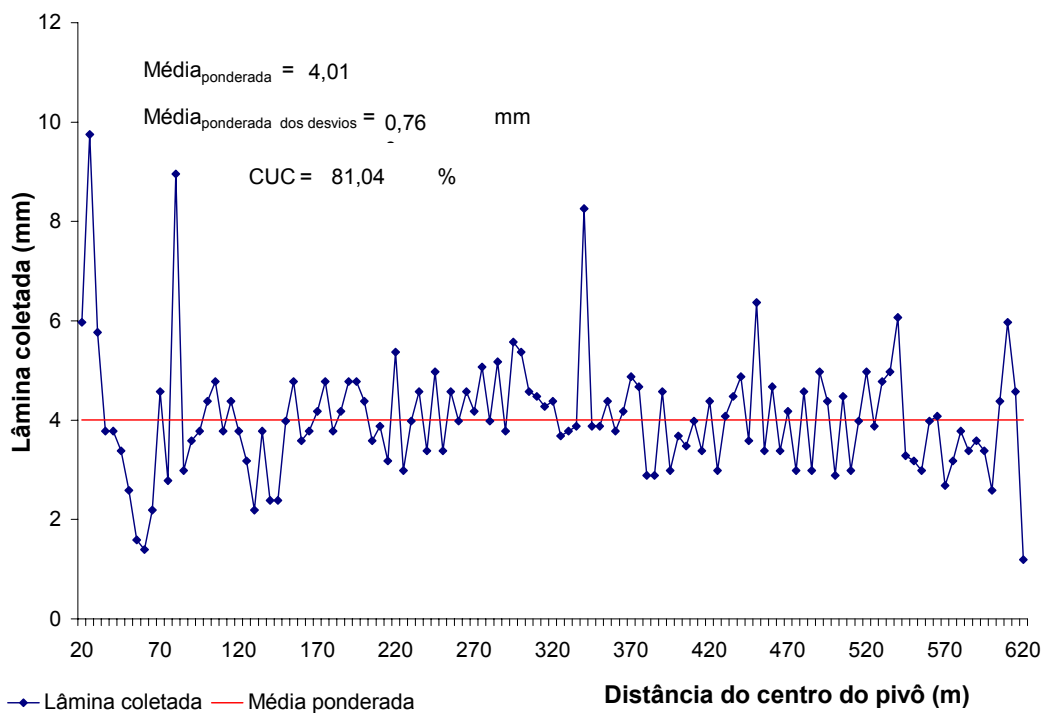
YAZAR, A.; SEZEN, S. M.; SESVEREN, S. LEPA and trickle irrigation of cotton in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.54, p.189-203, 2002.

ZELLWEGER USTER. Fiber testing training manual: technical encyclopedia. Tennessee, 1995. 130p.

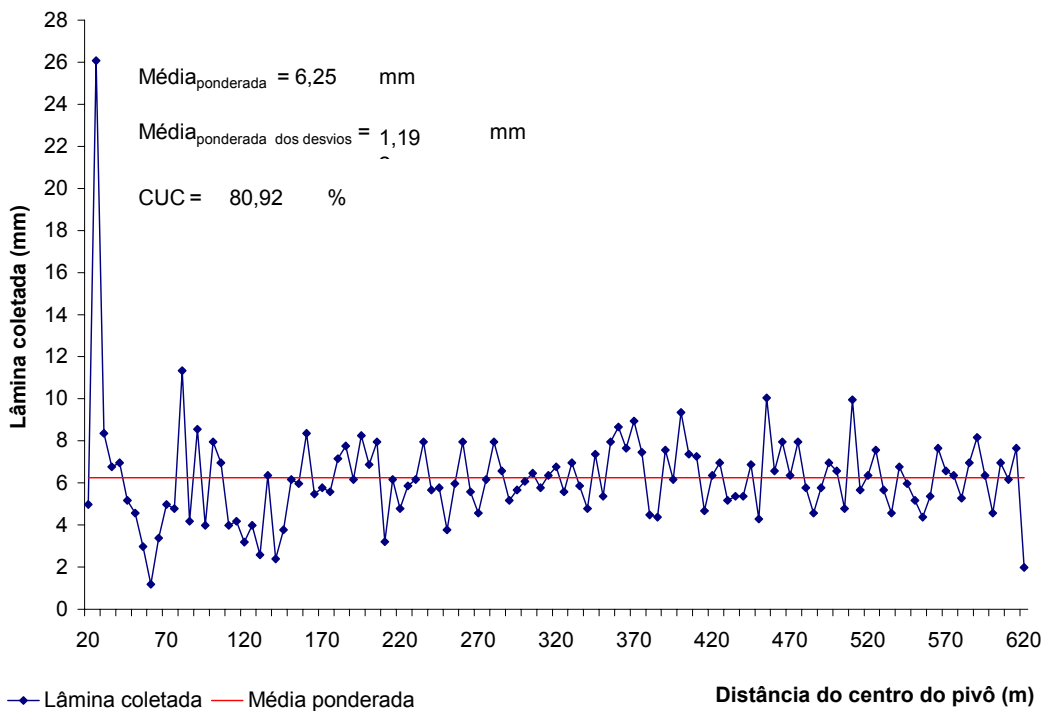
7. APÊNDICES



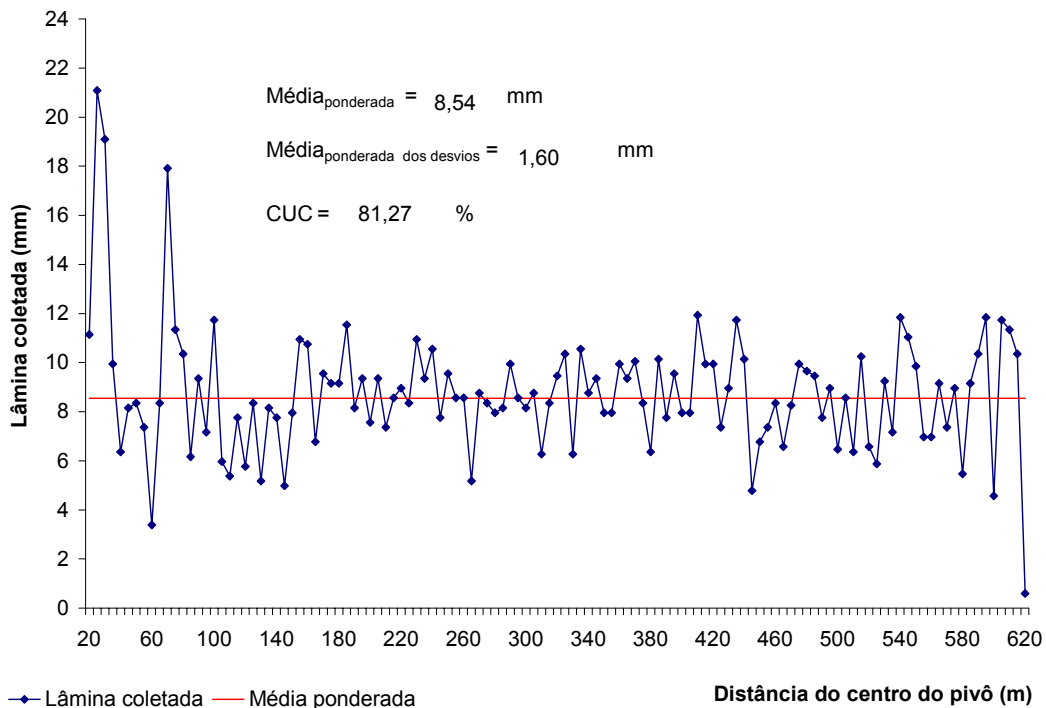
Apêndice 1. Equipamento pivô central fixo Valmatic[®] (a); conjunto motobomba (b); ponto do pivô (c); painel central de comando (d) e emissor Fabrimar tipo difusor (e). Barreiras, BA, 2004.



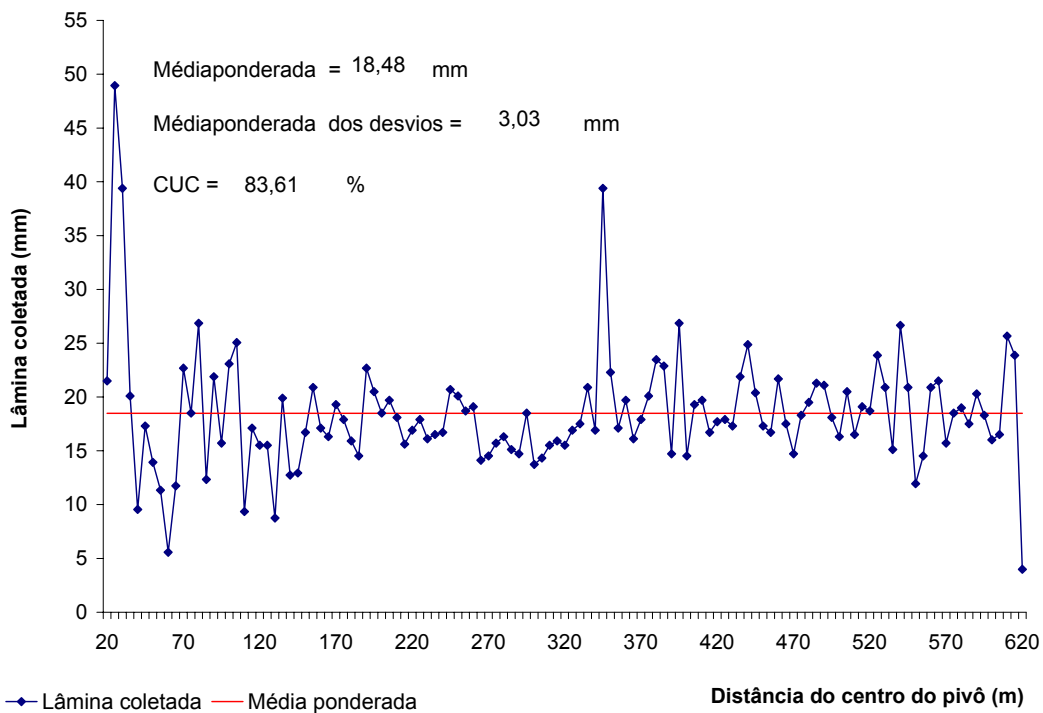
Apêndice 2. Distribuição de lâminas coletadas ao longo da tubulação lateral para ajuste do percentímetro a 100%. Barreiras, BA, 2004.



Apêndice 3. Distribuição de lâminas coletadas ao longo da tubulação lateral para ajuste do percentímetro a 65%. Barreiras, BA, 2004.



Apêndice 4. Distribuição de lâminas coletadas ao longo da tubulação lateral para ajuste do percentímetro a 50%. Barreiras, BA, 2004.



Apêndice 5. Distribuição de lâminas coletadas ao longo da tubulação lateral para ajuste do percentímetro a 25%. Barreiras, BA, 2004.

Apêndice 6. Histórico das aplicações para controle fitossanitário. Barreiras, BA, 2004.

Data de aplicação	Produto	Princípio ativo e (classe+grupo)	Dose.ha ⁻¹	Unidade
12/04/04	Saurus	acetamiprid (inset. nicotinóide)	130	g
	Laser	Endosulfan (inset. acaricida)	600	mL
	Curacron	Profenofos (inset.acar. Organofosforado)	300	mL
22/04/04	Thiodan	Endosulfan (inset. acaricida)	2000	mL
	Saurus	acetamiprid (inset. nicotinóide)	160	g
	Priori	azoxistrobina (fungicida)	300	mL
	Methiltiofan	Thiophanate methyl (fung.sist.gr.benzimidazol)	900	g
29/04/04	Curacron	Profenofos (inset.acar. Organofosforado)	325	mL
	Thiodan	Endosulfan (inset. acaricida)	2000	mL
	Nomolt	Teflubenzuron(inset/acar/reg.cresc.gr.benzoilureia)	200	mL
30/04/04	Laser	Endosulfan (inset. acaricida)	700	mL
	Folicur	Tebuconazole (fung.gr.triazóis)	600	mL
	Derosal	Carbendazin (fung.sist.gr.benzimidazol)	800	mL
09/05/04	Thiodan	Endosulfan (inset. acaricida)	2000	mL
	Nomolt	Teflubenzuron(inset/acar/reg.cresc.gr.benzoilureia)	200	mL
	Methomex	Methomyl (inset. Carbamato)	650	mL
22/05/04	Laser	Endosulfan(ins.acar.est.do ac.sulf.um diol cicli.)	700	mL
	Thiodan	Endosulfan(ins.acar.est.do ac.sulf.um diol cicli.)	2000	mL
	Polo	Diafenturon (inset.acar.gr.tioureias)	350	g
	Atabron	Clorfluazuron(inset.fisiológico gr.benzoilureias)	300	mL
05/06/04	Stratego	Crifloxistrobina; Propiconazol (fungicida)	500	mL
	Folicur	Tebuconazole (fung.gr.triazóis)	600	mL
	Derosal	Carbendazin (fung.sist.gr.benzimidazol)	1000	mL
	Fury	Zetametrina (inseticida)	250	mL
	Nomolt	Monocrotophos(inset.acar.sist.organofosforado)	500	mL
13/06/04	Nomolt	Teflubenzuron(inset/acar/reg.cresc.gr.benzoilureia)	180	mL
	Bulldock	Betacyflutrin (inset.gr.piretroide)	100	mL
	Certeiro	Inseticida fisiológico (lagarticida – Spodoptera)	120	mL
21/06/04	Larvin	Thiodicarb (inset.gr.carbamato)	300	g
	Bulldock	Betacyflutrin (inset.gr.piretroide)	100	mL
	Azodrin	Monocrotophos(inset.acar.sist.organofosforado)	500	mL
	Larvin	Thiodicarb (inset.gr.carbamato)	300	g
26/06/04	Stratego	Crifloxistrobina; Propiconazol (fungicida)	500	mL
	Fury	Zetametrina (inseticida)	250	mL
	Laser	Endosulfan(ins.acar.est.do ac.sulf.um diol cicli.)	500	mL
26/06/04 (bordadura)	Marshal	Carbosulfan (inset.acar.nemat.sist.carbamato)	400	mL
	Larvin	Thiodicarb (inset.gr.carbamato)	300	g
05/07/04	Açucar	-	2000	g
	Bulldock	Betacyflutrin (inset.gr.piretroide)	100	mL
06/07/04 (bordadura)	Cercobim	Thiophanate methyl (fung.sist.gr.benzimidazol)	1000	mL
	Methomex	Methomyl (inset. Carbamato)	1000	mL
20/02/04	Açucar	-	1000	g
22/07/04 (bordadura)	Bulldock	Betacyflutrin (inset.gr.piretroide)	100	mL
08/08/04	Methomex	Methomyl (inset. Carbamato)	1000	mL
	Açucar	-	2000	g
	Bravik	Parathion methyl (inset.acar.gr.organofosforado)	1000	mL
	Folidol	Methyl parathion	1000	mL
23/08/04	Bulldock	Betacyflutrin (inset.gr.piretroide)	100	mL
	Marshal	Carbosulfan (inset.acar.nemat.sist.carbamato)	500	mL
	Bulldock	Betacyflutrin (inset.gr.piretroide)	100	mL
05/09/04	Acefato	Acephate(inset.sist.acar.nemat.moluscicida)	500	g
	Saurus	acetamiprid (inset. nicotinóide)	100	g
	Bulldock	Betacyflutrin (inset.gr.piretroide)	100	mL

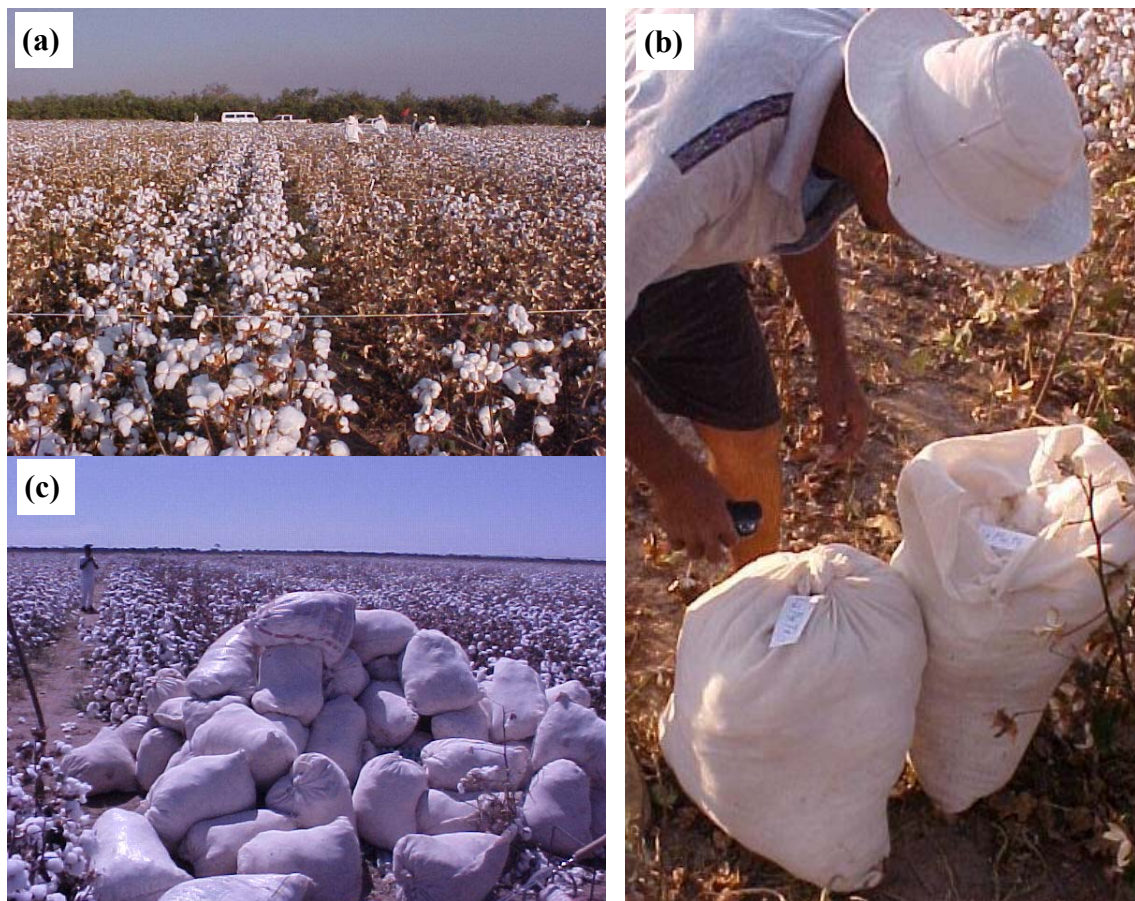
Apêndice 7. Aplicações de reguladores de crescimento e dessecante. Barreiras, BA, 2004.

Data	Produto	Princípio ativo	Unidade	Dose.ha ⁻¹
09/05/04	Pix	mepiquat	mL	400
25/05/04	Pix	mepiquat	mL	500
05/06/04	Pix	mepiquat	mL	200
22/06/04	Tuval	chlormequat	mL	133
05/09/04	Finsh ¹	cyflanilide + ethephon	mL	1500

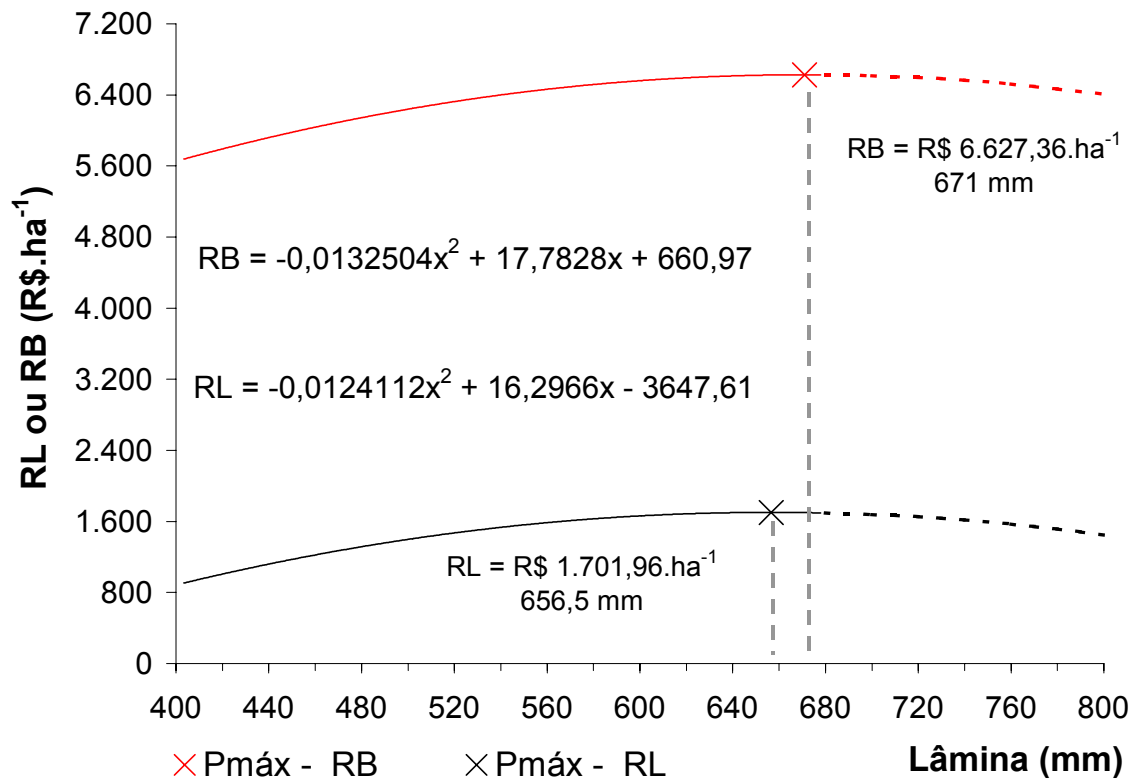
¹Dessecante; não foi aplicado em L₁ porque o secamento das plantas ocorreu naturalmente.



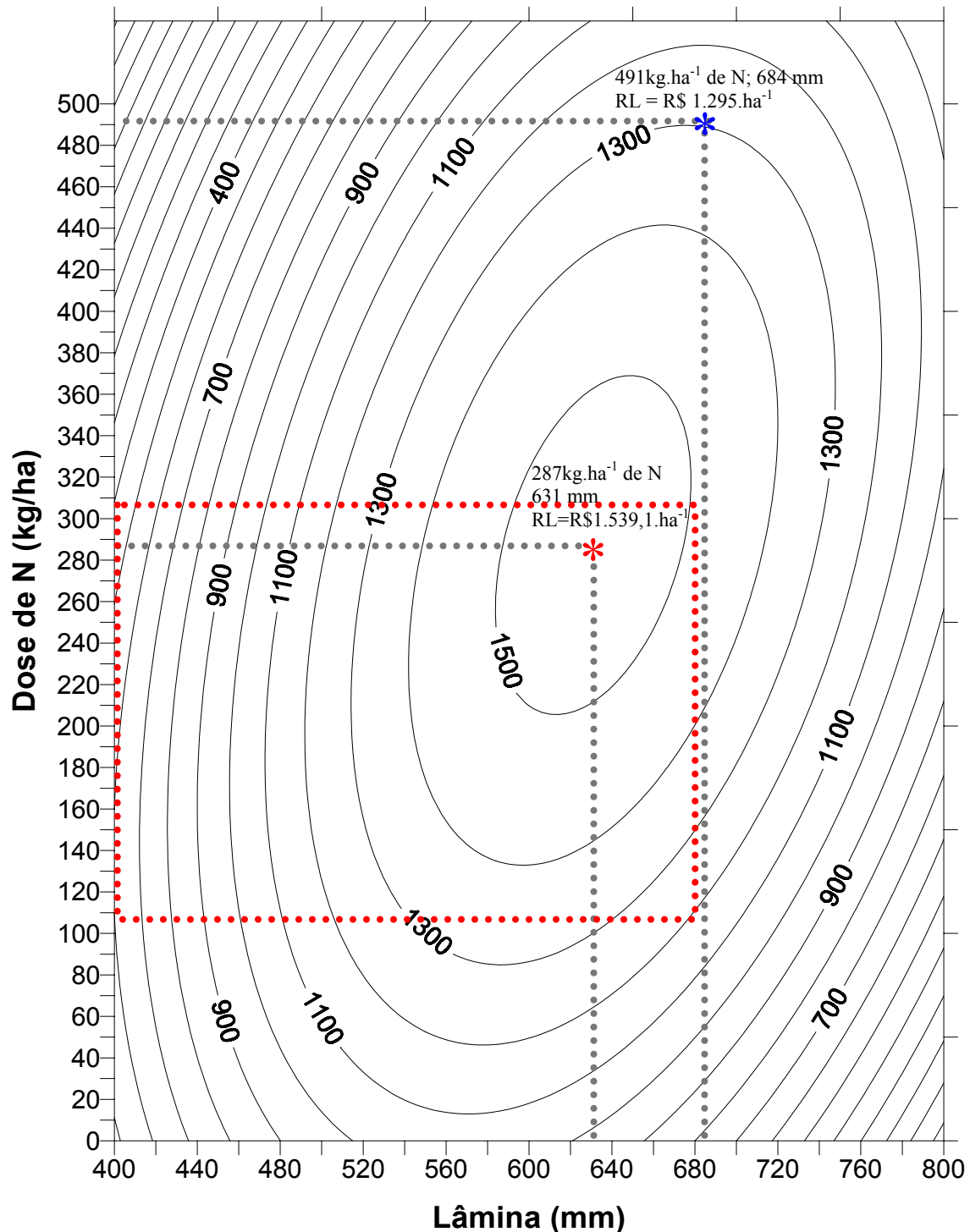
Apêndice 8. Etiqueta de identificação das plantas (a); mensuração de diâmetro de colo com auxílio de paquímetro de precisão (b) e mensuração da altura da planta mediante trena milimetrada (c). Barreiras, BA, 2004.



Apêndice 9. Visualização da parcela útil colhida (a); identificação dupla (dentro e fora dos sacos de pano) dos fardos de algodão colhidos na parcela (b) e visualização dos fardos colhidos na lâmina L_1 (0,75ETc) dispostos na cabeceira do ensaio (c). Barreiras, BA, 2004.



Apêndice 10. Curvas de receita bruta (RB) (—) e líquida (RL) (—), em função da lâmina total efetiva de água (L) para: (i) manejo de adubação da fazenda (212, 236, e 117 kg.ha⁻¹ de N, K₂O e P₂O₅, respectivamente); (ii) custo de R\$ 0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ (C_L) e preço de R\$1,2.kg⁻¹ de algodão em caroço (P_Z); (iii) custo de colheita = R\$ 0,076.kg⁻¹ x Z (C_c - R\$.ha⁻¹; Z – rendimento de algodão em caroço, kg.ha⁻¹) e (iv) C₀ = R\$ 4.284,6.ha⁻¹ (C₀ - custos, excetuando-se os de colheita, C_c, e os relacionados com água^a. P_{máx} – ponto de máxima para curva de RB (x) e RL (x). ^a = (L - 49,7mm de precipitação efetiva) x C_L. Custo total = C₀+C_c+ ^a. Barreiras, BA, 2004.



$$Z(X,Y) = -5551,1707 - 1,7569Y - 0,00682176Y^2 + 23,2755X - 0,02049322X^2 + 0,00899612YX$$

Onde: $Z = RL$ (R\$.ha⁻¹); $Y =$ dose de N (kg.ha⁻¹) e $X =$ lâmina total efetiva (mm)

Apêndice 11. Superfície de resposta de receita líquida ($RL = R$.ha^{-1}$) para: (i) manejo de adubação P e K do Experimento II (177 e 209 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O); (ii) custos unitários de R\$0,36.mm⁻¹.ha⁻¹ (C_L), R\$ 2,3.kg⁻¹.ha⁻¹ de N (C_N) e preço de R\$1,2.kg⁻¹ de algodão em caroço (P_Z); (iii) custo de colheita = R\$ 0,076.kg⁻¹ x Z (C_c - R\$.ha⁻¹); Z - rendimento de algodão em caroço, kg.ha⁻¹) e (iv) C₀ = R\$ 3.865,0.ha⁻¹ (C₀ - custos de produção excetuando-se os de colheita, C_c, e os com L^a e N^b). Combinação de L e N para máxima a RL (*) e o Z (*). ^a= (L - 49,7mm de precip. efetiva) x C_L; ^b= N x C_N. Custo total= C₀+C_c+ ^a+ ^b. Barreiras, BA, 2004.

8. ANEXO

Anexo 1. Irradiância solar no topo da atmosfera (Q_0), expressa em mm/dia (para o 15º dia de cada mês) para latitudes do Hemisfério Sul.

<i>Lat S</i>	<i>JAN</i>	<i>FEV</i>	<i>MAR</i>	<i>ABR</i>	<i>MAI</i>	<i>JUN</i>	<i>JUL</i>	<i>AGO</i>	<i>SET</i>	<i>OUT</i>	<i>NOV</i>	<i>DEZ</i>
0°	14,5	15,0	15,2	14,7	13,9	13,4	13,5	14,2	14,9	14,9	14,6	14,3
2°	14,8	15,2	15,2	14,5	13,6	13,0	13,2	14,0	14,8	15,0	14,8	14,6
4°	15,0	15,3	15,1	14,3	13,3	12,7	12,8	13,7	14,7	15,1	15,0	14,9
6°	15,3	15,4	15,1	14,1	13,0	12,6	12,5	13,5	14,6	15,1	15,2	15,1
8°	15,6	15,6	15,0	14,0	12,7	12,0	12,2	13,2	14,5	15,2	15,4	15,4
10°	15,9	15,7	15,0	13,8	12,4	11,6	11,9	13,0	14,4	15,3	15,7	15,7
12°	16,1	15,8	14,9	13,5	12,0	11,2	11,5	12,7	14,2	15,3	15,8	16,0
14°	16,3	15,8	14,9	13,2	11,6	10,8	11,1	12,4	14,0	15,3	15,9	16,2
16°	16,5	15,9	14,8	13,0	11,3	10,4	10,8	12,1	13,8	15,3	16,1	16,4
18°	16,7	15,9	14,7	12,7	10,9	10,0	10,4	11,8	13,7	15,3	16,2	16,7
20°	16,7	16,0	14,5	12,4	10,6	9,6	10,0	11,5	13,5	15,3	16,2	16,8
22°	16,9	16,0	14,3	12,0	10,2	9,1	9,6	11,1	13,1	15,2	16,4	17,0
24°	16,9	15,9	14,1	11,7	9,8	8,6	9,1	10,7	13,1	15,1	16,5	17,1
26°	17,0	15,9	13,9	11,4	9,4	8,1	8,7	10,4	12,8	15,0	16,5	17,3
28°	17,1	15,8	13,7	11,1	9,0	7,8	8,3	10,0	12,6	14,9	16,6	17,5
30°	17,2	15,7	13,5	10,8	8,5	7,4	7,8	9,6	12,2	14,7	16,7	17,6

Fonte: Pereira et al. (2001).