



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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO
E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

GILBERTO DA CRUZ GOUVEIA NETO

Campina Grande
Paraíba

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO
E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA**

GILBERTO DA CRUZ GOUVEIA NETO

CAMPINA GRANDE, PB
NOVEMBRO, 2009



GILBERTO DA CRUZ GOUVEIA NETO
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

**CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO
E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA**

ORIENTADORES: Prof. Dr. **PEDRO DANTAS FERNANDES**
Eng^o Agrônomo Dr. **CARLOS HENRIQUE DE A. FARIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre (M.Sc.) em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

CAMPINA GRANDE, PB
NOVEMBRO, 2009





FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

G719c

Gouveia Neto, Gilberto da Cruz

Crescimento da cana-de-açúcar sob irrigação e parcelamento da adubação nitrogenada / Gilberto da Cruz Gouveia Neto. — Campina Grande, 2010.

80 f. : il. col.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes.
Dr. Carlos Henrique de A. Farias.

1. Irrigação por Aspersão 2. Cana-de-Açúcar – Irrigação 3. Adubação Nitrogenada I. Título.

CDU-631.674.5(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

GILBERTO DA CRUZ GOUVEIA NETO

CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO
NITROGENADA

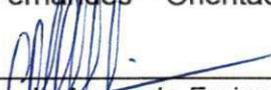
BANCA EXAMINADORA

PARECER



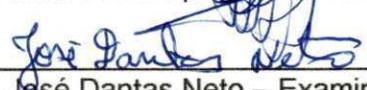
Dr. Pedro Dantas Fernandes – Orientador

Aprovado com distinção



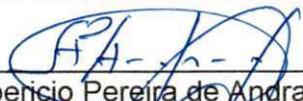
Dr. Carlos Henrique de Azevedo Farias – Orientador

APROVADO COM DISTINÇÃO



Dr. José Dantas Neto – Examinador

APROVADO COM DISTINÇÃO



Dr. Albencio Pereira de Andrade – Examinador

APROVADO COM DISTINÇÃO



Dr. Ivandro de França da Silva – Examinador

APROVADO COM DISTINÇÃO

NOVEMBRO - 2009

OFEREÇO

*A meus Pais Gilberto da Cruz Gouveia
Filho e Maria Cristina Bezerra
Gouveia. e a meus irmãos, Gustavo
Bezerra Gouveia e Guilherme Bezerra
Gouveia.*

DEDICO

*A meus avós paternos, Gilberto da Cruz
Gouveia e Maria das Dores de Souza
Gouveia (in memoriam), e maternos, José
Odon Bezerra (in memoriam) e Noza
Bezerra.*

Agradecimentos

A DEUS, que sempre esteve ao meu lado, presenteando-me com saúde, paz, amor, coragem e muita força para realizar este trabalho, a fim de que eu conquistasse mais uma etapa na minha vida.

A meus pais, meus irmãos e a todos os meus familiares pelo apoio, carinho e estímulo durante esta caminhada.

Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade na realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À Destilaria Miriri S/A., pelo grande apoio em prol desta pesquisa.

Ao Dr. Gilvan Celso Cavalcanti de Morais Sobrinho, Diretor-Superintendente da Destilaria Miriri S/A., pelo apoio e amizade.

Ao Gerente Agrícola, Gabriel Saturnino de Oliveira, pela ajuda na execução deste trabalho.

Aos Supervisores Lourival, Severino, Geraldo Magela e Francisco pela amizade e apoio.

Aos funcionários da Miriri/Uniagro, Antônio Emídio, Gutemberg, Saulo, Francisco Artur, Antônio, Marinaldo Júnior, Bonfim, Marcos, Marcos Emídio, Eronides Jordão, Marival, Kleber, Gorete, Denise, Carlyame, Sebastião Marques e Wando pela ajuda e amizade.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes e Dr. Carlos Henrique de Azevedo Farias (Supervisor de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da Destilaria Miriri) por todos os ensinamentos transmitidos e valiosa contribuição acadêmica e pela amizade e incentivo.

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Chico, Doutor e Wilson, pela grande ajuda na realização nas análises e pela amizade.

Às funcionárias da Coordenação de Pós-Graduação, Elaine e D. Cida, pela ajuda irrestrita.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Hugo, Vera, José Dantas e Carlos Azevedo, por todos os ensinamentos e amizade.

Ao Prof. Ivandro de França da Silva, que tem acompanhado minha caminhada desde o início, pelo grande exemplo como pessoa e educador.

Aos Professores Romualdo, Alberício e Antonino, pela amizade, ajuda prestada e grande orientação.

Aos colegas de curso, Sebastião, Eloy, Renê, Jerônimo, Marcos Eric, Allan, Leda, Kelliane, Niwton, Kaline, Iedo, Ana Cristina, Rosalve, Diva, Evami, Jorge, Leandro, Janivan, Madson, Alexandra, Mônica, Messias, Cicero Cordão, Roger, Vinicius, Amilton, Hamilton, Silvana, Joelma, Robi, Karina, Tatiane e Walber, pela ajuda nas horas mais difíceis e união.

Ao Pesquisador Frederico Antônio e ao Prof. Dr. Reginaldo Nobre, pela amizade e convívio.

Aos alunos e alunas do Curso de Graduação em Engenharia Agrícola, Diego, Fernando, Alberto, Kaline, Elka, Renata, Karla e Luanna, pelo bom convívio e amizade sincera.

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação profissional, visando à realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Considerações gerais sobre cultura	4
3.2 Genótipo	6
3.3 Evapotranspiração e irrigação	6
3.4 Nitrogênio na cana-de-açúcar	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 Localização, clima e solo	15
4.2 Variedade e plantio	20
4.3 Tratamentos e delineamento experimental	20
4.4 Irrigação da cana-de-açúcar	21
4.4.1 Qualidade da água de irrigação	21
4.4.2 Características do equipamento	21
4.4.3 Avaliação do sistema de irrigação	22
4.4.4 Balanço hídrico e manejo de irrigação	23
4.5 Tratos culturais	26
4.6 Variáveis analisadas	27
4.6.1 Altura de plantas	27
4.6.2 Área foliar e índice de área foliar	27
4.6.3 Fitomassa da parte aérea	28
4.6.4 Perfilhamento	28
4.7 Análises estatísticas	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 Perfilhamento	29
5.2 Altura da planta (ALP)	36
5.3 Área foliar	45
5.4 Índice de Área Foliar (IAF)	50
5.5 Fitomassa da folha	56
5.6 Fitomassa do colmo (FITCO)	61
6. CONCLUSÕES	67
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
8. APÊNDICE	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise físico-hídrica do solo da área experimental, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	16
Tabela 2. Análise química do solo da área experimental. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	17
Tabela 3. Análise química da água de irrigação utilizada na área experimental, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	21
Tabela 4. Coeficientes de cultura (Kc) para a cultura da cana-de-açúcar em diferentes estádios de desenvolvimento	24
Tabela 5. Lâmina de água de irrigação, precipitação total, precipitação efetiva e lâmina total aplicada à cultura. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	25
Tabela 6. Análise química da vinhaça utilizada na área experimental. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	27
Tabela 7. Resumo da análise de variância para o número de perfilhos (plantas m ⁻¹) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	32
Tabela 8. Resumo da análise de variância para altura de planta (ALP) (cm) da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	40
Tabela 9. Médias do desdobramento da interação L x P para altura de plantas (ALP) (cm) da cana-de-açúcar aos 240 DAP, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	43
Tabela 10. Médias do desdobramento da interação L x P para altura de plantas (ALP) (cm) da cana-de-açúcar aos 330 DAP, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	44
Tabela 11. Resumo da análise de variância para área foliar (cm ²) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	49
Tabela 12. Resumo da análise de variância para o índice de área foliar (cm ² cm ⁻²) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	53
Tabela 13. Resumo da análise de variância para fitomassa das folhas (gramas) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	59
Tabela 14. Resumo da análise de variância para fitomassa do colmo (FITCO) (gramas) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	63
Tabela 15. Médias do desdobramento da interação L x P para fitomassa do colmo (FITCO) (gramas) da cana-de-açúcar aos 210 DAP, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	66
Tabela 16. Resumo da análise de variância para área foliar (cm ²), altura de plantas (cm), número de plantas, índice de área foliar (IAF) e fitomassa total (gramas) da cana-de-açúcar aos 60 dias após plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	76
Tabela 17. Lâmina de água de irrigação, precipitação total, precipitação efetiva e lâmina total aplicada à cultura, aos 90 dias após plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	76
Tabela 18. Resumo da análise de variância para fitomassa total (FT) (gramas) da cana-de-açúcar. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	77
Tabela 19. Médias do desdobramento da interação L x P para fitomassa total (FT) (gramas) da cana-de-açúcar aos 210 DAP, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da área do experimento com destaque para os setores de irrigação e parcelamentos da adubação nitrogenada. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	15
Figura 2. (A) velocidade do vento e (B) precipitação pluvial na área experimental. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	18
Figura 3. Radiação solar líquida na área experimental. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	19
Figura 4. Temperatura do ar na área experimental. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	19
Figura 5. Foto do pivô central na área experimental, aos 120 dias após plantio, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	22
Figura 6. Balanço hídrico (mm) para as cinco lâminas de irrigação estudadas no experimento. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	26
Figura 7. Análise de regressão para o número de perfilhos da cana-de-açúcar aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	30
Figura 8. Perfilhamento da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579 (Linear Response Plateau) ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	34
Figura 9. Número de perfilhos aos 330 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	35
Figura 10. Análise de regressão para a altura de plantas (ALP) aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	37
Figura 11. Altura das plantas (ALP) de cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	41
Figura 12. Análise de regressão para a área foliar da cana-de-açúcar aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	46
Figura 13. Área foliar da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	50
Figura 14. Análise de regressão para o índice de área foliar da cana-de-açúcar aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	51
Figura 15. Índice de área foliar da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	55
Figura 16. Análise de regressão para a fitomassa das folhas da cana-de-açúcar aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	57
Figura 17. Fitomassa das folhas da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	60
Figura 18. Fitomassa do colmo (FITCO) (g/planta) da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	64
Figura 19. Fitomassa total (FT) (g/planta) da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	78
Figura 20. Resultado do ensaio de distribuição de água (uniformidade de irrigação) do pivô central. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009	80

CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

RESUMO

A água e os nutrientes são fatores que influenciam na produção quantitativa e qualitativa e no crescimento de qualquer cultura. Visando estudar o efeito do parcelamento da adubação nitrogenada e lâminas de água de irrigação em cana-planta quanto ao seu crescimento, um experimento foi desenvolvido na Destilaria Miriri S.A, Fazenda Capim II, no período de outubro/2008 a setembro/2009 em um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. As lâminas de irrigação testadas foram: sequeiro, 25% da ETc (128,00 mm), 50% da ETc (191,05 mm), 75% da ETc (379,31 mm), 100% da ETc (680,08 mm) e 125% da ETc (913,95 mm) com as respectivas precipitações efetivas 943,50, 925,60, 876,42, 705,86, 567,24 e 394,67 mm; a adubação nitrogenada foi fixada em 600 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio aplicados em quatro parcelamentos 'P': P₁ (600 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio no 4º mês após o plantio), P₂ (300 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio no 4º e no 5º mês após o plantio, respectivamente), P₃ (200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio no 4º, 5º e 6º mês após o plantio, respectivamente) e P₄ (150 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio no 4º, 5º, 6º e 7º mês após o plantio, respectivamente), compondo um esquema fatorial 6 x 4, totalizando 24 tratamentos com 3 repetições; o delineamento experimental foi em blocos casualizados e analisados conjuntamente. A variedade utilizada foi a 'RB 92 579'. O sistema de irrigação foi do tipo pivô fixo, com turno de rega definido em função da análise físico-hídrica do solo, a cada sete dias, utilizando-se 100% da água do solo, variando a velocidade do equipamento por setor de irrigação, para aplicação das lâminas correspondentes aos tratamentos. A ET_o foi definida pela equação de Penmann & Monteith e a ETc foi determinada em função da idade da planta e de seu respectivo Kc. As variáveis de crescimento (perfilhamento, altura, área foliar, índice de área foliar, fitomassa das folhas e fitomassa do colmo) foram avaliadas mensalmente, dos 60 aos 330 dias após plantio. Aos 90 dias após o plantio, realizou-se a análise de regressão, envolvendo apenas o fator reposição da evapotranspiração visto que a adubação nitrogenada se iniciou aos 120 dias após o plantio; a partir desta data a análise estatística abrangeu os dois fatores. O perfilhamento da cana-de-açúcar foi reduzindo com o tempo, independente da lâmina de água de irrigação. A maior altura ocorre com a aplicação de 100% da ETc; aos 240, 300 e 330 dias após o plantio, esta variável foi influenciada pelo parcelamento da adubação nitrogenada. A área foliar da cana irrigada com 125% da ETc foi superior em 19,75% em relação ao tratamento de 100% da ETc. O maior índice de área foliar (5,45) foi na cultura irrigada com 125% da ETc e nesta mesma lâmina se obteve, também, o acúmulo máximo de fitomassa na folha com 76,78 gramas, aproximadamente, aos 270,91 dias após o plantio. O maior acúmulo de fitomassa no colmo foi obtido na cana irrigada com 100% da ETc.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., lâminas de irrigação, nitrogênio

SUGAR CANE GROWTH UNDER IRRIGATION AND SPLITTING OF NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT

The water and nutrients are factors that make influence in the quantitative and qualitative production besides the growth of any culture. Aiming to study the effect of the splitting of nitrogen fertilization and irrigation depth water in sugar cane plant on its growth, so it was developed an experiment at the Destilaria Miriri S/A, Capim II Farm, in the period from October/2008 to September/2009, in a dystrophic Yellow Red Clay Soil. The tested irrigation depth water were: dryland, 25 % of ETc (128.00 mm), 50 % of ETc (191.05 mm), 75 % of ETc (379.31 mm), 100 % of ETc (680.08 mm) and 125 % of ETc (913.95 mm) with the respective effective rain 943.50, 925.60, 876.42, 705.86, 567.24 and 394.67 mm; the nitrogen fertilization was fixed in 600 kg ha⁻¹ of Ammonium Sulphate, applied in four splitting 'P': P₁ (600 kg ha⁻¹ of Ammonium Sulphate on the 4th month after the planting), P₂ (300 kg ha⁻¹ of Ammonium Sulphate on the 4th and 5th month after the planting, respectively), P₃ (200 kg ha⁻¹ of Ammonium Sulphate in the 4th, 5th and 6th month after the planting, respectively) and P₄ (150 kg ha⁻¹ of Ammonium Sulphate in the 4th, 5th, 6th and 7th month after the planting, respectively), composing a 6 x 4 factorial scheme, totalizing 24 treatments with 3 replications, the experimental design was in randomized blocks, and analyzed jointly. The used variety was the RB 92 579. The irrigation system was the fixed pivot, with irrigation turn defined in function of the hydric and physical soil analysis, to each seven days using 100% of the soil water, varying the speed of the equipment by irrigation sector, to the application of the corresponding water depths to the treatments. The ETo was defined by Penmann & Monteith equation and the ETc was determined in function of the plant age and its respective Kc. The growth variables (tillers, stalk height, leaf area, leaf area index, biomass of leaves and stems) were valued monthly, since 60 to 330 days after planting. On 90 days after the planting the regression analysis was carried out, wrapping only the ETc replacement factor, because of the nitrogen fertilization started on 120 days after the planting; from this date the statistical analysis included two factors. The sugar cane tillers were decreasing with time, independent of the irrigation depth. The highest plants stalk occurred with the application of 100% of ETc; on 240, 300 and 330 days after the planting, this variable was influenced by the splitting of the nitrogen fertilization. The sugar cane leaf area irrigated with 125% of ETc was superior in 19.75%, regarding the treatment of 100% of ETc. The highest leaf area index (5.45) was in the culture irrigated with 125% of ETc and this same blade was obtained also the maximum leaf biomass accumulation with 76.78 grammes, around, to 270.91 days after the planting. The highest stem biomass accumulation was obtained in the sugarcane irrigated with 100% of ETc.

Key words: *Saccharum officinarum* L., irrigation depth water, nitrogen

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é utilizada como matéria-prima para a fabricação de açúcar, álcool, aguardente e rapadura, desde os primórdios da colonização do Brasil. Do seu processamento se obtém uma grande quantidade de subprodutos: o bagaço é usado como fonte de energia; a vinhaça, uma excelente fonte de potássio para a cultura; a torta de filtro, para recuperação de áreas degradadas e com baixo teor de matéria orgânica e o melaço, usado na alimentação animal (Souza et al., 1999).

O Brasil, maior produtor mundial de cana-de-açúcar produziu, na safra 2008/2009 aproximadamente 674,77 milhões de toneladas, dos quais 44,7% foram destinadas à produção de açúcar e os 55,3% à produção de álcool; a área explorada foi de 7,79 milhões de hectares e rendimento médio de aproximadamente 70,0 t/ha (CONAB, 2009).

A produção de cana-de-açúcar no Brasil ocorre em duas áreas distintas: Centro-Sul e Norte-Nordeste, separadas por regimes de pluviosidade diferentes (UNICA, 2007). De acordo com os dados da CONAB (2009), para a safra 2008/2009 a região Centro-Sul produziu aproximadamente 601,26 milhões de toneladas de cana, em uma área explorada de 8,26 milhões de hectares e produtividade média de 72,07 t ha⁻¹; a região Norte-Nordeste produziu 73,51 milhões de toneladas, em 1,31 milhões de hectares e produtividade média de 55,84 t ha⁻¹; na região Nordeste a Paraíba possui uma área plantada de 147 mil hectares, produção de 6,3 milhões de toneladas de cana e rendimento médio de 42,82 t ha⁻¹.

A disponibilidade de água e de nutrientes é fator que influencia na produtividade das plantas. As chuvas nem sempre fornecem a quantidade de água suficiente para a necessidade hídrica da cultura, tendo-se que fazer suplementação com irrigação, a qual deve ser bem planejada, para obtenção de um bom retorno econômico. O solo fornece nutrientes para a planta, mas nem sempre em quantidade satisfatória para o pleno desenvolvimento da cultura; daí, a grande importância da adubação. A irrigação e a adubação são práticas que, quando bem planejadas e associadas, resultam em elevadas produtividades (Azevedo, 2002). Além de aumentar a produtividade, a irrigação promove melhorias na qualidade da cana-de-açúcar (Farias, 2006; Carvalho et al., 2009) e alguns parâmetros tecnológicos, como o rendimento bruto de açúcar e álcool, são influenciados pela adubação de cobertura (Dantas Neto et al., 2006).

O nitrogênio é o segundo nutriente mais absorvido pela cana-de-açúcar, logo em seguida ao potássio (Orlando Filho, 1993; Silva, 2007). Em qualquer sistema de produção a falta de N é um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (Bredemeir & Mundstock, 2000), por fazer parte de compostos fundamentais, como proteínas, ácidos nucleicos e clorofila (Urzúa, 2005).

O aproveitamento de N fertilizante pela cana-de-açúcar é, geralmente, baixo, menor que 40% do nutriente aplicado; parte do nutriente se incorpora à matéria orgânica, mas é reciclado posteriormente e a outra é perdida por lixiviação, volatilização e desnitrificação (Cantarella, 2006).

O nitrogênio vem sendo intensamente estudado na cana-de-açúcar (Azeredo et al., 1994; Oliveira, 1999; Trivelin, 2000; Gava et al., 2001; Basanta, 2004; Moura et al., 2005, Franco, 2008), devido à sua importância e alta mobilidade no solo. Em um experimento realizado no Estado do Rio de Janeiro por Azeredo et al. (1994), o parcelamento da adubação nitrogenada não foi eficiente para aumentar a produtividade da cana-planta; já Moura et al. (2005) encontraram diferenças significativas de produtividade com o uso da irrigação nos Tabuleiros Costeiros paraibanos, parcelando a aplicação de N em quatro vezes.

Portanto, são poucos os trabalhos encontrados na literatura que envolvam lâminas de irrigação e parcelamento de N, necessitando-se estudar uma combinação ótima entre esses dois fatores, visando maximizar a produtividade da cana-de-açúcar.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar o crescimento da cana-de-açúcar irrigada, variedade RB92579, sob níveis de reposição da evapotranspiração, através de irrigação, e estudar os efeitos de parcelamento da adubação nitrogenada em Tabuleiro Costeiro paraibano.

2.2 Objetivos Específicos

- Experimentar quantidades diferentes de água e práticas de parcelamento da adubação nitrogenada, avaliando-se seus efeitos sobre a altura de planta, perfilhamento, área foliar e índice de área foliar da cana-de-açúcar;
- Estudar o acúmulo de fitomassa seca nas folhas e nos colmos da cana-de-açúcar em função de diferentes quantidades de água e parcelamento da adubação nitrogenada.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Considerações gerais sobre cultura

A cana-de-açúcar é originária da Ásia, provavelmente na Nova Guiné, concentrando-se a maior parte dos cultivos comerciais (sequeiro e sob irrigação) entre as latitudes 35°N e 35°S do Equador (Doorenbos & Kassan, 1994) e, de acordo com Magalhães (1987) em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.000 m.

Segundo Maule et al., 2001; Farias, 2006, a crescente preocupação da sociedade global com o ambiente vem gerando pressões quanto ao uso de combustíveis fósseis, haja vista serem os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Vários países estão buscando minimizar o uso desses combustíveis e, atualmente, a cana-de-açúcar é uma das melhores opções dentre as fontes renováveis de energia, com grande importância no cenário agrícola brasileiro.

De acordo com os dados da FAO (2007), no período de 2000 a 2007, o Brasil foi o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido da Índia; neste período, ocorreu aumento na produção, passando de 327,70 para 549,70 milhões de toneladas.

Para o IBGE (2009), a área colhida com cana-de-açúcar na safra 2008/2009, foi de aproximadamente 8,63 milhões de hectares, com aumento de 6% em relação à safra anterior, estimando-se a produção em 691,7 milhões de toneladas superior, portanto, em 6,6% em 2007/2008, com rendimento médio de 80,14 t ha⁻¹.

De acordo com a CONAB (2009) foram produzidos, na região Centro-Sul, abrangendo os Estados da região Sudeste, Sul e Centro-Oeste, aproximadamente 90,00% de toda a cana-de-açúcar no território nacional. Na região Centro-Sul o crescimento da produção em relação à safra passada ocorreu praticamente em todos os Estados, com destaque para os Estados de Goiás, com acréscimo de 47,30%, seguido de Mato Grosso do Sul (28,70%), Paraná (20,20%) e Minas Gerais, com 14,90%; este resultado se deve à entrada na safra, 2008/2009, de 25 novas usinas no sistema produtivo.

Para que se tenha uma boa produtividade e maturação deve haver interação entre as condições de clima, solo, manejo da cultura e escolha da variedade mais adaptada ao ambiente de produção (Cesar et al., 1987, citados por Maule et al., 2001).

Sendo a cana-de-açúcar uma planta C₄, altas eficiências fotossintéticas se devem a altas intensidades luminosas. Com elevadas taxas de radiação, os colmos são mais grossos, porém mais curtos, as folhas mais longas e mais verdes e o perfilhamento mais intenso. Em condições de baixa irradiância os colmos são mais finos e longos, as folhas mais estreitas e amarelas (Rodrigues, 1995).

A cultura se desenvolve bem sob estação quente e longa, com incidência de radiação alta e umidade adequada, seguida de um período seco, ensolarado e mediamente frio, porém sem geadas durante a maturação e a colheita (Doorenbos & Kassam, 1994). Magalhães (1987) afirma que, comumente, a cana-de-açúcar é tolerante a altas temperaturas, com capacidade de produção, em regiões com temperatura média de verão, ao redor de 47°C, desde que seja empregada uma irrigação eficiente; temperaturas mais baixas (em torno de 21°C) diminuem a taxa de alongamento dos colmos e promovem o acúmulo de sacarose.

O tipo de solo ideal para a cana-de-açúcar, segundo SUGARCANE (2009), é aquele sem limitações de profundidade e drenagem. A faixa de pH ótimo para o bom desenvolvimento da cultura é de 6,5, podendo tolerar um nível considerável de acidez e alcalinidade do solo.

De acordo com Farias (2006), o perfilhamento em cana-de-açúcar pode ser dividido em três fases: fase inicial, em que o perfilhamento é intenso e atinge um número máximo em torno de três a cinco meses após o plantio (20,06 plantas m⁻¹); fase intermediária, quando há morte acentuada dos perfilhos, principalmente dos menos desenvolvidos (11,41 plantas m⁻¹), e fase final, em que o número de perfilhos permanece estável até a colheita (8,63 plantas m⁻¹). Este perfilhamento máximo foi observado por Silva (2007) aos 60 dias após o plantio nas variedades RB 92 579, RB 86 7515 e SP 79 1011, na região de Coruripe, AL, sob condições de sequeiro, aproximadamente 23 plantas m⁻¹. Para o mesmo autor, o perfilhamento, além de outros fatores, é influenciado pela temperatura, umidade do solo, cultivar e pelo ciclo em que ela se encontra (cana-planta ou cana-soca).

Vegetativamente, a cana-de-açúcar é propagada, por meio de colmos seccionados em pedaços de 3 a 4 gemas, denominados tolete ou rebolo; devem ser dispostos nos sulcos “pé” (base do colmo) com “ponta” (ápice do colmo) e plantados de forma cruzada para se prevenir alguma falha na brotação, já que a parte do “pé” é uma porção fisiologicamente mais madura. A quantidade de gemas a serem colocadas por

metro de sulco, por ocasião do plantio, está muito ligada à variedade utilizada e à qualidade do rebolo. Levando-se em conta que a muda está sujeita a danos mecânicos, desde o corte no viveiro até sua cobertura no sulco, devem ser utilizadas em torno de 12 a 16 gemas/metro linear (Procópio et al., 2003).

Uma das características de maior importância para se ter boa produtividade final ou bom “stand” de mudas está relacionada com as práticas de plantio, levando-se em consideração fatores indispensáveis à otimização da cultura, como escolha da área, da variedade, sanidade da muda, época de plantio, preparo adequado do solo, profundidade de plantio, cobertura dos toletes e distribuição de gemas no sulco (Silva et al, 2004).

3.2 Genótipo

Segundo Veríssimo (2003), a variedade RB 92 579 começou a se destacar numa seleção de genótipos, ocorrida na subestação da Usina Coruripe, em 1992, entre 19.920 indivíduos; em 1997, entrou em rede experimental de diversos campos dessa subestação e das Usinas Caeté e Santo Antônio e, em 2000, ocorreu o mesmo em outras empresas da região, iniciando-se uma elevada multiplicação.

A RB 92 579 é resistente a pragas, como a cigarrinha das folhas; uma de suas características é que as folhas são rentes ao caule, razão por que a cigarrinha só ataca as folhas velhas, embora praticamente não cause danos econômicos à planta. Além do baixo índice de florescimento esta nova variedade de cana se destaca também pela alta produção agrícola, pelo alto teor de sacarose e pelo rápido fechamento dos espaços das entrelinhas, significando um volume maior de cana por metro, proporcionando diminuição no uso de herbicidas (Rosário, 2004).

Essa variedade, contudo, tem alguns problemas de natureza industrial; o caldo obtido da planta é considerado muito escuro, o que dificulta a industrialização do açúcar cristal, de acordo com as exigências do mercado (SINDAÇÚCAR-AL, 2007).

3.3 Evapotranspiração e irrigação

A evapotranspiração é definida como a perda de água de uma cultura, por evaporação do solo e transpiração das plantas. É um processo biofísico que envolve o conteúdo de água do solo, a passagem da água através das plantas, a perda de água por

transpiração através dos estômatos das folhas e o transporte de água para a atmosfera, por meio dos processos difusivos e turbulentos (Rana & Katerji, 2000).

As determinações da água necessária para as culturas resultam em dados básicos para planejar e manejar adequadamente qualquer projeto de irrigação (Soares et al, 2001). A aplicação de água nas culturas deve ser manejada de forma racional, considerando-se os aspectos sociais e ecológicos da região, procurando-se maximizar a produtividade e a eficiência de uso de água e minimizar os custos, quer sejam de mão-de-obra ou de capital, de forma a tornar lucrativa a atividade. Deve-se fazer irrigação com o objetivo de aumentar o lucro e a produtividade, em quantidade e em qualidade (Bernardo, 2007).

Com o objetivo de aumentar a eficiência da irrigação no cultivo de cana-de-açúcar, Bernardo (2007) afirma ser de extrema importância considerar, na fenologia, os estádios de desenvolvimento da cultura, assim divididos: a germinação e a emergência compreendem o 1º mês; o perfilhamento e o estabelecimento da cultura têm duração de 2 a 3 meses; o crescimento em biomassa (formação da produção) se estende por 6 a 7 meses, enquanto a maturação abrange apenas 2 meses. Os dois primeiros estádios são os mais críticos ao déficit hídrico; no terceiro estádio (aumento de biomassa), as plantas respondem à lâmina aplicada, mas o déficit hídrico não causa tantos prejuízos à produtividade quanto nos dois primeiros; já no quarto estádio (maturação), é desejável ocorrer déficit hídrico, com reflexos positivos sobre o rendimento de açúcar.

Um suprimento adequado de água é essencial para o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, com uma demanda em torno de 1.200 mm/ano (Blackburn, 1984, citado por Farias, 2006).

Farias et al. (2007), estudando o Índice de Área Foliar (IAF) da cana-de-açúcar, variedade SP 79 1011, em tabuleiro costeiro paraibano sob diferentes lâminas de irrigação e doses de zinco, constataram que aos 150 dias após a brotação (DAB) o maior índice de área foliar ($5,11 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$) foi obtido quando a cultura foi irrigada com 100% da ETc. A partir deste ponto ocorre diminuição do IAF devido ao decréscimo do número de perfilhos por metro linear e da área foliar; aos 360 DAB o maior índice de área foliar ocorreu quando a cultura foi irrigada com 100% da ETc ($2,31 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$) e os valores de IAF quando a cultura foi irrigada com 75, 50 e 25%, não foram estatisticamente diferentes (sendo em média $1,77 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$), registrando-se o menor índice quando a cultura foi submetida ao regime de sequeiro ($1,36 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$).

Estudando os índices de crescimento da cana-de-açúcar variedade SP 79 1011, sob regime de irrigação e sequeiro, Farias et al. (2008) obtiveram, com irrigação, uma altura máxima de 152,80 cm aos 193,85 dias, e uma taxa de crescimento em altura, aos 280 dias após o plantio (DAP), de 0,5457 cm dia⁻¹; já para a cultura submetida ao regime de sequeiro, a altura máxima foi de 148,19 cm aos 236,20 dias, a taxa de crescimento em altura das plantas submetidas a esse manejo, até os 280 DAP, foi de 0,5292 cm dia⁻¹. Em relação ao acúmulo de fitomassa seca da parte aérea para a cana irrigada, o ponto de máxima foi obtido aos 220,77 dias, acumulando a planta 158,31 g nessa data, com taxa de acúmulo de fitomassa de 0,7169 g dia⁻¹; na cana sob regime de sequeiro, o máximo acúmulo de fitomassa ocorreu aos 217,45 dias (151,10 g), com taxa de acúmulo de 0,6974 g dia⁻¹.

Gonçalves (2006), trabalhando com a variedade SP 79 1011, quinta folha, sob diferentes lâminas de irrigação e dois níveis de adubação, obteve um número maior de colmos (78.583 colmos ha⁻¹) e maior comprimento do colmo (1,83 m) com uma lâmina mais precipitação efetiva de 1.249 mm e adubação de 180 kg ha⁻¹ (70 kg de nitrogênio e 110 kg de potássio); menor número de colmos (52.229 colmos ha⁻¹) e o menor comprimento do colmo (1,27 m) foram obtidos com o regime de sequeiro e sem adubação mineral; o maior diâmetro do colmo (22,85 mm) foi registrado com a cultura em regime de sequeiro e com adubação de 180 kg ha⁻¹, e o menor diâmetro (19,45 mm) com a lâmina mais a precipitação efetiva de 864 mm e na ausência da adubação mineral. Em relação ao peso médio do colmo na lâmina mais precipitação efetiva de 1.249 mm e 180 kg ha⁻¹ de adubo, obteve-se o maior valor (0,76 kg) e nas plantas que receberam o total de água de 864 mm e na adubação de 180 Kg ha⁻¹ foi obtido o menor peso dos colmos (0,54 kg).

Na região de Botucatu, SP, utilizando-se da variedade RB 72 454, Dalri et al. (2008) estudaram diferentes frequências de irrigação por gotejamento subsuperficial, sem observar diferenças significativas em produtividade, perfilhamento e produção de matéria seca da parte aérea em relação às diferentes frequências de irrigação; a produtividade aumentou 47,33%, 58,53% e 39,86%, em relação ao tratamento não irrigado nos tratamentos com alta, média e baixa frequência de irrigação, respectivamente.

Farias (2006) estudou os efeitos das lâminas de água de irrigação com a variedade SP 79 1011, na Destilaria Miriri em Santa Rita, PB, em termos de fração da ETc (sequeiro, 25% da ETc, 50% da ETc, 75% da ETc e 100% da ETc) e cinco níveis

de adubação com zinco: 0, 1, 2, 3 e 4 kg ha⁻¹ e obteve produtividades de 31,33, 52,54, 72,29, 72,37 e 88,10 t ha⁻¹, correspondendo aos tratamentos de sequeiro, 25%, 50%, 75% e 100% da ETc, respectivamente. Na avaliação da análise econômica desse mesmo experimento, o autor verificou prejuízo de R\$ 1,43 t⁻¹ sob regime de sequeiro; para 25% da ETc, o prejuízo foi de R\$ 9,64 t⁻¹, enquanto para 50 e 75% da ETc foi obtido um lucro bruto de R\$ 4,92 t⁻¹ e, para 100% da ETc, combinada com a aplicação de 2,39 kg ha⁻¹ de zinco, o lucro foi de R\$ 19,60 t⁻¹.

Frizzone et al. (2001) avaliaram a viabilidade econômica da irrigação suplementar da cana-de-açúcar na Região Norte do Estado de São Paulo e verificaram ser tal prática inviável na cana-soca, de meados até o final da safra (setembro a novembro); no período do início até meados da safra (maio a julho), os autores constataram viabilidade técnica e econômica da irrigação, considerando os benefícios diretos (aumento da produtividade agrícola e maior longevidade das soqueiras) e indiretos (redução de custos com arrendamento, preparo de solo e plantio, tratos culturais e transporte). Em experimento realizado na Usina Coruripe, no Litoral Sul do Estado de Alagoas, em cana colhida no mês de janeiro, Santos & Frizzone (2006) verificaram existir um grande potencial técnico e econômico para a irrigação, no início do ano (janeiro), considerando-se os mesmos benefícios diretos e indiretos citados por Frizzone et al. (2001); no experimento em Alagoas, os autores obtiveram uma produtividade da cana-soca de 62,67 e 81,92 t ha⁻¹ e evapotranspiração real 1.125,78 e 1.296,50 mm (janeiro a dezembro), sem e com irrigação, respectivamente.

A melhoria da qualidade da cana-de-açúcar pode ser obtida com o uso da irrigação. Com o objetivo de avaliar diferentes doses de N e K₂O em cobertura, com e sem irrigação, na Destilaria Miriri em Santa Rita, PB, Moura et al. (2005) testaram uma lâmina de 27,5 mm, no intervalo de 12 dias, calculada com base na evaporação diária do tanque Classe A; os autores se utilizaram dos coeficientes de tanque (Kp) (Doorenbos & Pruitt, 1997) e da cultura (Kc) (Doorenbos & Kassan, 1994), obtendo produtividades de 92,48 e 77,05 t ha⁻¹ e rendimento bruto de açúcar de 13,18 e 10,17 t ha⁻¹, com e sem irrigação, respectivamente. Em outro experimento realizado na mesma Destilaria, conduzido por Carvalho et al. (2009), com a variedade SP 79 1011, a maior produtividade (103,08 t ha⁻¹) foi obtida com uma lâmina total de 1.168 mm e com adubação de 216 kg ha⁻¹ (112 kg de N e 164 kg de K₂O), enquanto a menor (68,44 t ha⁻¹) foi registrada no tratamento de sequeiro (775 mm) e a mesma adubação de 216 Kg ha⁻¹; maior quantidade de açúcar (15,29 t ha⁻¹) foi encontrada com a mesma lâmina e

adubação da maior produtividade (1.168 mm e 216 kg ha⁻¹), enquanto a menor quantidade (9,68 t ha⁻¹) foi observada com o regime de sequeiro e uma adubação de 72 kg ha⁻¹ (28 kg de N e 44 kg de K₂O).

Farias (2006) trabalhou com diferentes lâminas de irrigação obtendo um acréscimo em açúcares totais recuperáveis (ATR); com o uso desta prática a diferença em ATR da cana-de-açúcar irrigada com 100% da ETc (147,47 kg de ATR t⁻¹ de cana) em relação à cana de sequeiro (112,27 kg de ATR t⁻¹ de cana) foi de 35,20 kg de ATR t⁻¹ de cana.

Rehman (1995), estudando a qualidade industrial da cana-de-açúcar na Índia, submetida a diferentes frações de esgotamento da água do solo (40%, 60% e 80%) e diferentes níveis de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha⁻¹), observou que os índices tecnológicos da cana-de-açúcar decresceram com a quantidade de 200 kg de N ha⁻¹ e com a mais baixa fração de esgotamento do solo; já no Estado do Texas, Wiedenfeld (2008) concluiu não haver influência na qualidade da cana-de-açúcar, variedade CP 72-1210, quando foi irrigada com água salina de 1,3 e 3,7 dS m⁻¹; o autor reporta que o resultado da pesquisa foi menor que o esperado e as precipitações de verão podem ter lixiviado os sais acumulados na zona radicular. Ocorreu redução de aproximadamente 17% na produtividade da cana-de-açúcar, quando irrigada com a água de 3,7 dS m⁻¹ (68,89 t ha⁻¹), em relação à produtividade obtida com uso de água menos salina (82,9 t ha⁻¹ com água de 1,3 dS m⁻¹).

3.4 Nitrogênio na cana-de-açúcar

O nitrogênio tem uma dinâmica complexa, pelas múltiplas transformações caracterizadas por sete estados de oxidação e devido à sua mobilidade no sistema solo-planta. Os fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo passam por uma série de transformações químicas e microbiológicas que podem resultar em perdas para os vegetais; considerando o custo dos adubos nitrogenados, é fundamental fazer sua aplicação de modo adequado, visando ao melhor aproveitamento pela cultura (Franco, 2008).

Os baixos teores de nitrogênio nos solos da região Nordeste resultam dos baixos conteúdos de matéria orgânica, exigindo, para sua correção, a aplicação de uma grande quantidade de adubos nitrogenados (Ramos, 2006). Para Orlando Filho (1993), o nitrogênio e o potássio são os nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cana-de-

açúcar; para se produzir 100 toneladas de colmo, a cana-de-açúcar extrai do solo, aproximadamente, 143 kg de N, dos quais 83 kg estão presentes nos colmos e 60 kg nas folhas; em relação ao potássio, essa extração é de 174 kg, dos quais 78 e 96 kg estão presentes no colmo e nas folhas, respectivamente.

Carneiro et al. (1995), com base em um experimento conduzido em casa de vegetação, com a variedade NA 56 79, verificaram que cerca de 50% do N contido no tolete são translocados para os tecidos novos, valores esses que podem representar 5-10% das necessidades de N da cultura.

Oliveira et al. (2007) afirmam que o N absorvido aumenta a atividade meristemática da parte aérea, resultando em maior perfilhamento e Índice de Área Foliar (IAF) da cana-de-açúcar e maior longevidade das folhas. Esse incremento no IAF eleva a eficiência do uso da radiação solar, medida como a taxa de fixação de gás carbônico ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), aumentando, portanto, o acúmulo de matéria seca.

Alguns fatores concorrem para a falta de resposta da cana-planta ao nitrogênio. Ao preparar o solo, o nitrogênio existente na matéria orgânica é mineralizado, isto é, sofre ataques de micro-organismos que quebram moléculas complexas, tornando os nutrientes mais disponíveis para as plantas. A cana-de-açúcar forma um sistema radicular extenso e profundo, que explora grande volume de solo. O reboio (semente) também fornece parte do nitrogênio. Por fim, sabe-se que a cana-de-açúcar forma associações com bactérias fixadoras de N do ar atmosférico (Trivelin, 2000), razão por que se recomendam baixas doses de N para a cana-planta (Dias & Rosseto, 2006).

Quando a área já foi cultivada, com cana-de-açúcar e tenha sido adotado o sistema de colheita sem queima da palhada, esta permanecerá sobre a superfície do solo, liberando nitrogênio com a mineralização da matéria orgânica, o que irá reduzir a quantidade do adubo nitrogenado na reforma do canavial (Basanta, 2004). Caso a uréia seja aplicada sobre a palhada, ocorrerão grandes perdas por volatilização da amônia se o adubo não for enterrado (Gava et al., 2001); quando não for possível enterrar a uréia, deve-se irrigar para sua incorporação ao solo ou adubar antes de uma chuva, o que é possível apenas em pequenas áreas (Oliveira et al., 2007).

Em sendo a colheita com despalha a fogo, quase nada de N fica nas cinzas e o nitrogênio contido nos colmos é levado para as indústrias. Observou-se, em alguns estudos, que o nitrogênio exportado do campo de cultivo é maior que o adicionado à cultura, sem se levar em conta o que é lixiviado ou volatilizado, o que levou os pesquisadores a suspeitar da existência de alguma contribuição biológica para fixação

de N nessa cultura (Boddey et al., 1992). Fixação biológica de nitrogênio também foi observada por Urquiaga et al. (1992) nas variedades CB 45 3 e SP 70 1143, mas por problemas metodológicos não lhes foi possível a quantificação exata.

Outra provável causa da baixa resposta da cana-planta à adubação nitrogenada é a sua lixiviação, sendo o parcelamento da adubação uma das formas de diminuir a lixiviação (Oliveira, 1999).

Ramos (2006) e Felipe (2008) trabalharam com cana-de-açúcar variedade SP 79 1011, na microrregião de Guarabira, PB e obtiveram produtividades de 68,6 e 64,5 t ha⁻¹, respectivamente, com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio, tendo como fonte o sulfato de amônio, parcelado 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura, aos 30-60 dias após o plantio.

Azevedo (2002) obteve em um experimento realizado na Destilaria Miriri, em Santa Rita, PB, com a variedade SP 79 1011, testando uma adubação de fundação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e diferentes níveis de N e K₂O, em cobertura, com diferentes lâminas de irrigação, produtividade de 48,2 t ha⁻¹, com 609 mm e 85 kg ha⁻¹ (44 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 41 kg ha⁻¹ de potássio) e a máxima produtividade de 103,2 t ha⁻¹ foi alcançada com a aplicação de 1.043 mm e 458 kg ha⁻¹ (236 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 222 kg ha⁻¹ de potássio).

Em outro experimento realizado na mesma Destilaria e com a mesma variedade, constando a adubação em fundação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, Figueiredo (2004) obteve produtividades de 64,55 e 91,04 t ha⁻¹, com adubação de cobertura de 44 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 41 kg ha⁻¹ de K₂O e com 157 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 146 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, sendo a adubação de cobertura realizada em três aplicações.

Dantas Neto et al. (2006) avaliaram a influência da adubação de cobertura (N e K₂O na proporção de 1:0,94) sobre os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar, observando aumento no rendimento bruto do açúcar de 9,00 para 12,58 t ha⁻¹; no rendimento de álcool, esses valores foram de 6,25 e 8,91 m³ ha⁻¹, com uma adubação de 85 e 305 kg ha⁻¹, respectivamente. Marcelo (2008) estudou a influência da adubação nitrogenada (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹), com duas fontes diferentes (uréia e nitrato de amônio), sobre alguns índices de qualidade da cana-de-açúcar, como, °brix, pol, pureza e ATR, da variedade SP79 1011, sem haver efeito da aplicação de uréia ou nitrato de amônio, nas doses estudadas, sobre o rendimento industrial da cultura, na fase de soqueira. Franco (2008) também não verificou efeitos da adubação nitrogenada sobre os índices tecnológicos da cana-de-açúcar.

Em um experimento realizado na Venezuela, Zerega et al. (1997) estudaram os efeitos de duas fontes de N (uréia e nitrato de amônia) na variedade B 7549 e concluíram que apenas o fósforo e o potássio foram deficitários e os demais nutrientes se encontraram em níveis adequados. Para os componentes de produção, os autores obtiveram uma produtividade de 121 e 116 t ha⁻¹ e uma pol de 15,28 e 15,38%, para a fonte de uréia e nitrato de amônio, respectivamente, resultados que não foram diferentes estatisticamente.

Vitti et al. (2007) conduziram um experimento no município de Pirassununga, SP, em terras pertencentes à Usina São Luiz, em Neossolo Quartzarênico, com a variedade SP 81 3250, onde foram testadas diferentes fontes nitrogenadas (nitrato de amônio, sulfato de amônio, uréia e uran), sendo aplicadas em faixas (em torno de 15cm) e em área total; na aplicação em faixa a maior produtividade foi obtida com o sulfato de amônio valor este de 72,8 t ha⁻¹, já na aplicação em área total as maiores produtividades de 76,0 e 65,6 foram verificadas com o sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente; as menores produtividades foram encontradas com as fontes amídicas (uréia e uran). Os autores afirmam que a aplicação desses fertilizantes nitrogenados (nitrato de amônio, sulfato de amônio, uréia e uran) na superfície do solo e sobre os restos culturais da cana-de-açúcar, associada a temperatura elevada, baixa precipitação e concentração do fertilizantes (aplicação em faixa), contribui para o aumento da perda de N-NH₃ por volatilização.

Malavolta et al. (1997) reportam que as faixas de teores adequados de N, P, K, Ca, Mg e S na cana-de-açúcar em fase de cana-planta, variam entre 1,90-2,10, 0,20-0,24, 1,10-1,30, 0,80-0,10, 0,20-0,30 e 0,25-0,30%, respectivamente. Silva (2007) trabalhou com cana-de-açúcar, 'RB92579', em fase de cana-planta, verificando remoção de 1,33 kg de N, 0,20 kg de P, 1,94 kg de K, 0,30 kg de Ca, 0,26 kg de Mg e 0,22 kg de S para cada tonelada de cana.

De acordo com Shigaki et al. (2007), em cana-de-açúcar as concentrações mais altas de N se encontram nos tecidos meristemáticos. Na cana em crescimento, as folhas +3, +4, +5 e +6 contêm as mais elevadas concentrações de N, indicando uma estreita relação entre o N e o desenvolvimento da planta. Em boas condições de desenvolvimento a concentração de N decresce até a base do colmo, pois à medida em que as seções mais baixas do colmo amadurecem, o N migra para os tecidos jovens, para sua reutilização.

Franco et al. (2007) verificaram efeito significativo da adubação nitrogenada na concentração de N na parte aérea, quando se aplicaram 0, 900, 1800 e 2700 mg de N por vaso na forma de uréia, na variedade SP 80 1842; esses valores da concentração de N na parte aérea foram de 4,868, 5,093, 5,683, 6,649 mg/planta.

Prado & Pancelli (2008) estudaram o estado nutricional da cana-de-açúcar SP 79 1011, na região de Jaboticabal, SP, consistindo os tratamentos de cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N), sendo a adubação com potássio (130 kg ha⁻¹ de K₂O) e fósforo (30 kg ha⁻¹ de P₂O₅) igual em todos os tratamentos. Na primeira soca o teor de nitrogênio na folha +3, aos 4 meses após a brotação, foi de 17,10, 17,60, 17,20, 17,80 e 18,20 g kg⁻¹, enquanto na segunda soqueira esses valores foram de 15,20, 15,60, 16,20, 16,60 e 17,80 g kg⁻¹, nas doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹, respectivamente; nesta mesma pesquisa os teores foliares de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e dos micronutrientes, não foram influenciados pela adubação nitrogenada.

Em dois experimentos realizados por Franco (2008), no Estado de São Paulo, nas Usinas São Luiz e Santa Adélia, com a variedade SP 81 3250, foram avaliados os teores de nutrientes na folha +1, em função da adubação nitrogenada (0, 40, 80 e 120 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia); na Usina São Luiz ocorreu diminuição de N na folha +1 sempre que se aumentou a quantidade do adubo nitrogenado mas, como ocorreu maior produtividade pode ter ocorrido, também, efeito de diluição; já na Usina Santa Adélia houve incremento significativo na concentração de N na folha-diagnóstico com as doses de N no plantio, porém não houve efeito de N na produção de massa seca da cultura resultando em concentração de N pelas plantas, o que pode caracterizar um consumo de luxo pela cultura ou mesmo a limitação de seu desenvolvimento por outro fator. O mesmo autor afirma que a análise da folha diagnóstico é realizada para avaliar se as plantas estão bem nutridas ou deficientes em alguns elementos, não sendo possível fazer uma estimativa da extração e acúmulo de nutrientes pela cultura; da mesma forma, a diluição ou concentração do nutriente na folha +1 não deve ser entendida como maior ou menor absorção do elemento e sim, se ele está sendo absorvido em quantidades adequadas e balanceadas com os demais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização, clima e solo

O experimento foi realizado na Fazenda Capim II (latitude 6°54'59,88" S, longitude 35°09'17,86" O e altitude de 121m), pertencente à Destilaria Miriri S.A, no município de Capim, PB. O solo da área experimental foi classificado, por Brasil (1972) como Podzólico vermelho-amarelo, enquadrando-se na nova classificação proposta pela EMBRAPA (2006) como um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. Na Figura 1 se apresenta o croqui do experimento, com destaques para os setores de irrigação e parcelamentos da adubação nitrogenada.

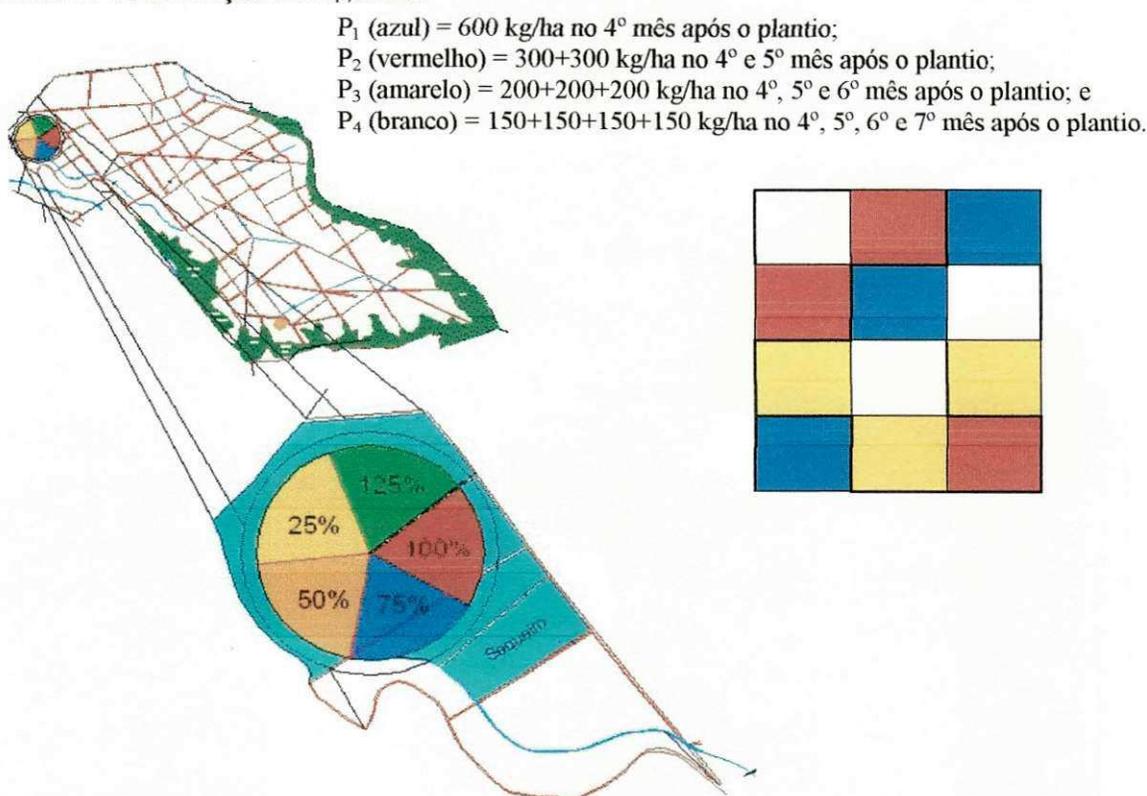


Figura 1. Croqui da área do experimento com destaque para os setores de irrigação e parcelamentos da adubação nitrogenada. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

O solo da área experimental possui textura média, franco-argilo-arenosa (FAA), com capacidade de armazenar, em média, 61 mm de água (Tabela 1). A análise química do solo é apresentada na Tabela 2. As amostras foram analisadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), seguindo-se a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). A variação da velocidade do vento na

Fazenda Capim II, onde foi realizada a pesquisa, se encontra na Figura 2A. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As', quente e úmido, com precipitações de outono a inverno, sendo a precipitação pluvial média anual para a safra 2009/2010 foi de 1.502,03 mm, verificando-se a ocorrência de seis meses mais secos (Figura 2B). Na Figura 3 encontram-se a variação do saldo de radiação, ao longo do tempo de realização do experimento e a temperatura média anual, registrada na área experimental, é de 28°C (Figura 4).

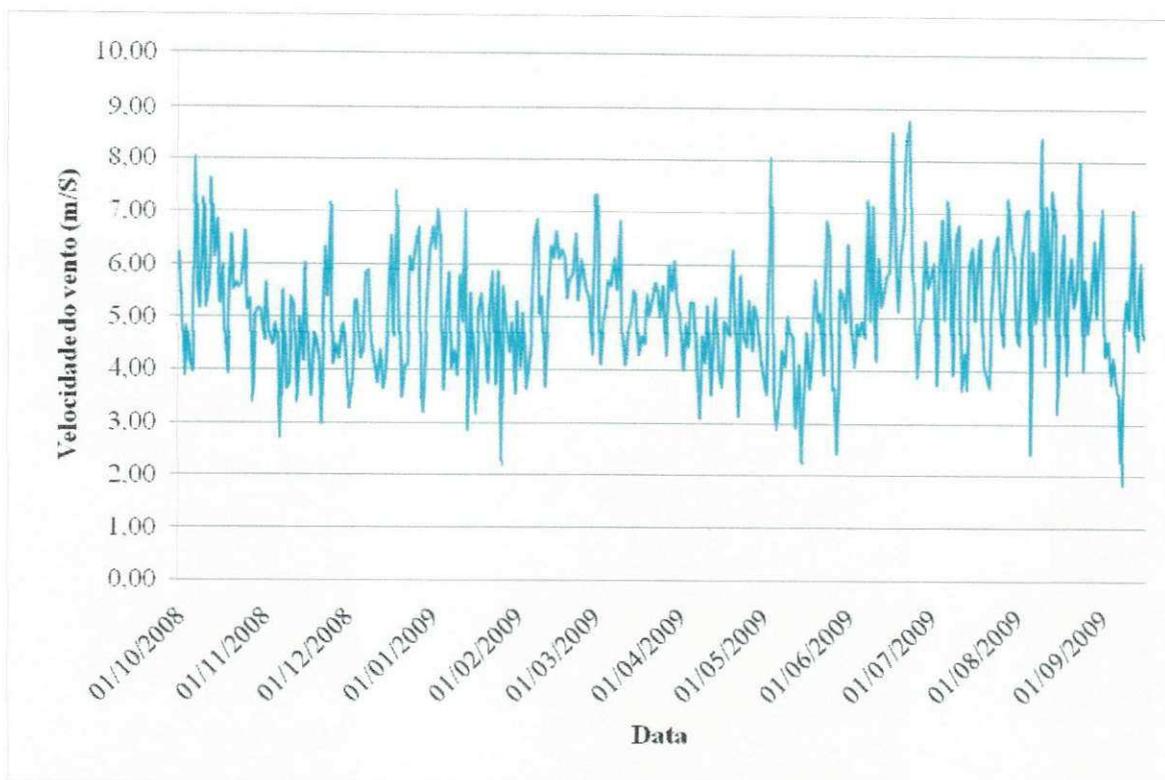
Tabela 1. Análise físico-hídrica do solo da área experimental, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Características físicas do solo	Profundidade (cm)		
	0-20	21-50	51-100
Granulometria (g.kg ⁻¹)			
Areia	730,0	688,6	556,4
Silte	37,5	37,7	98,6
Argila	232,5	273,7	335,0
Classificação textural	FAA*	FAA*	FAA*
Densidade (g/cm ³)			
Aparente	1,40	1,40	1,33
Real	2,71	2,67	2,66
Porosidade total (%)	48,33	47,56	50,00
Capacidade de campo (%) (-0,33 atm)	6,37	9,37	14,84
Ponto de murcha permanente (%) (-15 atm)	3,88	5,69	9,11
Água disponível (%)	2,49	3,68	5,73

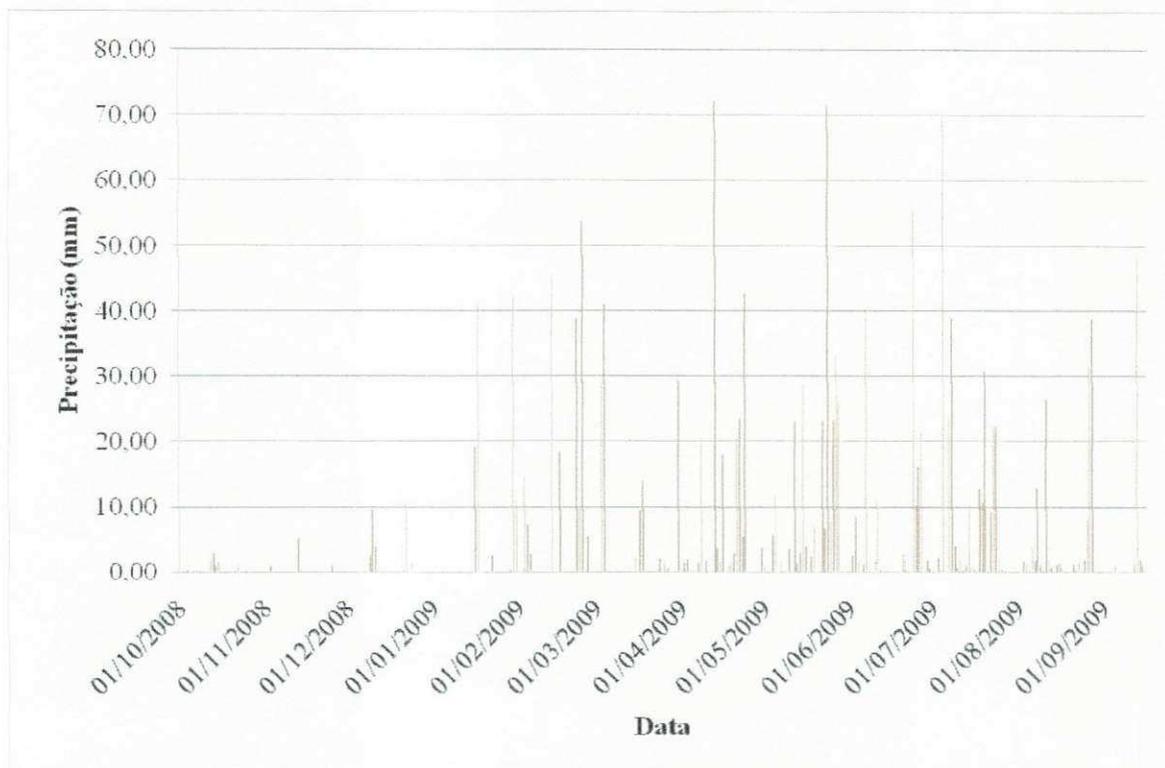
*FAA – franco-argilo-arenosa

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental. Fazenda Capim II, Capim , PB, 2009

Características químicas do solo	Profundidade (cm)		
	0-23	23-57	57-100
Cálcio (meq/100g de solo)	1,34	1,10	0,97
Magnésio (meq/100g de solo)	1,15	0,01	1,29
Sódio (meq/100g de solo)	0,001	0,001	0,01
Potássio (meq/100g de solo)	0,05	0,03	0,03
Soma de bases (meq/100g de solo)	2,54	2,04	2,30
Hidrogênio (meq/100g de solo)	0,82	1,07	1,58
Alumínio (meq/100g de solo)	0,20	0,20	0,40
CTC (meq/100g de solo)	3,56	3,31	4,28
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência	Ausência	Ausência
Carbono Orgânico (g.kg ⁻¹)	2,40	1,40	2,30
Matéria Orgânica (g.kg ⁻¹)	4,10	2,40	4,00
Nitrogênio (%)	0,04	0,01	0,02
Fósforo Assimilável (mg/100g)	1,18	0,64	0,17
pH H ₂ O (1:2,5)	5,7	5,33	4,73



(A)



(B)

Figura 2. (A) velocidade do vento e (B) precipitação pluvial na área experimental. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

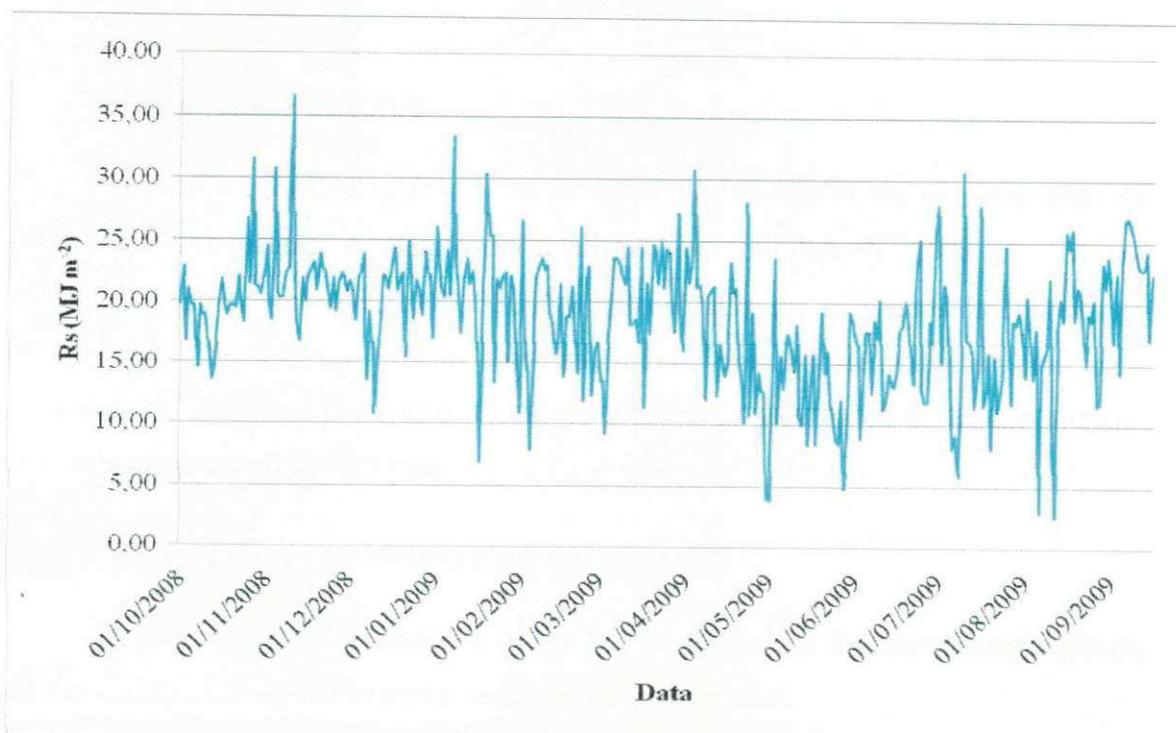
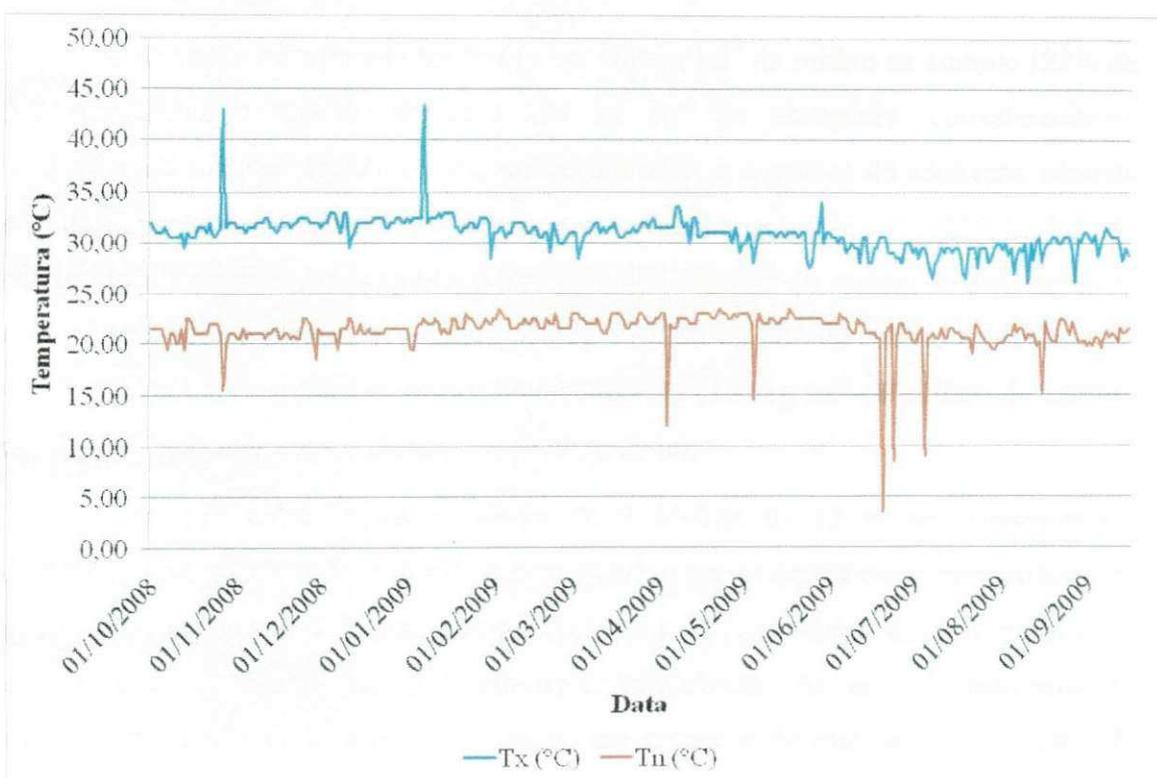


Figura 3. Radiação solar líquida na área experimental, durante a realização do trabalho. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009



Tx: temperatura máxima e Tn: temperatura mínima

Figura 4. Temperatura do ar registrada na área experimental durante a realização de pesquisa. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

4.2 Variedade e plantio

A pesquisa foi desenvolvida com a variedade RB 92579, no primeiro ciclo de produção (cana-planta), o plantio foi realizado em outubro de 2008 e a última amostragem em setembro de 2009, 330 dias após plantio, um mês antes da colheita. O espaçamento utilizado foi 1,00 m entre as fileiras, prevendo-se trabalhar com uma densidade de 16 gemas por metro linear. No preparo da área foram utilizadas, apenas, uma subsolagem e uma gradagem.

4.3 Tratamentos e delineamento experimental

Estudaram-se, nesta pesquisa, os fatores 'R - reposição da evapotranspiração da cultura (ETc)' e 'P - parcelamento da adubação nitrogenada'.

Reposição da ETc: R₀ (0% da ETc), R₁ (25% da ETc), R₂ (50% da ETc), R₃ (75% da ETc), R₄ (100% da ETc) e R₅ (125% da ETc).

A adubação nitrogenada foi fixada em 600 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (22% de N), equivalente a aproximadamente 130 kg ha⁻¹ de nitrogênio, considerando-se resultados de análises de solo previamente realizadas, e a prática de adubação adotada na Destilaria Miriri, estudando-se os seguintes parcelamentos (P): P₁ (600 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio no 4º mês após o plantio), P₂ (300 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio no 4º e no 5º mês após o plantio, respectivamente), P₃ (200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio no 4º, 5º e 6º mês após o plantio, respectivamente) e P₄ (150 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio no 4º, 5º, 6º e 7º mês após o plantio, respectivamente).

A parcela experimental consistiu de 9 fileiras de 12 m de comprimento, espaçadas 1 m, totalizando 108 m². A área útil da parcela considerada para coleta dos dados, foi composta de 7 fileiras centrais com 10 m lineares (deixando-se 1 m em cada extremidade da fileira, como bordadura), totalizando 70 m². O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial de 6 x 4, com três repetições, em uma análise conjunta de experimentos. A área total do pivô foi de 27 ha, subdividida em cinco setores de irrigação, cada um com doze parcelas de parcelamento da adubação nitrogenada, fruto da combinação de quatro parcelamentos com três repetições. O experimento contou com uma área vizinha, fora do raio de alcance do pivô, para a implantação do tratamento de sequeiro (sem irrigação).

Em todos os setores de irrigação as parcelas com os tratamentos de adubação foram instaladas na quarta torre do pivô central para que se tivesse uma uniformidade melhor nas lâminas de irrigação.

4.4 Irrigação da cana-de-açúcar

4.4.1 Qualidade da água de irrigação

Realizou-se a caracterização química da água de irrigação no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Na Tabela 3 estão expressos os resultados da análise da qualidade de água, de acordo com Richards (1954); numa avaliação qualitativa a água foi classificada como C₁, de baixa salinidade, podendo ser usada, em geral, para irrigação das culturas; caso se torne necessária alguma lixiviação de sais, ela deve ser conseguida em condições normais de irrigação, exceto em solos de muito baixa permeabilidade.

Tabela 3. Análise química da água de irrigação utilizada na área experimental, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Determinações	Características químicas da água	Valor
pH		6,20
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)		110
Cálcio (meq L^{-1})		0,22
Magnésio (meq L^{-1})		0,43
Sódio (meq L^{-1})		0,55
Potássio (meq L^{-1})		0,07
Cloretos (meq L^{-1})		0,65
Sulfatos (meq L^{-1})		Ausência
Bicarbonatos (meq L^{-1})		0,23
Carbonatos (meq L^{-1})		0,00
Relação de adsorção de sódio – RAS (mmol L^{-1}) ^{1/2}		0,96
Classe da água		C ₁

4.4.2 Características do equipamento

O sistema de irrigação se deu por aspersão, tipo pivô central da marca Valley[®], variando-se as velocidades do equipamento por setor para se aplicar as lâminas correspondentes aos tratamentos de irrigação. O comprimento do centro do pivô até a última torre é de 257,4 m, com um raio irrigado de 290 m, em velocidade máxima, da última torre, de 127 m h⁻¹ quando o percentímetro estiver regulado em 100%. O conjunto eletrobomba é formado por um motor WEG[®] de 75 CV e uma bomba KSB[®]

com vazão de $172,8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Na Figura 5 encontra-se uma foto de parte do pivô central, na área do experimento.



Figura 5. Foto do pivô central na área experimental, aos 120 dias após plantio, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

4.4.3 Avaliação do sistema de irrigação

Um teste de precipitação foi realizado antes da instalação da pesquisa, para se determinar a eficiência em potencial de irrigação e o cálculo do Coeficiente de Uniformidade de Chistianssen (CUC).

O tempo de giro (T_g) do pivô, quando o relé percentímetro estava regulado em 100%, foi calculado pela seguinte equação (Bernardo et al., 2008):

$$T_g = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{V} \quad \text{(Equação 1)}$$

onde: r é o raio do pivô até a última torre em metros e V é a velocidade do pivô (última torre) em m h^{-1} .

A determinação da lâmina bruta (L_b) aplicada pelo equipamento quando regulado em 100%, foi calculada pela equação a seguir (Bernardo et al., 2008):

$$Lb = \frac{Q \cdot Tg}{10 \cdot A} \quad (\text{Equação 2})$$

em que: Q é a vazão em $m^3 h^{-1}$, A a área irrigada (ha) e Tg tempo de giro em horas.

A determinação da uniformidade de distribuição foi fundamental para se avaliar a eficiência na distribuição de água, ao longo da linha lateral do pivô, o que possibilitou a melhor localização dos blocos e das parcelas de adubação. O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) foi calculado pela equação 3, segundo Frizzone e Dourados Neto (2003):

$$CUC = 100 \cdot \left[1 - \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot i}{\sum_{i=1}^n i}}{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot i} \right] \quad (\text{Equação 3})$$

onde: CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansen; i é o i -ésimo coletor e Y_i , a lâmina coletada em mm no i -ésimo coletor.

Para se ter uma aplicação correta da lâmina de irrigação no momento dos eventos equivalentes aos tratamentos de irrigação, foi fundamental o cálculo da eficiência potencial de aplicação do pivô central. O procedimento de cálculo se baseou na equação 4 (Bernardo et al., 2008):

$$Epa = \frac{L_{R(100\%)}}{L_{B(100\%)}} \quad (\text{Equação 4})$$

onde: L_R é a lâmina real (mm) e L_B é a lâmina bruta (mm).

4.4.4 Balanço hídrico e manejo de irrigação

As lâminas de irrigação foram determinadas a partir da evapotranspiração (ET_o), para a estimativa da ET_c. A determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) foi feita diariamente, utilizando-se do modelo de Penman & Monteith (Allen et al., 1998), expresso na equação 5, sendo esta a mais apropriada para a região (Mendonça, 2008):

$$ET = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (\text{Equação 5})$$

em que: R_n o saldo de radiação total diário ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); G a densidade de fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); T_{med} a temperatura média diária do ar a 2m de altura ($^{\circ}\text{C}$); U_2 a velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s^{-1}); e_s a pressão de saturação do vapor média diária (kPa); e_a a pressão parcial de vapor média diária (kPa); Δ a declividade da curva de pressão de saturação de vapor e γ a constante psicrométrica igual a $0,0633 \text{ kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

A primeira irrigação foi feita com um único nível em todos os setores, de modo que se tivessem todos os tratamentos na capacidade de campo no início da pesquisa. Somente a partir daí se iniciou a aplicação dos tratamentos de lâmina de água, com um turno de irrigação a cada sete dias. Para o balanço hídrico a umidade do solo foi sempre estimada abatendo-se as chuvas efetivas (74% da precipitação) da evapotranspiração da cultura (ETc) acumulada no turno de irrigação, levando-se em consideração a quantidade atual da água no solo, no momento da irrigação; já a evapotranspiração da cultura foi calculada da seguinte maneira: $ETc = ET_o \cdot Kc$. Foram utilizados valores de coeficiente de cultura (Kc), recomendados por Doorenbos & Kassam (1994), para os diferentes estádios de desenvolvimento, visando-se determinar a evapotranspiração da cultura em cada um deles (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de cultura (Kc) para a cultura da cana-de-açúcar em diferentes estádios de desenvolvimento

Cobertura Vegetal (%)	Duração do período (dias)	Kc
0 a 0,25	0 – 30	0,40
	30 – 45	0,50
	45 – 60	0,60
0,25 a 0,50	60 – 80	0,75
	80 – 100	0,85
0,50 a 0,75	100 – 125	0,95
0,75 a 100	125 – 180	1,10
Máxima demanda	180 – 270	1,20
	270 – 300	1,30
Início da senescência	300 – 330	1,00
Maturação	330 – 360	0,60

Fonte: Doorenbos & Kassam (1994)

Na Tabela 5 estão expostas as lâminas de irrigação aplicadas ao longo do ano de cultivo e as respectivas precipitações efetivas. A precipitação efetiva para os tratamentos foi diferente e aumentou conforme a lâmina testada; em virtude de grande

parte das chuvas não ser efetiva para a lâmina de 125% da ETc; assim, se choveu ao término de um evento de irrigação a chuva não poderia ser computada como totalmente efetiva para essa lâmina; no entanto, parte dela foi efetiva para a lâmina de 100% da ETc e uma parte, maior ainda, para a cana-de-açúcar sob tratamentos com 75%, 50% e 25% da ETc; posto isto, o tratamento que recebeu a maior lâmina efetiva foi o de sequeiro. No gráfico exposto na Figura 6 observa-se a o balanço hídrico (mm), ao longo do tempo, para as cinco lâminas estudadas de água.

Tabela 5. Lâmina de água de irrigação, precipitação total*, precipitação efetiva e lâmina total aplicada à cultura. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Tratamento	Precipitação aproveitável	Lâmina de irrigação	Água total
-----mm-----			
Sequeiro	943,50	0	943,50
25% da ETc	925,60	128,00	1.053,60
50% da ETc	876,42	191,05	1.067,47
75% da ETc	705,86	379,31	1.085,17
100% da ETc	567,24	680,08	1.247,32
125% da ETc	394,67	913,95	1.308,62

* Precipitação total ocorrida no período experimental: 1.502,03 mm

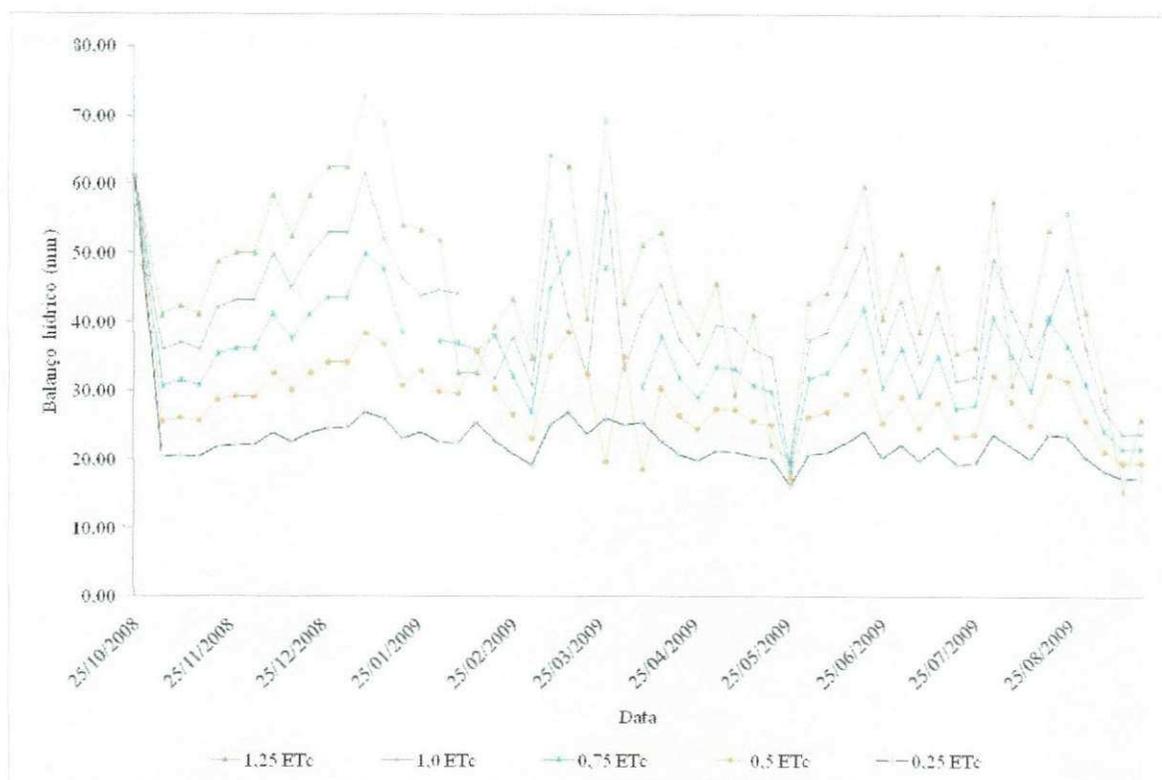


Figura 6. Balanço hídrico (mm) para as cinco lâminas de irrigação estudadas no experimento. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

4.5 Tratos culturais

Ao longo da condução da pesquisa, safra 2009/2010, foram realizados os tratos culturais. A adubação de fundação consistiu de 180 kg ha⁻¹ de superfosfato simples. Por ocasião do plantio também foi realizada a aplicação de micronutrientes (675 g/ha de ácido bórico, 540 g/ha sulfato de cobalto e 675 g/ha de molibdato de sódio). Para a correção da acidez do solo foram aplicadas 2,0 t ha⁻¹ de calcário e 1,0 t ha⁻¹ de gesso. Aplicaram-se, também, como cupinicida, 200g ha⁻¹ de Regente WG. O potássio foi fornecido à cultura na forma orgânica, por meio de irrigação com vinhaça, cuja qualidade já fora determinada por Farias (2009) e consta na Tabela 6, a seguir.

Tabela 6. Análise química da vinhaça utilizada na área experimental. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Características	Valor
Nitrogênio total (kg m^{-3})	0,190
Fósforo total (kg m^{-3})	0,038
Potássio (kg m^{-3})	0,518
Cálcio (kg m^{-3})	0,325
Magnésio (kg m^{-3})	0,110
Cobre (ppm)	2,000
Zinco (ppm)	11,00
Manganês (ppm)	115,0
Ferro (ppm)	855,0
DBO (ppm)	9.880,0
DQO (ppm)	3.290,0
MOT (kg m^{-3})	18,960
COT (kg m^{-3})	5,740
pH	4,880

DBO: Demanda bioquímica de oxigênio; DQO: Demanda química de oxigênio; MOT: Matéria orgânica total e COT: Carbono orgânico total

4.6 Variáveis analisadas

Com o objetivo de se avaliar o efeito dos tratamentos sobre as variáveis de crescimento, dados foram coletados, mensalmente, a partir dos 60 a 330 dias após plantio (DAP). Em cada época foram colhidas três plantas por parcela representativas da média do tratamento, para a avaliação de: altura média de plantas, perfilhamento, fitomassa de folhas, colmos e total, área foliar média e índice de área foliar.

4.6.1 Altura de plantas

Em todas as avaliações foi determinada a altura de plantas (espaço entre o corte, na base, e o último internódio, no ápice da planta) (Farias, 2006).

4.6.2 Área foliar e índice de área foliar

Na determinação da Área Foliar (AF), foram utilizados perfuradores (vazadores com diâmetro de 20 e 13 mm) relacionando-se, através de método gravimétrico, a área dos círculos e seus respectivos pesos de fitomassa seca, com o peso da fitomassa seca do restante da folha; obteve-se, assim, a área foliar de cada folha fotossinteticamente ativa (Farias, 2006).

O Índice de Área Foliar (IAF) foi obtido relacionando-se a área foliar produzida em uma unidade de área do terreno ($\text{cm}^2 \text{ cm}^{-2}$).

4.6.3 Fitomassa da parte aérea

Após coleta as plantas foram levadas ao laboratório, onde foram separados os colmos e as folhas, com acondicionamento posterior em sacos de papel para secagem em estufa a 65°C, visando-se à determinação da matéria seca de cada amostra. O peso da fitomassa total da planta foi calculado pela soma dos pesos de cada parte.

4.6.4 Perfilhamento

Em todas as avaliações foi contado o número de perfilhos em cinco metros lineares de cada parcela.

4.7 Análises estatísticas

Cada setor de irrigação foi considerado um experimento, submetendo-se os dados dos parcelamentos à análise de variância pelo Teste F; em seguida, se examinou a homogeneidade dos quadrados médios dos resíduos para se analisar os dados, de forma conjunta (análise conjunta de experimentos), constatando-se significância, realizaram-se análises de regressão polinomial para o fator quantitativo, decompondo-se os graus de liberdade em componentes de regressão; para o fator qualitativo realizou-se o teste de comparação de médias, teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se dos softwares SAEG 9.0 (Ribeiro Júnior, 2000), SISVAR (Ferreira, 2000) e o Table Curve 2D. As análises estatísticas se iniciaram no quarto mês após o plantio (120 dias após plantio), devido ao início da aplicação da adubação nitrogenada, e se estenderam até 330 dias após plantio; entretanto, para a construção da curva de análise de crescimento em função do tempo se consideraram os dados coletados dos 60 aos 330 dias após plantio. Aos 90 dias após o plantio, realizou-se análise de regressão, contendo apenas o fator reposição da evapotranspiração, para as seguintes variáveis: perfilhamento, altura de plantas, área foliar, índice de área foliar e fitomassa na folha; nesta época de avaliação não havia a formação de colmo pela cultura. Para se estimar a altura de plantas, a fitomassa do colmo e total em função do tempo, utilizou-se da função logística: $y = y_{\text{máx}} / (1 + (\text{DAP}/b)^c)$, em que: $y_{\text{máx}}$ é o parâmetro que indica o crescimento máximo da cultura; DAP= dias após plantio; b e c = são constantes estimadas segundo Zullo & Arruda (1987).

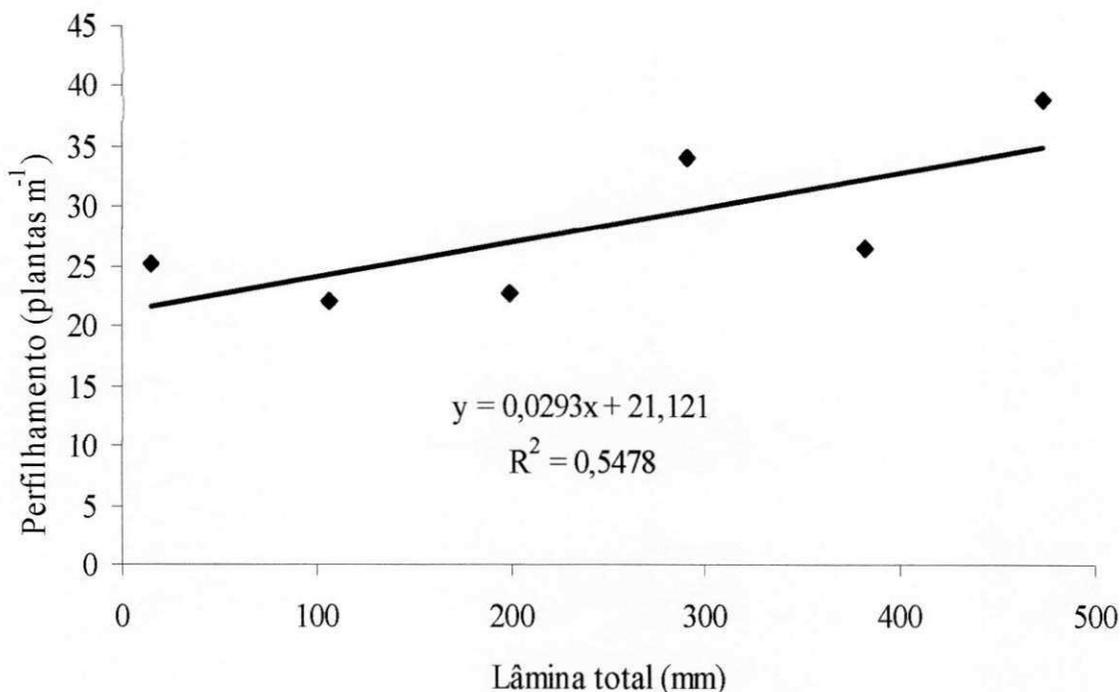


Figura 7. Análise de regressão para o número de perfilhos da cana-de-açúcar aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Na Tabela 7 está o resumo da ANOVA para os modelos de regressão que melhor representam o perfilhamento ao longo do tempo, para a variedade RB 92 579 na safra 2009/2010. Observa-se efeito altamente significativo ($p < 0,01$) para o número de perfilhos em relação ao fator lâmina de água de irrigação, aos 150 dias após plantio, sem efeito nas demais épocas de avaliação. Da mesma forma, o perfilhamento não foi afetado, significativamente pelo parcelamento da adubação nitrogenada nem pelo efeito interativo entre os fatores. Nesta tabela se apresentam os modelos que melhor descrevem o perfilhamento da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579), para cada nível de irrigação, ao longo do tempo, podendo ser observados, também, na Figura 8. No estudo do "Linear Response Plateau", apenas com a lâmina de água de irrigação com 125% da ET_c , é que o estudo de regressão foi significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F; para os demais tratamentos, não se obteve significância, mas as equações foram utilizadas como auxílio para se determinar o encontro das retas e a época em que ocorreu estabilização no número de perfilhos.

Aos 120 dias após plantio observaram-se diferenças entre as médias para o perfilhamento da cana-de-açúcar, porém, são estatisticamente iguais (Tabela 7). A cana-de-açúcar, cultivada sob regime de sequeiro, não foi prejudicada em seu perfilhamento devido, provavelmente, à grande pluviosidade ocorrida na região (Figura 2B).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para o número de perfilhos (plantas m⁻¹) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após plantio - DAP)							
	120	150	180	210	240	270	300	330
Lâmina (L)	77,22 ^{ns}	104,95 ^{**}	9,10 ^{ns}	3,57 ^{ns}	4,58 ^{ns}	3,05 ^{ns}	3,05 ^{ns}	3,05 ^{ns}
Parcelamento (P)	18,01 ^{ns}	12,97 ^{ns}	6,15 ^{ns}	7,09 ^{ns}	7,80 ^{ns}	5,16 ^{ns}	5,16 ^{ns}	5,16 ^{ns}
Bloco/Lâmina	27,57	9,12	4,29	4,34	7,10	5,04	5,04	5,04
L x P	35,54 ^{ns}	11,47 ^{ns}	6,43 ^{ns}	4,84 ^{ns}	2,98 ^{ns}	2,86 ^{ns}	2,86 ^{ns}	2,86 ^{ns}
Resíduo	41,03	8,30	7,72	6,28	5,65	4,52	4,52	4,52
C.V. (%)	24,72	15,83	20,74	21,51	19,53	17,70	17,70	17,70
Médias para lâminas de água de irrigação								
Sequeiro	27,99	23,66	14,23	11,81	13,23	12,56	12,56	12,56
25% da ETc	22,90	18,45	12,21	10,65	11,32	11,10	11,10	11,10
50% da ETc	24,06	17,65	13,03	11,52	12,25	12,12	12,12	12,12
75% da ETc	28,49	15,60	13,15	11,88	12,01	11,86	11,86	11,86
100% da ETc	23,92	15,60	13,15	11,83	12,00	12,25	12,25	12,25
125% da ETc	28,10	18,28	14,60	12,25	12,25	12,21	12,21	12,21
Médias para parcelamento da adubação nitrogenada								
P ₁	27,09a	19,14a	13,82a	12,22a	12,70a	12,54a	12,54a	12,54a
P ₂	24,98a	17,43a	12,85a	10,85a	11,53a	11,62a	11,62a	11,62a
P ₃	26,38a	18,71a	13,97a	12,08a	12,79a	12,41a	12,41a	12,41a
P ₄	25,19a	17,55a	12,93a	11,47a	11,68a	11,50a	11,50a	11,50a
d.m.s. (5%)	5,75	2,58	2,49	2,25	2,13	1,91	1,91	1,91
Estudo de regressão (Linear Response Plateau)								
	Modelo					QMDR	F	Prob F
Sequeiro	y = -0,1239 ^{ns} DAP + 39,4960; R ² = 0,64; Plateau (12,54 perfilhos, 217,47 dias)					69,11	3,67	0,1955
25% da ETc	y = -0,0610 ^{ns} DAP + 28,4767; R ² = 0,59; Plateau (11,24 perfilhos, 282,45 dias)					6,69	1,45	0,4409
50% da ETc	y = -0,0843 ^{ns} DAP + 31,5933; R ² = 0,56; Plateau (12,19 perfilhos, 230,03 dias)					12,80	1,28	0,4614
75% da ETc	y = -0,3080 ^{ns} DAP + 63,0167; R ² = 0,95; Plateau (12,10 perfilhos, 165,30 dias)					170,75	19,23	0,1427
100% da ETc	y = -0,183333 ^{ns} DAP + 44,04; R ² = 0,91; Plateau (12,28 perfilhos, 173,19 dias)					60,50	11,41	0,1832
125% da ETc	y = -0,345167 ^{**} DAP + 69,88; R ² = 0,99; Plateau (12,62 perfilhos, 165,88 dias)					214,45	1167,08	0,0186

^{ns} não significativo; * e ** Significativos a 5 e 1%, respectivamente; C.V. (%) – coeficiente de variação; QMDR – quadrado médio devido à regressão; F – valor de F calculado; Prob. F – significância do modelo; Sequeiro – lâmina de irrigação 0mm; 25% da ETc – lâmina de irrigação 128mm; 50% da ETc – lâmina de irrigação 191,05mm; 75% da ETc – lâmina de irrigação 379,31mm; 100% da ETc – lâmina de irrigação 680,08mm; 125% da ETc – lâmina de irrigação 913,95mm. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade; d.m.s.: desvio médio significativo

Observa-se, na Figura 8, o perfilhamento da cana-de-açúcar ao longo do tempo, em função dos tratamentos de irrigação. A cana-de-açúcar teve seu “stand” reduzido, independente da lâmina de água de irrigação, de forma decrescente, até em torno dos 160 - 170 dias após plantio para os tratamentos que receberam 75, 100 e 125% da ETc. Na cana sob regime de sequeiro e na que foi irrigada com 50% da ETc, o “stand” se estabilizou em torno de 210 a 230 dias após plantio; no tratamento que recebeu 25% da ETc, a estabilização ocorreu, aproximadamente, aos 280 dias após o plantio. De forma geral, a população de plantas m^{-1} se encontrava, ao final do primeiro ano de cultivo, em 11 ou 12 plantas por metro. Com a mesma variedade utilizada nesta pesquisa, Silva (2007) encontrou um número médio de 9,7 plantas m^{-1} sob condições de sequeiro, contrastando com 12,02 plantas m^{-1} (Figura 9), valor registrado no presente trabalho. Dalri et al. (2008), trabalhando com a variedade RB 72 454, observaram não haver diferença significativa no perfilhamento em função de diferentes frequências de irrigação, com uma população em torno de 27 plantas m^{-1} , enquanto na cultura sob regime de sequeiro essa população foi reduzida para 22,63 plantas m^{-1} , comparando-se com os dados desta pesquisa, os dados obtidos por Dalri et al. (2008) são superiores, pois na cana irrigada com 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETc e em regime de sequeiro, ao final do primeiro ano de cultivo a população de plantas foi em torno de 12,02 plantas m^{-1} (Figura 9); tais diferenças podem ser decorrente do uso de variedades diferentes, pois, neste trabalho, a variedade utilizada foi a ‘RB 92 579’. Para Silva et al. (2008), o número de perfilhos por metro também foi prejudicado quando a cultura foi submetida ao regime de sequeiro, com 10,92 plantas m^{-1} , enquanto no cultivo irrigado os autores registraram 12,99 plantas m^{-1} , esses valores aproximados aos encontrados nesta pesquisa, sendo de 12,02 plantas m^{-1} (Figura 9).

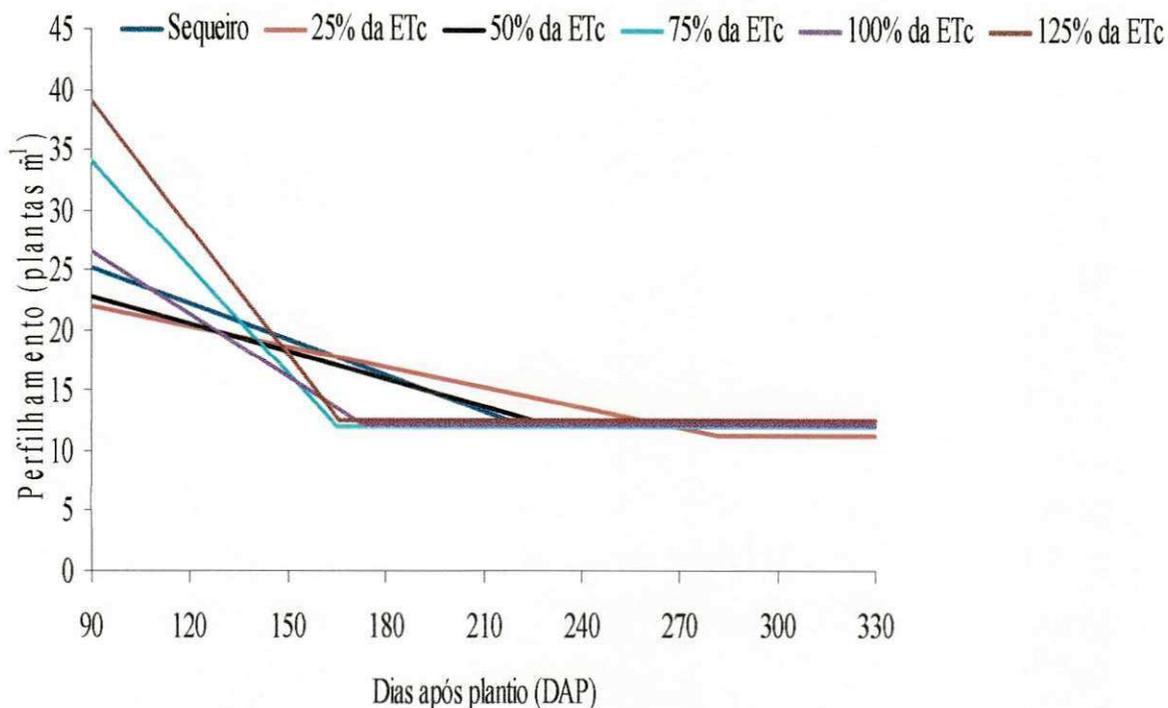


Figura 8. Perfilamento da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579 (Linear Response Plateau) ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETC. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Relacionando o comportamento da cultura aos 330 dias após o plantio com o do período inicial (120 dias após o plantio) observa-se que a cana-de-açúcar irrigada com 125% da ETC teve sua população reduzida em 55,67%, de acordo com o modelo de regressão (Tabela 7). De conformidade com as médias da Tabela 7, os decréscimos de perfilamento na cultura irrigada com 100%, 75%, 50%, 25% e na de sequeiro, foram: 48,78%, 58,37%, 49,62%, 51,52% e 55,12%, respectivamente.

Na fase inicial há um número maior de perfilhos, porém, com o desenvolvimento da cultura, ocorre competição entre os indivíduos primários com aqueles mais jovens e, com isto, eles não resistem a esta competição, ocasionando queda no perfilamento, até o ponto em que ocorre sua estabilização. Para Silva (2007), a partir do ponto de máximo perfilamento a competição entre os perfilhos pelos fatores de crescimento (água, luz e nutrientes) torna-se elevada, resultando em redução no número de perfilhos; além desses fatores, a população de plantas é influenciada pela temperatura, umidade do solo, cultivar e pelo ciclo em que a cultura se encontra (cana-planta ou cana-soca).

Na Figura 9 se tem o comportamento da cultura quanto ao seu perfilhamento, aos 330 dias após o plantio, em função da lâmina total aplicada (lâmina de água de irrigação mais precipitação efetiva). Nota-se que, ao final do ano de cultivo, não houve diferença no perfilhamento em relação aos seis tratamentos de irrigação, com uma média de 12,02 plantas por metro.

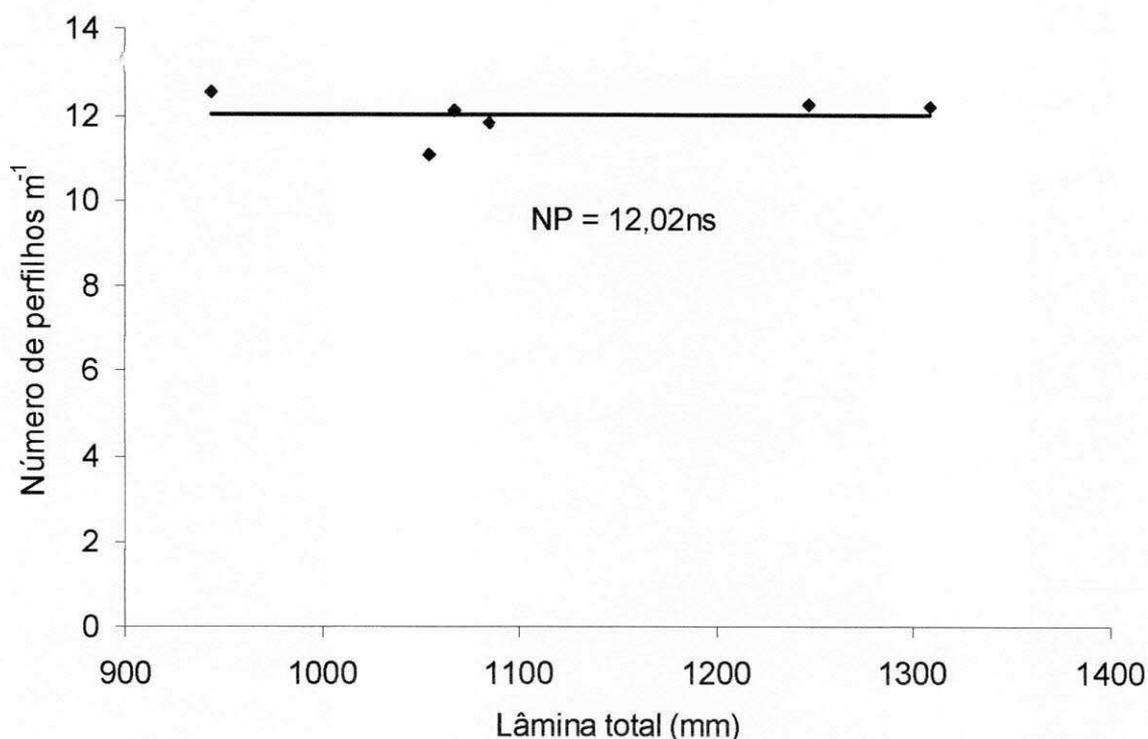


Figura 9. Número de perfilhos aos 330 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Farias (2001) verificou, em estudo com a variedade SP 79 1011, estabilização no número de perfilhos em 17 e 11 plantas m⁻¹ nas plantas cultivadas sob regime irrigado e de sequeiro, respectivamente. Com a mesma variedade, Farias (2006) obteve um perfilhamento de 13,40, 14,62, 12,60, 14,58 e 14,80 plantas m⁻¹, aos 120 dias após a brotação, para a cana em regime de sequeiro e irrigada, com base em 25%, 50%, 75% e 100% da ETc, respectivamente. Esses valores são inferiores aos encontrados nesta pesquisa, em virtude das altas pluviosidades ocorridas durante o ano em estudo (Figura 2B) nesta pesquisa, com a variedade RB 92 579. No trabalho conduzido por Farias (2006), a cana-de-açúcar em regime de sequeiro teve seu perfilhamento prejudicado mas quando as condições hídricas do solo melhoraram, a resposta da cultura, em termos de

crescimento e desenvolvimento, foi maior, com consequente aumento da competição, essencialmente por água.

Na região de Araras, SP, Simões et al. (2005) estudaram o perfilhamento da cana-de-açúcar, variedade SP 80 1842, nos 4º e 5º cortes e verificaram resultados semelhantes aos desta pesquisa, em que o número de colmos no final do cultivo, sem manteve em torno de 10 plantas por metro.

Almeida et al. (2008) estudaram, na região dos tabuleiros costeiros de Alagoas, o perfilhamento de três variedades de cana-de-açúcar, 'RB 92 579', 'RB 93 509' e 'SP 79 1011', em regime irrigado; a primeira variedade foi a que possuiu o maior número de plantas por metro linear, tanto na fase de cana-planta (10,90 plantas m⁻¹), como na fase de soqueira (12,70 plantas m⁻¹); aos 330 dias após plantio o perfilhamento encontrado nesta pesquisa, em fase de cana-planta, foi de 12,02 plantas m⁻¹.

De acordo com Marcelo (2008), o perfilhamento não foi influenciado pela adubação nitrogenada registrando-se ao final do ciclo, 10,45 plantas m⁻¹, para a variedade SP 79 1011, em fase de soqueira. Com a mesma variedade, Prado & Pancelli (2008), também não verificaram efeito significativo da adubação nitrogenada obtendo 19,45 plantas m⁻¹; corroborando com os resultados desta pesquisa, não se constatou efeito do parcelamento da adubação nitrogenada tendo-se ao final do período de cultivo, 12,01 plantas m⁻¹, para a variedade RB 92 579.

5.2 Altura de planta (ALP)

Pelo modelo de regressão, significativo a 5% pelo teste F, Figura 10, aos 90 dias após o plantio a maior altura de 50,88 cm foi obtida com a aplicação de 473,82 mm, correspondente ao nível de 125% da ETc; os valores de altura para as outras condições de cultivo, correspondendo à cana de sequeiro, 25%, 50%, 75%, e 100%, foram 23,22, 31,44, 38,22, 43,75 e 47,98 cm, respectivamente. Os incrementos, em altura de plantas, nos demais tratamentos, em relação à cana em regime de sequeiro, são da ordem de: 35,40%, 64,59%, 88,41%, 106,63% e 119,12%, respectivamente, para as lâminas de água de irrigação com 25%, 50%, 75%, 100% e 125%. Na altura de plantas, pelos valores reais com a aplicação de até 200 mm (lâmina de irrigação + pluviosidade) ocorre uma pequena variação entre as médias, e, quando a cultura recebe acima de 290 até 470 mm (lâmina de irrigação + pluviosidade), esses valores são maiores, mas

também possuem pequena variação; pois na cana de sequeiro, nas plantas que receberam 25% e 50% da ETc as médias foram 25,83, 31,25 e 27,60 cm, respectivamente; quando a cana foi irrigada com 75%, 100% e 125% da ETc esses valores foram 50,64, 53,94 e 46,49 cm, respectivamente (Figura 10).

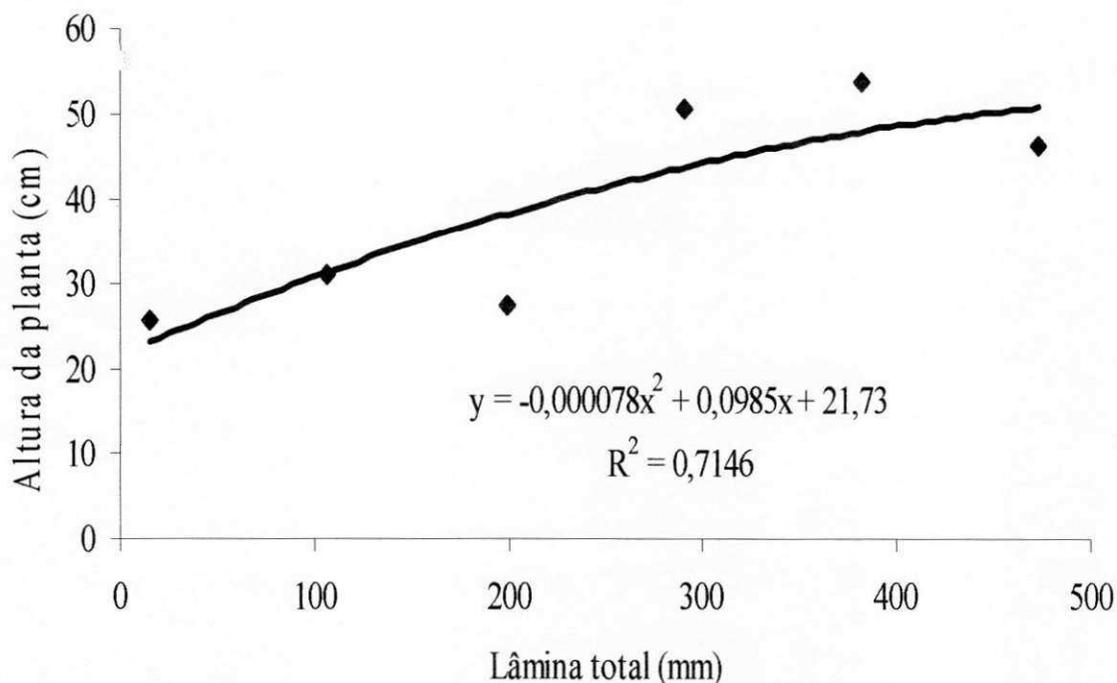


Figura 10. Análise de regressão para a altura de plantas (ALP) aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Ocorreu efeito significativo ($p < 0,01$) da lâmina de água de irrigação sobre o crescimento das plantas em altura, em todos os períodos analisados, exceto aos 150 dias após o plantio; o fato de não se ter observado significância se deve ao alto coeficiente de variação obtido nessa data de amostragem (Tabela 8). Com relação ao parcelamento da adubação nitrogenada e sua interação com as lâminas de água de irrigação, o efeito foi significativo apenas em amostragens ao final do ciclo: 240, 300 e 330 dias após plantio, foram significativos os efeitos do parcelamento da adubação nitrogenada e aos 240 e 330 dias após plantio para a interação entre os dois fatores. Na mesma tabela se observam ainda, os modelos de regressão que melhor descrevem o comportamento da

cultura, ao longo do tempo, e os índices de ANOVA; já na Figura 11 estão os dados de altura ao longo do ciclo.

Observa-se, analisando os dados expostos na Tabela 8 aos 240 dias após o plantio e quando a cultura foi submetida ao P₂, a menor altura das plantas (316,50 cm), embora não tenha ocorrido diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) em relação a P₁ (324,27 cm) e a P₃ (323,92 cm); a maior altura foi obtida em P₄ (327,18 cm), em que o tratamento diferiu estatisticamente apenas do P₂; aos 300 dias após plantio ocorreram diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) nos parcelamentos P₄ (358,24 cm) e P₃ (340,67 cm); enquanto aos 330 dias após o plantio (final do cultivo) houve efeito significativo do parcelamento da adubação nitrogenada para a altura das plantas; nas plantas que foram submetidas aos maiores parcelamentos da adubação nitrogenada, P₃ e P₄, as alturas foram 353,76 e 360,78 cm, respectivamente; por outro lado, P₃ não se diferenciou significativamente de P₁ (347,53 cm) e P₂ (348,56 cm); enfim, quando a cultura foi submetida ao maior parcelamento do nitrogênio as canas cresceram mais em virtude da aplicação do adubo em várias épocas, fazendo com que as plantas absorvessem o nutriente com maior eficiência, diminuindo as perdas.

De acordo com os modelos de regressão contidos na Tabela 8, a cana-de-açúcar cultivada em regime de sequeiro cresceu a uma taxa média de 1,0309 cm dia⁻¹ até o final do ano de cultivo (safra 2009/2010). A aplicação de 25% da ETc refletiu numa taxa média de crescimento, em altura de 1,0487 cm dia⁻¹. Para a cana irrigada com 50%, 75% e 100% da ETc, o crescimento em altura foi, respectivamente, de 1,0596, 1,0656 e 1,1690 cm dia⁻¹. Analogamente, observou-se um crescimento de 1,0464 cm dia⁻¹ para a cana irrigada com 125% da ETc, cujos resultados são superiores aos encontrados por Farias (2006) e Farias et al. (2008) em estudos com a variedade SP 79 1011; tal fato é devido à elevada pluviosidade ocorrida na área experimental (Figura 2B) e à variedade RB 92 579, utilizada nesta pesquisa, possuir uma melhor resposta à irrigação.

Aos 120 dias após o plantio, foi prejudicado o crescimento em altura, da cana-de-açúcar, cultivada em regime de sequeiro (79,94 cm), decorrente da baixa pluviosidade ocorrida na fase inicial de brotação (Figura 2B). Por sua vez, quando a cana foi irrigada com 100% da ETc, obtiveram-se os valores mais elevados, dentre os tratamentos, com altura máxima de 140,35 cm. Comparando-se a altura das plantas em regime de sequeiro, aos 120 dias após o plantio, com a cana irrigada com 25%, 50%,

75%, 100% e 125% da ETc, observaram-se os seguintes incrementos: 12,05%, 4,87%, 65,13%, 75,56% e 72,85%, respectivamente; aos 240 dias após plantio, esses valores diminuíram, com incrementos de apenas 4,14%, 6,72%, 10,53%, 20,69% e 10,56%, respectivamente; ao final do ano de cultivo, aos 330 dias após plantio, essas diferenças foram ainda menores: 1,73%, 2,78%, 3,37%, 13,39% e 1,50%, para a cana irrigada com 25%, 50%, 75%, 100% e 125%, respectivamente e, para a cana irrigada com 125% da ETc, sua altura foi superior em 1,48% em relação ao tratamento de sequeiro; esta diminuição na diferença dos incrementos da cana em regime de sequeiro para os demais tratamentos, ocorreu com a chegada do período chuvoso (Figura 2B); com a melhoria das condições hídricas do solo houve recuperação da cultura em regime de sequeiro, em termos de crescimento e desenvolvimento.

Os maiores valores de altura de plantas foram observados na cana irrigada com 100% da ETc indicando que, quando a cultura recebeu 125% da ETc, seu crescimento em altura foi prejudicado, pois pelo balanço hídrico (Figura 6) o solo sempre se encontrava acima da capacidade de campo e o excesso de água fez com que a cultura tivesse menor altura; aos 330 dias após plantio a cana irrigada com 100% da ETc foi 10,48% superior em relação àquela que recebeu 125% da ETc.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para altura de planta (ALP) (cm) da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após plantio - DAP)							
	120	150	180	210	240	270	300	330
Lâmina (L)	14002,53**	9826,28ns	19716,24**	10797,77**	3402,61**	3368,33**	4499,15**	3512,17**
Parcelamento (P)	50,15ns	8896,03ns	185,55ns	211,42ns	372,86*	228,11ns	947,60*	661,43*
Bloco/Lâmina	193,55	5523,87	326,70	206,59	588,35	136,81	287,76	378,46
L x P	39,79ns	5436,87ns	113,48ns	218,59ns	263,31*	128,92ns	473,79ns	436,94**
Resíduo	70,30	6190,19	145,84	184,10ns	102,23	127,13	318,73	167,50
C.V. (%)	7,67	40,73	4,62	4,60	3,13	3,33	5,10	3,66
Médias para lâminas de água de irrigação								
Sequeiro	67,33	173,01	202,29	262,01	300,08	322,00	332,34	339,34
25% da ETc	82,14	177,44	231,47	265,81	322,21	330,63	341,76	341,11
50% da ETc	87,30	155,34	250,56	286,39	320,28	330,28	345,50	349,83
75% da ETc	133,32	209,29	287,06	303,43	327,77	338,46	341,16	361,22
100% da ETc	146,74	214,97	310,69	341,47	351,50	369,84	387,14	383,30
125% da ETc	138,84	228,87	286,29	310,95	315,97	343,07	354,23	341,15
Médias para parcelamento da adubação nitrogenada								
P ₁	109,88a	219,73a	258,19a	291,47a	324,27ab	336,44a	350,80ab	347,53b
P ₂	106,88a	173,26a	260,06a	293,69a	316,50b	335,55a	351,72ab	348,56b
P ₃	110,75a	203,20a	261,59a	295,30a	323,92ab	342,51a	340,67b	353,76ab
P ₄	109,60a	176,43a	265,73a	299,58a	327,18a	341,69a	358,24a	360,78a
d.m.s. (5%)	7,53	70,65	10,84	12,18	9,08	10,12	16,03	11,62
Estudo de regressão – Função Logística								
	Modelo	QMDR	F	Prob F				
Sequeiro	$y = 359,042 / (1 + (x/162,826)^{-4,096})$; R ² = 0,99	11,733	539,708	**				
25% da ETc	$y = 360,591 / (1 + (x/155,886)^{-4,230})$; R ² = 0,99	9,498	848,745	**				
50% da ETc	$y = 360,170 / (1 + (x/155,128)^{-4,644})$; R ² = 0,99	6,833	1.734,593	**				
75% da ETc	$y = 360,186 / (1 + (x/136,613)^{-4,219})$; R ² = 0,99	7,553	1.286,719	**				
100% da ETc	$y = 395,983 / (1 + (x/138,493)^{-4,183})$; R ² = 0,99	9,737	930,838	**				
125% da ETc	$y = 350,263 / (1 + (x/131,653)^{-4,621})$; R ² = 0,99	8,031	1.122,025	**				

^{ns} não significativo; * e ** Significativos a 5 e 1%, respectivamente; C.V. (%) – coeficiente de variação; QMDR – quadrado médio devido à regressão; F – valor de F calculado; Prob. F – significância do modelo; Sequeiro – lâmina de irrigação 0mm; 25% da ETc – lâmina de irrigação 128mm; 50% da ETc – lâmina de irrigação 191,05mm; 75% da ETc – lâmina de irrigação 379,31mm; 100% da ETc – lâmina de irrigação 680,08mm; 125% da ETc – lâmina de irrigação 913,95mm. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; d.m.s.: desvio médio significativo

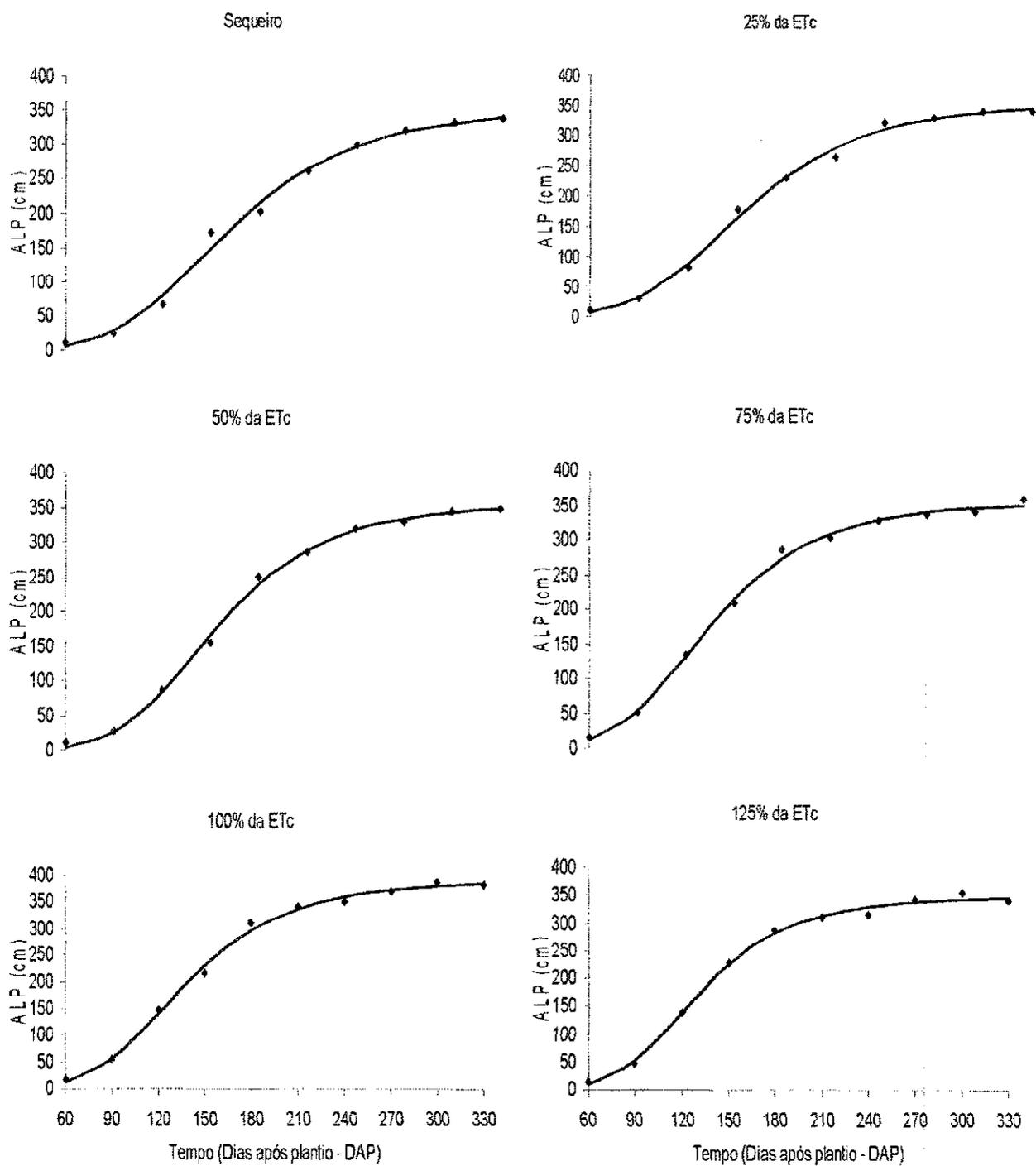


Figura 11. Altura das plantas (ALP) de cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETC. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Na Tabela 9 estão as médias para o desdobramento da interação L x P, aos 240 dias após plantio. Observa-se maior altura de plantas com a aplicação de 100% da ETc, correspondendo a 1.247,32 mm considerando-se a lâmina aplicada e a precipitação pluvial efetiva (Tabela 5), associados ao P₂, da ordem de 364,02 cm; quando a cultura foi submetida ao regime de sequeiro e ao P₁, a média deste desdobramento foi de 302,56 cm; estudando-se o desdobramento do parcelamento da adubação nitrogenada em cada nível de reposição da evapotranspiração, verifica-se efeito significativo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), nas lâminas de 25% da ETc, equivalente a 1.053,60 mm compreendendo a lâmina aplicada e a precipitação pluvial efetiva (Tabela 5) e 100% da ETc; na cana irrigada com 25% da ETc, a menor altura foi observada em P₂ (305,26 cm), sendo que este tratamento não diferiu, estatisticamente, de P₄ (316,70 cm) pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); já na lâmina de 100% da ETc, as maiores alturas foram constatadas em P₁ (342,49 cm), P₂ (364,02 cm) e P₄ (362,11 cm).

Tabela 9. Médias do desdobramento da interação L x P para altura de plantas (ALP) (cm) da cana-de-açúcar aos 240 DAP, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

F.V.	Altura de plantas (cm)		F.V.	Altura de plantas (cm)	
L em P ₁	Sequeiro	302,56	P em Sequeiro d.m.s. (5%) = 22,24	P ₁	302,56a
	25% da ETc	336,07		P ₂	287,19a
	50% da ETc	319,71		P ₃	308,33a
	75% da ETc	329,44		P ₄	302,25a
	100% da ETc	342,49		Média	300,08
	125% da ETc	315,35		-	-
	Média	324,27		-	-
L em P ₂	Sequeiro	287,19	P em 25% da ETc d.m.s. (5%) = 22,24	P ₁	336,07a
	25% da ETc	305,26		P ₂	305,26b
	50% da ETc	309,61		P ₃	330,81a
	75% da ETc	320,30		P ₄	316,70ab
	100% da ETc	364,02		Média	322,21
	125% da ETc	312,65		-	-
	Média	316,50		-	-
L em P ₃	Sequeiro	308,33	P em 50% da ETc d.m.s. (5%) = 22,24	P ₁	319,71a
	25% da ETc	330,81		P ₂	309,61a
	50% da ETc	323,67		P ₃	323,67a
	75% da ETc	328,54		P ₄	328,15a
	100% da ETc	337,40		Média	320,28
	125% da ETc	314,80		-	-
	Média	323,92		-	-
L em P ₄	Sequeiro	302,25	P em 75% da ETc d.m.s. (5%) = 22,24	P ₁	329,44a
	25% da ETc	316,70		P ₂	320,30a
	50% da ETc	328,15		P ₃	328,54a
	75% da ETc	332,81		P ₄	332,81a
	100% da ETc	362,11		Média	327,77
	125% da ETc	321,07		-	-
	Média	327,18		-	-
-	-	-	P em 100% da ETc d.m.s. (5%) = 22,24	P ₁	342,49ab
-	-	-		P ₂	364,02a
-	-	-		P ₃	337,40b
-	-	-		P ₄	362,11a
-	-	-		Média	351,50
-	-	-	P em 125% da ETc d.m.s. (5%) = 22,24	P ₁	315,35a
-	-	-		P ₂	312,65a
-	-	-		P ₃	314,80a
-	-	-		P ₄	321,07a
-	-	-		Média	315,96

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. F.V.: fonte de variação; d.m.s.: desvio médio significativo

Na Tabela 10 se encontram as médias para o desdobramento da interação L x P; aos 330 dias após plantio a maior altura de plantas foi constatada com a aplicação da ordem de 100% da ETc, correspondendo a 1.237,32 mm considerando-se a lâmina aplicada e a precipitação pluvial efetiva, associada ao P₄, a altura de plantas foi de 419,04 cm; quando a cultura foi submetida ao regime de sequeiro e ao P₁, a média deste desdobramento foi de 331,56 cm. Estudando-se o desdobramento do parcelamento da

adubação nitrogenada em cada nível de reposição da evapotranspiração, verifica-se efeito significativo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), na reposição de 100% da ETc, em que o P₄ (419,04 cm) diferiu estatisticamente dos demais; enfim as médias de altura de plantas em P₁, P₂ e P₃ na mesma lâmina de água de irrigação foram, respectivamente, 385,43, 360,96 e 367,76 cm.

Tabela 10. Médias do desdobramento da interação L x P para altura de plantas (ALP) (cm) da cana-de-açúcar aos 330 DAP, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

F.V.		Altura de plantas (cm)	F.V.	Altura de plantas (cm)	
L em P ₁	Sequeiro	331,56	P em Sequeiro d.m.s. (5%) = 28,47	P ₁	331,56a
	25% da ETc	329,41		P ₂	335,77a
	50% da ETc	350,56		P ₃	349,26a
	75% da ETc	356,07		P ₄	340,75a
	100% da ETc	385,43		Média	339,33
	125% da ETc	332,17		-	-
	Média	347,53		-	-
	L em P ₂	Sequeiro		335,77	P em 25% da ETc d.m.s. (5%) = 28,47
25% da ETc		347,22	P ₂	347,22a	
50% da ETc		343,35	P ₃	340,37a	
75% da ETc		359,85	P ₄	347,45a	
100% da ETc		360,96	Média	341,11	
125% da ETc		344,18	-	-	
Média		348,55	-	-	
L em P ₃		Sequeiro	349,26	P em 50% da ETc d.m.s. (5%) = 28,47	
	25% da ETc	340,37	P ₂		343,35a
	50% da ETc	345,87	P ₃		345,87a
	75% da ETc	368,18	P ₄		359,55a
	100% da ETc	367,76	Média		349,83
	125% da ETc	351,12	-		-
	Média	353,76	-		-
	L em P ₄	Sequeiro	340,75		P em 75% da ETc d.m.s. (5%) = 28,47
25% da ETc		347,45	P ₂	359,85a	
50% da ETc		359,55	P ₃	368,18a	
75% da ETc		360,77	P ₄	360,77a	
100% da ETc		419,04	Média	361,21	
125% da ETc		337,11	-	-	
Média		360,77	-	-	
-		-	-	P em 100% da ETc d.m.s. (5%) = 28,47	
-	-	-	P ₂		360,96b
-	-	-	P ₃		367,76b
-	-	-	P ₄		419,04a
-	-	-	Média		383,29
-	-	-	P em 125% da ETc d.m.s. (5%) = 28,47	P ₁	332,17a
-	-	-		P ₂	344,18a
-	-	-		P ₃	351,12a
-	-	-		P ₄	337,11a
-	-	-		Média	341,14

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. F.V.: fonte de variação; d.m.s.: desvio médio significativo

Varela (2002), trabalhando com cana-de-açúcar variedade SP 791011, sendo a cultura irrigada com uma lâmina de irrigação de 41,3 mm a cada 12 dias, encontrou uma altura de planas de 243,10 cm, aos 390 dias após plantio. Farias et al. (2008), trabalhando com a variedade SP 79 1011, sequeiro e irrigada, observaram que, quando cultivada em regime de sequeiro, a cultura atinge altura máxima de 148,19 cm aos 236,20 dias, enquanto a cultivada sob irrigação seu pico em altura foi de 152,80 cm aos 193,85 dias. Para Simões et al. (2005), no quarto ano de cultivo a cana-de-açúcar atinge sua maturação aos 398 dias, com uma altura de 3,5 m, enquanto esta fase de maturação, no quinto ano de cultivo é atingida aos 369 dias, com altura de 3,2 m. Na região dos tabuleiros costeiros de Alagoas, Almeida et al. (2008) encontraram valores de altura de plantas de 2,50 m e 2,52 m, para a fase de cana-planta e cana-soca, respectivamente. Todos os valores de altura citados pelos autores, são inferiores aos desta pesquisa, pois na condição de reposição de 100% da ETc a cultura atingiu, aos 330 dias após plantio, altura de 385,77 cm, sendo a safra 2009/2010 marcada por grande volume de chuvas na região (Figura 2B), e por se ter trabalhado com uma variedade diferente.

5.3 Área foliar

Na Figura 12 se encontra o modelo de regressão com probabilidade de 5%, que melhor descreve o comportamento da área foliar aos 90 dias após o plantio, em função da quantidade total de água aplicada. Com o aumento unitário da lâmina total de água, ocorre um incremento de 1,2562 cm² na área foliar da cana-de-açúcar; para a cultura em regime de sequeiro obteve-se uma área foliar de 690,81 cm², nos tratamentos de 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETc, esses valores foram, respectivamente: 806,88, 921,16, 1.036,30, 1.151,50 e 1.266,60 cm²; comparando-se a cana em sequeiro em relação às demais lâminas de água de irrigação, observaram-se os seguintes incrementos: 16,80%, 33,34%, 50,01%, 66,68% e 83,34%, respectivamente, para as canas irrigadas com 25%, 50%, 75%, 100% e 125%. Os valores reais de área foliar (Figura 12), na cana de sequeiro, na de 25% e de 50% da ETc, foram 684,91, 839,27 e 766,51 cm²; verifica-se pequena variação entre esses valores, com a aplicação máxima em torno de 200 mm (lâmina de irrigação + pluviosidade); esses valores se tornaram maiores quando foi aplicada maior quantidade de água à cultura, pois na reposição de 75%, 100% e 125% da ETc, foram registrados 1.118,14, 1.208,39 e 1.185,39 cm² de área foliar, respectivamente; nota-se que, da mesma forma como ocorreu quando as plantas receberam menores quantidade de água, foi pequena a variação dos valores

observados, com o fornecimento total de água de 290 até 470 mm (lâmina de irrigação + pluviosidade).

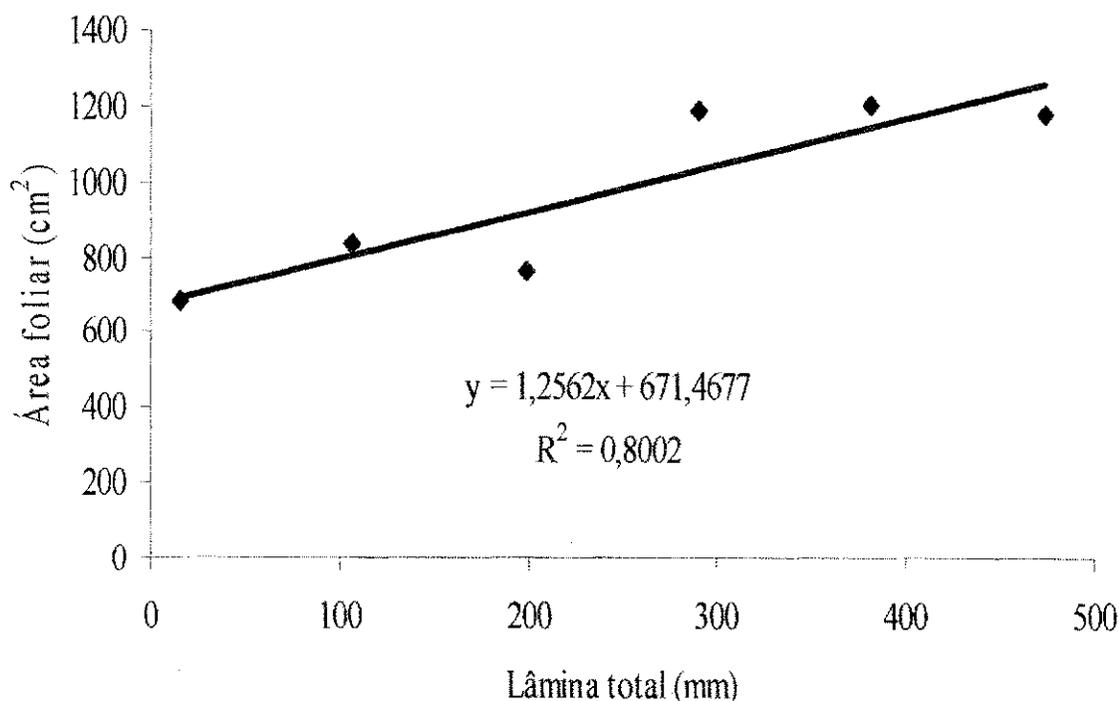


Figura 12. Análise de regressão para a área foliar da cana-de-açúcar aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Tem-se na Tabela 11, o resumo da ANOVA com os dados de área foliar da variedade RB 92 579 na safra 2009/2010. Observa-se efeito altamente significativo ($p < 0,01$) para a área foliar em relação ao fator lâmina de água de irrigação, exceto aos 240 dias após o plantio; da mesma forma que para a variável altura de plantas, o efeito não significativo na área foliar pode ser atribuído ao alto coeficiente de variação. Nesta época ocorreu tombamento de plantas, o que causou uma grande variabilidade na amostragem; portanto, para esta variável, efeito significativo do parcelamento da adubação nitrogenada nem para a interação lâmina *versus* parcelamento; na mesma tabela estão apresentados os modelos que melhor descrevem o comportamento da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579) para cada nível de irrigação ao longo do tempo; tal comportamento pode ser observado na Figura 13, na qual todas as equações foram significativas a uma probabilidade de $p < 0,01$.

Notadamente e através dos estudos de regressão, aos 120 dias após o plantio, a área foliar da cana-de-açúcar cultivada em regime de sequeiro (2.010,49 cm²) foi

23,45% menor que a da cana cultivada na condição de 125% da ETc (2.482,10 cm²). Comparando-se a cana cultivada em sequeiro, com as demais lâminas de água de irrigação de 25%, 50%, 75% e 100%, conclui-se que os incrementos foram, respectivamente: 28,65%, 28,89%, 26,27% e 39,69%; aos 330 dias após o plantio a cana de sequeiro atingiu área foliar de 4.101,45 cm², enquanto na cana irrigada com 125% da ETc, a área foliar foi de 4.910,24 cm², incremento este da ordem de 19,71% em área foliar. Ainda no final do cultivo a cana irrigada com 125% da ETc foi 21,10% superior em área foliar, em comparação com a cana irrigada com 100% da ETc. Taiz & Zieger (2004) afirmam que o estresse hídrico exerce vários efeitos sobre o crescimento das plantas, em um deles é a limitação da expansão foliar; a área foliar é importante porque, em geral, a fotossíntese é proporcional a ela. Nesta pesquisa quando a cultura foi irrigada com 125% da ETc produziu uma área foliar maior que a cultura irrigada com 100% e conseqüentemente, se obteve fitomassa maior das folhas e índice de área foliar, mas a fitomassa do colmo e total, como a altura das plantas, neste tratamento foi inferior à da cana irrigada com 100% da ETc; indicando que, provavelmente, a maior área foliar proporcionou maiores perdas por evapotranspiração.

Ao se comparar a área foliar da planta aos 150 dias após o plantio com a área foliar aos 120 dias, verificam-se evidentes diferenças: quando irrigada com 125% da ETc cresceu 34,08%, enquanto a cana irrigada com 100%, 75% e 50% da ETc cresceu, respectivamente: 31,28%, 34,81% e 36,48%. Os maiores crescimentos foram observados nos tratamentos em que a irrigação correspondeu a 25% da ETc e sequeiro, registrando-se diferenças respectivamente de 40,54% e 40,80%; neste período as chuvas se iniciaram. Farias (2006) comenta, em resposta à umidade do solo, a cultura reage, tentando-se recuperar-se do prejuízo causado pela longa estiagem.

Varela (2002), estudando a área foliar da cana-de-açúcar, na região dos tabuleiros costeiros paraibanos, obteve uma área foliar máxima de 35,00 dm², aos 246 dias, em um cultivo irrigado com intervalo de irrigação a cada 12 dias, com lâmina de água de irrigação de 13,8 mm. Farias et al. (2008), o valor máximo de área foliar para a cana irrigada foi de 5.359,65 cm², aos 152,63 dias; já para a cana em regime de sequeiro este valor foi de 5.168,04 cm², aos 166,68 dias e para a cana de sequeiro, o valor é superior ao encontrado nesta pesquisa que, na mesma época foi de 3.235,76 cm².

Na Figura 13 se acha o comportamento da cultura em área foliar em função do tempo. A máxima área foliar de 5232,27 cm² ocorreu aos 254,47 dias, com a cultura

irrigada com 25% da ETC. Observa-se que, de forma geral, para todas as lâminas de água de irrigação a área foliar atinge valores máximos e depois ocorre um decréscimo, devido as folhas mais velhas atingirem a maturidade. Se as plantas sofrerem estresse hídrico após um desenvolvimento substancial da área foliar, as folhas sofrerão senescência e, subsequentemente, cairão (Taiz & Zieger, 2004). Smit & Singels (2006) afirmam que o estresse hídrico reduz, significativamente, a taxa de aparecimento de folhas em relação às plantas que se desenvolvem com um suprimento hídrico adequado.

Redução na área foliar da cana-de-açúcar, variedade SP 79 1011, foi, também, observada por Farias (2001), Varela (2002), Farias (2006) e Farias et al. (2008).

Tabela 11. Resumo da análise de variância para área foliar (cm²) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após plantio -DAP)							
	120	150	180	210	240	270	300	330
Lâmina (L)	5217105,81**	2378130,62**	5460567,83**	3870220,47**	3434035,28ns	2664584,96**	2413628,72**	2397449,0**
Parcelamento (P)	60318,38ns	539011,48ns	553863,50ns	265165,45ns	1396474,44ns	175944,01ns	706943,35ns	753098,7ns
Bloco/Lâmina	123154,82	1062260,41	712779,81	940416,82	2339256,51	563894,70	877934,95	564897,2
L x P	74728,34ns	414710,63ns	525879,43ns	350582,22ns	2965312,94ns	608020,11ns	517040,91ns	307425,2ns
Resíduo	79033,43	495140,62	442951,52	426471,59	2764319,93	640546,55	551717,92	364651,5
C.V. (%)	12,45	21,57	14,20	14,56	40,07	14,90	15,43	15,68
Médias para lâmina de água de irrigação								
Sequeiro	1386,91	2669,67	3684,99	4392,89	3998,15	4736,49	4408,38	3801,24
25% da ETc	1680,66	3681,27	4733,13	5096,08	5211,16	5548,45	5039,23	4026,68
50% da ETc	2080,40	3840,60	4879,77	5215,60	3722,36	4894,42	4269,82	3891,71
75% da ETc	2532,95	3332,47	4561,26	3751,52	3981,74	5912,44	5003,89	3192,10
100% da ETc	3104,08	2946,62	5773,56	4107,70	4088,28	5377,11	4691,11	3643,98
125% da ETc	2766,62	3103,78	4498,52	4356,24	3891,66	5765,77	5479,69	4548,81
Médias para parcelamento da adubação nitrogenada								
P ₁	2326,98a	3365,69a	4786,85a	4636,28a	4177,30a	5243,73a	4921,53a	4010,206a
P ₂	2225,27a	3107,73a	4885,42a	4345,73a	3949,18a	5446,18a	4919,08a	3553,538a
P ₃	2198,35a	3452,29a	4528,52a	4451,44a	3936,73a	5346,05a	4518,36a	3886,024a
P ₄	2283,83a	3123,89a	4553,35a	4513,23a	4532,35a	5453,83a	4902,45a	3953,272a
d.m.s. (5%)	252,47	631,94	597,70	586,48	1493,16	718,76	667,06	542,31
Estudo de regressão								
	Modelo				QMDR	F	Prob F	
Sequeiro	y = -0,0965** DAP ² + 53,4152** DAP - 3008,67; R ² = 0,94				11205260,00	56,90	0,0000	
25% da ETc	y = -0,1463** DAP ² + 74,4591** DAP - 4241,68; R ² = 0,94				15814440,00	57,30	0,0000	
50% da ETc	y = -0,1444** DAP ² + 70,5181** DAP - 3790,30; R ² = 0,88				11921020,00	28,24	0,0004	
75% da ETc	y = -0,1267** DAP ² + 63,6817** DAP - 3277,68; R ² = 0,85				10967220,00	19,84	0,0013	
100% da ETc	y = -0,1344** DAP ² + 65,5947** DAP - 3126,06; R ² = 0,82				10281120,00	16,04	0,0024	
125% da ETc	y = -0,0924** DAP ² + 53,1567** DAP - 2565,69; R ² = 0,91				12693450,00	39,27	0,0002	

* não significativo; * e ** Significativos a 5 e 1%, respectivamente; C.V. (%) – coeficiente de variação; QMDR – quadrado médio devido à regressão; F – valor de F calculado; Prob. F – significância do modelo; Sequeiro – lâmina de irrigação 0mm; 25% da ETc – lâmina de irrigação 128mm; 50% da ETc – lâmina de irrigação 191,05mm; 75% da ETc – lâmina de irrigação 379,31mm; 100% da ETc – lâmina de irrigação 680,08mm; 125% da ETc – lâmina de irrigação 913,95mm. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; d.m.s.: desvio médio significativo.

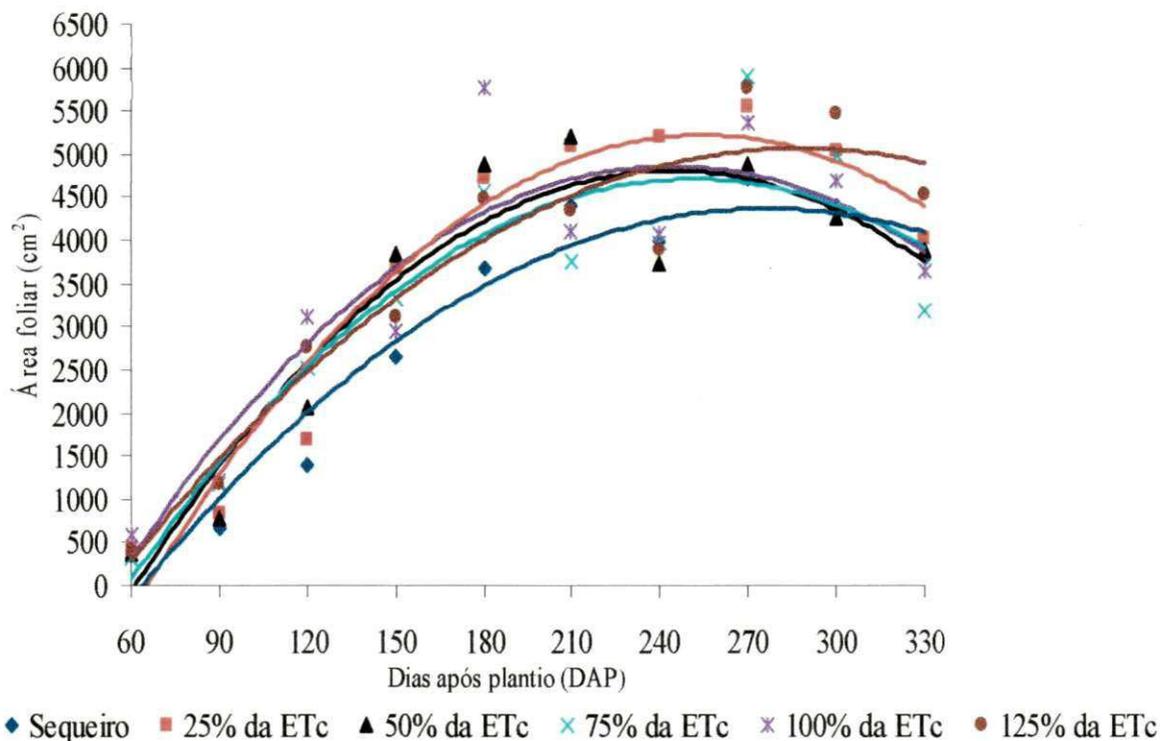


Figura 13. Área foliar da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

5.4 Índice de área foliar (IAF)

Na Figura 14, está o estudo de regressão com significância de 5%, para o índice de área foliar da cana-de-açúcar, aos 90 dias após plantio, em função da quantidade de água aplicada. Com o aumento da lâmina de água de irrigação em 1 mm (aumento unitário) tem-se um incremento de $0,0065 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ no índice de área foliar da cana-de-açúcar (Figura 14). Analisando-se a figura, nota-se o menor índice de área foliar, aos 90 dias após o plantio, na cana em sequeiro com um valor da ordem de 1,37; para as lâminas de água de irrigação de 25%, 50%, 75%, 100% e 125%, os índices de área foliar foram respectivamente: 1,97, 2,56, 3,15, 3,75 e 4,35; a cana irrigada com 125% da ETc foi superior em 13,79% em relação ao tratamento de 100% da ETc. Quando se compara o tratamento de sequeiro com os demais tratamentos, os incrementos são: 43,79%, 86,86%, 129,92%, 173,72% e 217,51% para a cana irrigada com 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETc, respectivamente.

Pelas médias observadas na Figura 14, quando a cultura foi submetida ao tratamento de sequeiro e com a reposição de 25% e 50% da ETc, constata-se terem sido menores os valores de IAF (variando de 1,71 a 1,85); as plantas desses tratamentos receberam até 200 mm de água (lâmina de irrigação + pluviosidade); nas plantas irrigadas com 75%, 100% e 125% da ETc houve aumento no IAF (variando de 3,19 a 4,60), recebendo as plantas entre 290 e 470mm de água (lâmina de irrigação + pluviosidade).

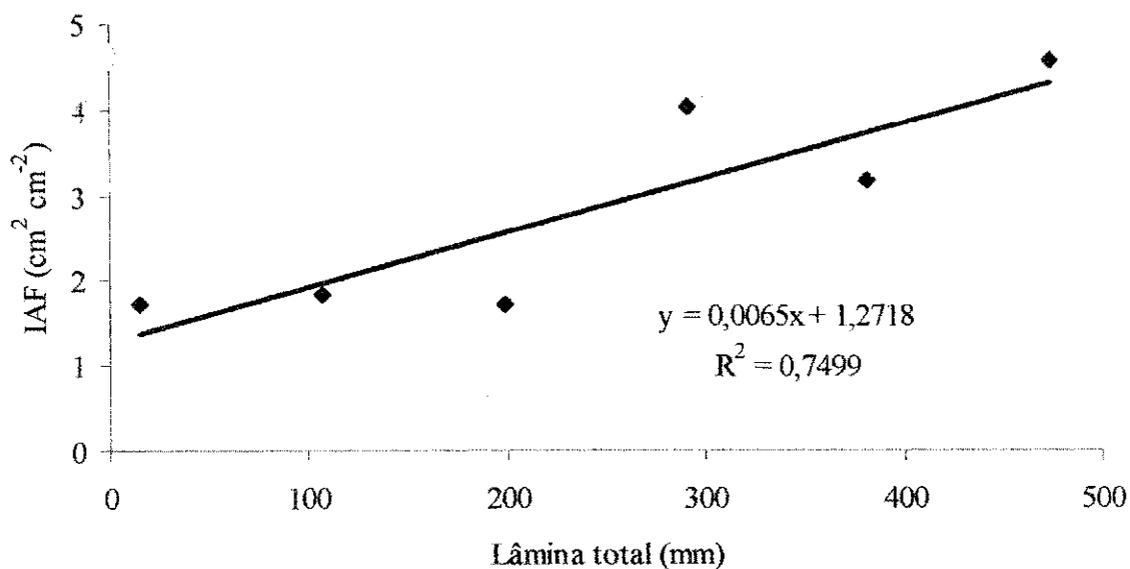


Figura 14. Análise de regressão para o índice de área foliar da cana-de-açúcar aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

O resumo da ANOVA, as médias e as equações de regressão relacionadas ao índice de área foliar (IAF) da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, na safra 2009/2010, função das lâminas de irrigação, estão na Tabela 12. Foram constatados apenas efeito dos tratamentos de irrigação, em algumas datas, sem influência dos níveis de parcelamento e da interação entre os fatores; aos 120, 150 e 180 dias após o plantio, até meados do ciclo, o IAF foi, portanto, afetado pela quantidade de água aplicada na irrigação; no final do ciclo as plantas cobriram o solo e formaram um índice de área foliar equivalente, sem diferença entre os tratamentos; este período coincidiu até os 300 dias após plantio, com a chegada das chuvas (Figura 2B) e as plantas cultivadas sob estresse hídrico se recuperaram em termos de índice de área foliar; ao final do ano de cultivo, 330 dias após o plantio, o IAF voltou a ser afetado pela lâmina de água de irrigação significativamente ($p < 0,05$); na Figura 15 está a representação gráfica de IAF, ao longo do ciclo, em função dos tratamentos de irrigação.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para o índice de área foliar ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após plantio - DAP)							
	120	150	180	210	240	270	300	330
Lâmina (L)	38,93**	9,22**	8,08**	3,36ns	2,79ns	2,80ns	2,73ns	4,09*
Parcelamento (P)	1,55ns	6,02*	1,65ns	3,50ns	1,94ns	0,41ns	1,18ns	2,77ns
Bloco/Lâmina	1,18	5,68	3,17	2,67	1,96	2,19	3,82	1,97
L x P	2,13ns	2,23ns	3,05ns	1,30ns	4,73ns	1,33ns	1,75ns	1,36ns
Resíduo	2,39	1,73	2,17	1,57	4,40	2,75	1,90	1,45
C.V. (%)	26,55	22,38	23,50	24,08	41,81	25,70	23,79	25,90
Médias para lâminas de água de irrigação								
Sequeiro	3,88	6,30	5,28	5,25	5,28	6,02	5,62	4,80
25% da ETc	3,83	6,79	5,74	5,39	5,88	6,19	5,62	4,49
50% da ETc	4,96	6,73	6,38	5,99	4,60	5,93	5,21	4,78
75% da ETc	7,21	5,19	6,00	4,41	4,76	6,98	5,93	3,78
100% da ETc	7,39	4,61	7,66	4,88	4,83	6,54	5,79	4,46
125% da ETc	7,65	5,69	6,56	5,30	4,75	7,04	6,64	5,57
Médias para parcelamento da adubação nitrogenada								
P ₁	6,25a	6,36a	6,65a	5,69a	5,32a	6,56a	6,17a	5,05a
P ₂	5,60a	5,34a	6,25a	4,65a	4,55a	6,35a	5,76a	4,18a
P ₃	5,74a	6,41a	6,27a	5,38a	5,05a	6,60a	5,57a	4,88a
P ₄	5,68a	5,43a	5,91a	5,09a	5,14a	6,29a	5,70a	4,49a
d.m.s. (5%)	1,38	1,18	1,32	1,12	1,88	1,48	1,24	1,08
Estudo de regressão								
	Modelo	QMDR	F	Prob F				
Sequeiro	$y = -0,000159^{**} \text{DAP}^2 + 0,076553^{**} \text{DAP} - 3,15600; R^2 = 0,86$	12,93430	22,51	0,0009				
25% da ETc	$y = -0,000193^{**} \text{DAP}^2 + 0,089327^{**} \text{DAP} - 3,96544; R^2 = 0,87$	15,12114	23,99	0,0007				
50% da ETc	$y = -0,000201^{**} \text{DAP}^2 + 0,090524^{**} \text{DAP} - 3,80894; R^2 = 0,78$	14,03678	12,98	0,0044				
75% da ETc	$y = 4,94^{ns}$	-	-	NS				
100% da ETc	$y = 5,09^{ns}$	-	-	NS				
125% da ETc	$y = 5,45^{ns}$	-	-	NS				

* não significativo; * e ** Significativos a 5 e 1%, respectivamente; C.V. (%) – coeficiente de variação; QMDR – quadrado médio devido à regressão; F – valor de F calculado; Prob. F – significância do modelo; Sequeiro – lâmina de irrigação 0mm; 25% da ETc – lâmina de irrigação 128mm; 50% da ETc – lâmina de irrigação 191,05mm; 75% da ETc – lâmina de irrigação 379,31mm; 100% da ETc – lâmina de irrigação 680,08mm; 125% da ETc – lâmina de irrigação 913,95mm. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; d.m.s.: desvio médio significativo

Pelos estudos de regressão constata-se que, aos 120 dias após o plantio, a cana em regime de sequeiro possuía o menor índice de área foliar; comparando-se este valor com os obtidos nos tratamentos de irrigação (25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETc), os incrementos foram, respectivamente: 6,14%, 11,22%, 32,35%, 36,36% e 45,72%; relacionando-se a cana irrigada com 125% com a de 100% da ETc, esta foi superior, no índice de área foliar, em 6,60%.

Nos tratamentos com a cana em regime de sequeiro, 25% e 50% da ETc o modelo de regressão quadrático foi significativo ($p < 0,01$), em que houve um ponto de máxima área foliar aos 240,73 dias após plantio sendo este valor de 6,05 para a cana cultivada sem irrigação; já quando as plantas foram irrigadas com 25% da ETc este pico ocorreu aos 225,18 dias após plantio com valor da ordem de 6,38 e para a cultura com 50% da ETc o valor máximo de 6,36 aconteceu aproximadamente aos 231,41 dias após plantio; quando as canas foram irrigadas com 75%, 100% e 125% da ETc, não enquadraram-se em nenhum modelo de regressão, em função do tempo; a maior média ao final do período de cultivo (5,45) foi obtida com a cultura irrigada com 125% da ETc (Figura 15).

Benincasa (1988) afirma que o índice de área foliar cresce, com o aumento da área foliar até atingir um valor, a partir do qual o autossombreamento passar a ser prejudicial, aumentando o número de folhas que são mantidas sob iluminação precária, o que diminui bastante a sua eficiência fotossintética; o índice de área foliar ótimo ocorre nas primeiras fases do crescimento quando o autossombreamento é mínimo. De acordo com Taiz & Zeiger (2004), as folhas autossombreadas, antes consideradas como fonte, passam a ser dreno de assimilados. A variação do índice de área foliar da cana-de-açúcar depende, além da área foliar, do número de plantas existentes na área (Farias et al., 2007).

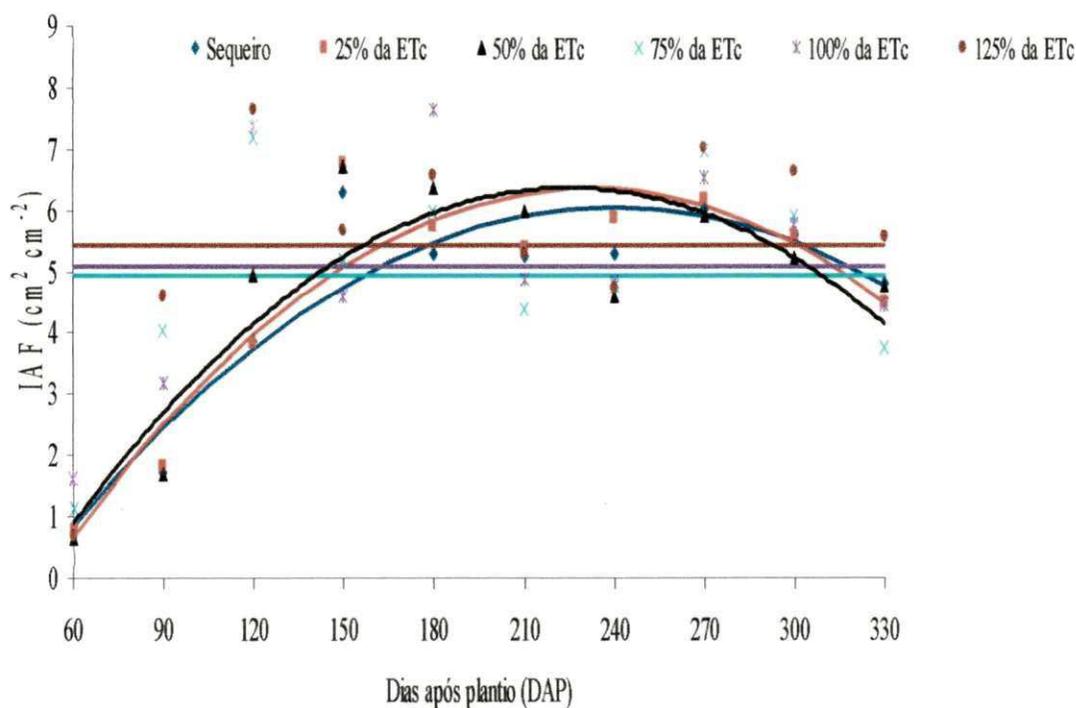


Figura 15. Índice de área foliar da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETC. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Nesta pesquisa, aos 330 dias após plantio, o índice de área foliar da cana-de-açúcar, em regime de sequeiro, foi de 4,79; sendo esse valor muito próximo ao encontrado por Silva (2007), que para a mesma variedade e também em condições de sequeiro, registrou um valor de 5,05. Machado (1981) encontrou para a variedade NA 56-79 um índice de área foliar máximo de 3,97. Simões et al. (2005) estudaram o índice de área foliar na variedade SP 80 1842 e obtiveram, no 4º corte, o valor de 3,38 aos 297 dias, já no 5º corte aos 130 dias o índice de área foliar foi de 2,06. Inman-Bamber & Smith (2005) encontraram, na Austrália, o índice de área foliar da cana-de-açúcar em plantas sob estresse hídrico e bem supridas de água, obtiveram valores, respectivamente de 4,00 e 5,50. Na Flórida, Gilbert et al. (2008) estudaram o comportamento do índice de área foliar em cana-de-açúcar em solos submetidos ao alagamento, em duas variedades, CP 72-2086 e CP 80-1743, na segunda colheita, onde os valores foram de 3,80 e 5,00, respectivamente. Em trabalho de Farias (2006), com a variedade SP 79 1011, o índice de área foliar atingiu um pico de 5,11, aos 150 dias após a brotação. Para a mesma variedade citada anteriormente, Varela (2002) obteve, aos 288 dias após o plantio, um valor na ordem de 7,08, sendo a cana irrigada com 27,5 mm a cada 12 dias.

Outro estudo com a variedade SP 79 1011, foi realizado por Farias et al. (2008), o valor máximo de índice de área foliar para a cana em regime de sequeiro e irrigado, foi de 6,80 e 6,82, ocorreram aos 146,61 e 151,70 dias após o plantio, respectivamente; esses valores foram superiores aos encontrados neste trabalho, onde na cana de sequeiro e irrigada com 100% da ETc (ao final do cultivo) os valores de IAF foram 4,79 e 5,09, respectivamente, porém, na cana de sequeiro um valor de IAF de 6,05 foi registrado aos 240,73 dias após plantio. O valores de IAF obtidos para a cana irrigada com 75%, 100% e 125% da ETc, respectivamente, foram 4,94, 5,09 e 5,45; sendo estes próximos aos citados, anteriormente, por Inman-Bamber & Smith (2005), com a cana sem estresse hídrico (5,50); Gilbert et al. (2008), para a variedade CP 80-1743, na segunda folha (5,00) e Farias (2006), com a variedade SP 79 1011 (5,11).

Scarpari & Beauclair (2008) estudaram o comportamento espaço-temporal do índice de área foliar em cana-de-açúcar e verificaram maior valor desse índice, em solos de baixadas, onde predomina maior acúmulo de água.

5.5 Fitomassa da folha

Na Figura 16 estão os dados de fitomassa nas folhas da cana-de-açúcar, aos 90 dias após o plantio, em função da quantidade total de água aplicada na cultura. Pela equação linear obtida, a 5% de probabilidade pelo teste F, constata-se aumento de 0,0381 g na fitomassa das folhas por aumento unitário (1 mm) da lâmina de irrigação ou 3,8 g por incremento de 100 mm na irrigação. Na cana de sequeiro o acúmulo aos 90 dias após o plantio foi de 10,97 gramas; para as canas irrigadas com 25%, 50%, 75%, 100% e 125%, esses acúmulos foram de: 14,49, 17,96, 21,45, 24,94 e 28,44 gramas, respectivamente. Quando se comparam os dados do tratamento da cana em sequeiro em relação aos demais, são obtidos os seguintes incrementos: 32,08%, 63,71%, 95,53%, 127,34% e 159,25%, respectivamente, para a cultura irrigada com 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETc. Analisando os dados observados, na Figura 16, da mesma forma que ocorreu nas demais variáveis discutidas anteriormente, para a fitomassa nas folhas na cana de sequeiro, 25% e 50% da ETc os valores foram 11,05, 16,20 e 12,80 gramas, respectivamente, verificando-se uma pequena variação entre as médias com a aplicação de até 200 mm (lâmina de irrigação + pluviosidade); ocorreu um aumento no acúmulo de fitomassa nas folhas a partir de quando a cultura recebeu acima da quantidade de

água informada anteriormente, na reposição de 75%, 100% e 125% da ETc os valores obtidos foram 23,52, 28,96 e 25,73 gramas, respectivamente.

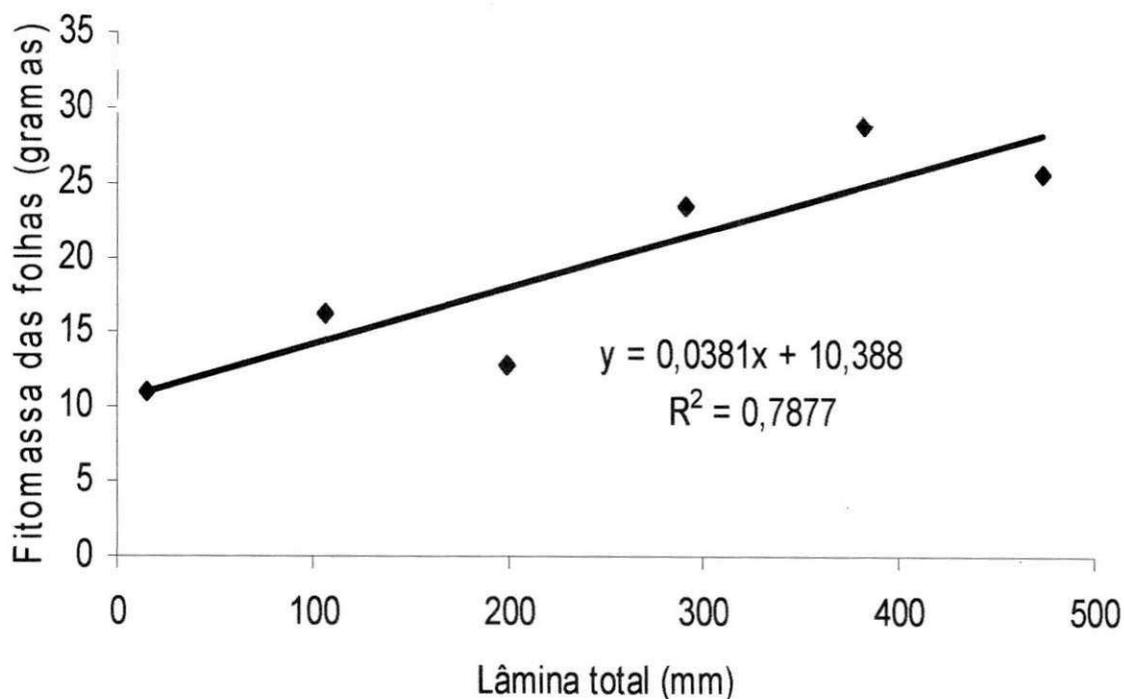


Figura 16. Análise de regressão para a fitomassa das folhas da cana-de-açúcar aos 90 dias após o plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Notou-se efeito altamente significativo ($p < 0,01$) da lâmina de água de irrigação sobre o acúmulo de fitomassa das folhas, em todos os períodos analisados (Tabela 13), porém não houve efeito significativo para o parcelamento da adubação nitrogenada e na interação entre os dois fatores, em nenhuma das épocas de estudo (Tabela 13); nesta tabela pode-se observar os modelos que melhor descrevem o acúmulo de fitomassa das folhas ao longo do tempo, além dos índices de ANOVA. Pelos modelos de regressão o aumento da lâmina de água de irrigação resultou em aumento no acúmulo de fitomassa das folhas, diferença que pode ser observada entre as canas irrigadas com 100% e 125% da ETc, formando-se mais fitomassa de folhas quando se aplicou o maior nível de irrigação; a partir de 210 até 330 dias após plantio, a cana irrigada com 125% da ETc acumulou mais fitomassa na folha que a cultura irrigada com 100% da ETc, chegando a 14,25% esta superioridade, no final do ano de cultivo; reduzindo o acúmulo de fitomassa na folha, as plantas irrigadas com 100% da ETc devem ter direcionado os

fotoassimilados mais para os colmos, resultando em seu maior alongamento, como foi discutido para a variável altura (Tabela 8).

Aos 330 dias após plantio na cana de sequeiro, o acúmulo foi de 59,24 gramas; para as canas irrigadas com 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETc esses acúmulos foram: 66,26, 60,40, 62,50, 61,25 e 71,43 gramas, respectivamente; quando se comparam os dados da cana em regime de sequeiro em relação às demais, lâminas de irrigação, são obtidos os seguintes incrementos: 11,85%, 1,95%, 5,44%, e 20,51%, respectivamente, para a cultura irrigada com 25%, 50%, 75% e 125% da ETc; nesta mesma época não se observou diferença entre os valores de área foliar para a cana de sequeiro em relação a irrigada com 100% da ETc; comparando-se esses valores com os do período inicial, 90 dias após plantio, a cana de sequeiro se recuperou, diminuindo as diferenças, em relação aos demais tratamentos de irrigação. Farias (2006) verificou maior acúmulo de fitomassa em folhas de cana irrigada com 100% da ETc, porém na sua pesquisa este era o nível máximo de irrigação.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para fitomassa das folhas (gramas) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579). Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após plantio - DAP)							
	120	150	180	210	240	270	300	330
Lâmina (L)	1009,13**	225,02**	177,09**	278,86**	379,59**	449,42**	245,87*	380,48**
Parcelamento (P)	30,38ns	46,79ns	43,38ns	23,68ns	32,77ns	2,44ns	76,09ns	45,96ns
Bloco/Lâmina	38,27	51,06	77,81	70,36	81,98	46,39	109,53	78,39
L x P	15,10ns	50,66ns	34,76ns	55,35ns	104,50ns	93,44ns	80,80ns	93,02ns
Resíduo	10,81	38,77	43,97	53,16	101,16	86,08	86,72	67,31
C.V. (%)	7,92	10,85	10,61	11,09	14,94	12,15	13,06	13,15
Médias para lâminas de água de irrigação								
Sequeiro	28,10	50,15	58,73	61,61	58,19	64,72	65,37	59,10
25% da ETc	35,50	55,48	66,69	66,44	65,14	79,44	72,96	64,73
50% da ETc	38,05	56,76	64,39	74,29	65,43	77,23	67,01	60,67
75% da ETc	46,90	60,80	57,59	60,70	73,36	81,87	76,32	55,70
100% da ETc	52,25	62,18	66,16	65,39	69,60	75,31	70,52	61,92
125% da ETc	48,45	59,05	61,54	66,00	72,30	79,53	75,80	72,10
Médias para parcelamento da adubação nitrogenada								
P ₁	41,75ab	56,63a	60,79a	65,64a	68,29a	76,06a	72,75a	64,42a
P ₂	41,05ab	55,80a	64,49a	65,11a	67,93a	76,08a	73,05a	60,52a
P ₃	40,15b	57,65a	61,99a	64,82a	67,79a	76,41a	68,58a	62,37a
P ₄	43,23a	59,54a	62,80a	67,38a	65,34a	76,85a	70,94a	61,46a
d.m.s. (5%)	2,95	5,59	5,95	6,54	9,03	8,33	8,36	7,36
Estudo de regressão								
	Modelo	QMDR	F	Prob F				
Sequeiro	$y = -0,001515^{***}DAP^2 + 0,8083^{***}DAP - 42,5059; R^2 = 0,96$	2242,076	84,48	0,0000				
25% da ETc	$y = -0,001742^{***}DAP^2 + 0,9189^{***}DAP - 47,2681; R^2 = 0,96$	2777,730	104,45	0,0000				
50% da ETc	$y = -0,002065^{***}DAP^2 + 1,0325^{***}DAP - 55,4463; R^2 = 0,95$	2826,422	98,10	0,0000				
75% da ETc	$y = -0,001882^{***}DAP^2 + 0,9468^{***}DAP - 44,9884; R^2 = 0,92$	2434,292	44,67	0,0001				
100% da ETc	$y = -0,001837^{***}DAP^2 + 0,9028^{***}DAP - 36,6168; R^2 = 0,96$	2009,826	88,32	0,0000				
125% da ETc	$y = -0,001530^{***}DAP^2 + 0,8290^{***}DAP - 35,5139; R^2 = 0,97$	5006,216	139,81	0,0000				

ns - não significativo; * e ** Significativos a 5 e 1%, respectivamente; C.V. (%) - coeficiente de variação; QMDR - quadrado médio devido à regressão; F - valor de F calculado; Prob. F - significância do modelo; Sequeiro - lâmina de irrigação 0mm; 25% da ETc - lâmina de irrigação 128mm; 50% da ETc - lâmina de irrigação 191,05mm; 75% da ETc - lâmina de irrigação 379,31mm; 100% da ETc - lâmina de irrigação 680,08mm; 125% da ETc - lâmina de irrigação 913,95mm. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; d.m.s.: desvio médio significativo

Na Figura 17 pode-se observar, graficamente, os dados de fitomassa das folhas, em função dos tratamentos. De acordo com os modelos de regressão (Tabela 13) e com base na primeira derivada das equações, é possível perceber um pico de 76,78 g, atingido, aproximadamente, aos 270,91 dias após o plantio, quando a cana foi irrigada com 125% da ETc; na cana irrigada com 100% da ETc o valor de fitomassa foi de 74,30 g e ocorreu aos 245,72 dias após o plantio; para os tratamento de 75%, 50% e 25% da ETc, os valores máximos de 74,09 g, 73,61 g e 73,91 g, foram obtidos aos 251,54, 250,00 e 263,74 dias após o plantio, respectivamente; na cana, em regime de sequeiro, a quantidade máxima de fitomassa nas folhas foi de 65,30 g, aos 266,76 dias após o plantio.

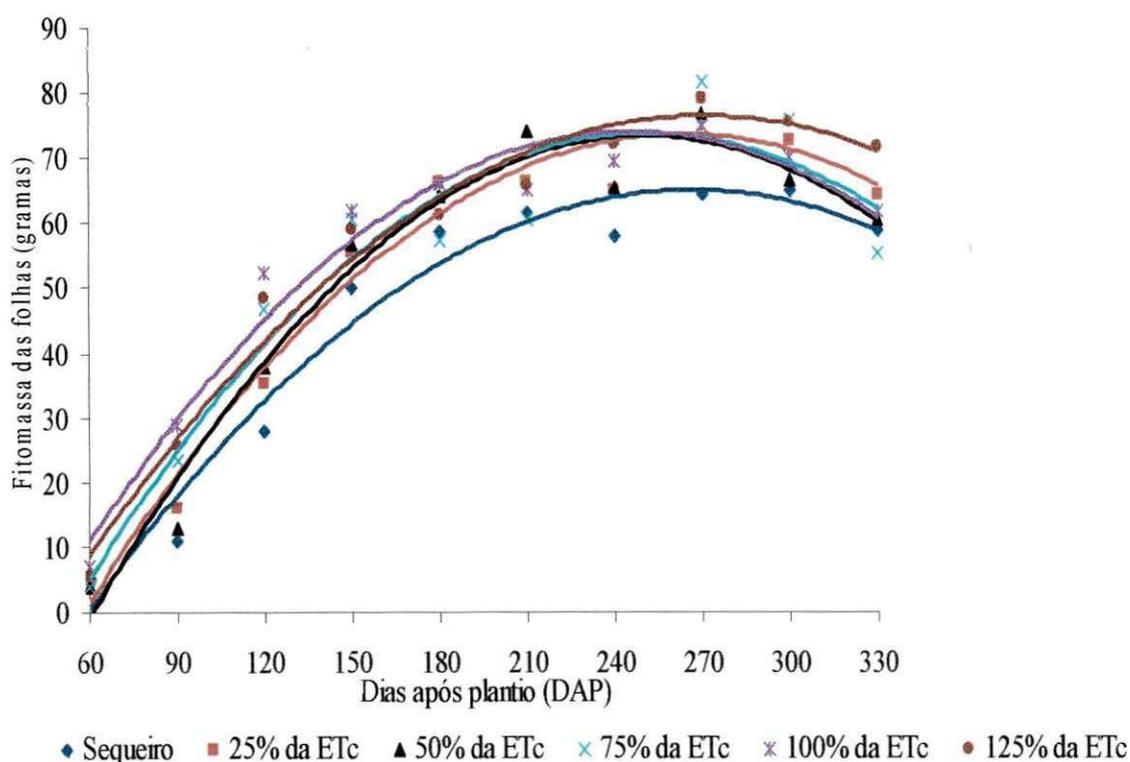


Figura 17. Fitomassa das folhas da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

5.6 Fitomassa do colmo (FITCO)

Na Tabela 14 está o resumo da ANOVA para cada período de coleta, quando se observou efeito altamente significativo ($p < 0,01$) para o fator lâminas de água de irrigação, em todas as épocas; não se constatou, porém, efeito significativo para o parcelamento da adubação nitrogenada; aos 210 dias após o plantio notou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para a interação lâminas de água de irrigação *versus* parcelamento da adubação nitrogenada. Ainda na mesma tabela e na Figura 18 pode-se observar os modelos que melhor representam o acúmulo de fitomassa do colmo para cada nível de irrigação em função do tempo; constatou-se incremento positivo da fitomassa do colmo com o aumento da lâmina de água de irrigação, até quando a cultura foi irrigada com 100% da ETc, ocorrendo diminuição na cana irrigada com 125% da ETc.

Com a cana em regime de sequeiro e as irrigadas com 25% e 50% obteve-se a menor fitomassa do colmo em relação às lâminas de água de irrigação com 75%, 100% e 125% da ETc; este menor acúmulo, além da menor quantidade total de água recebida, ocorre devido a um tempo maior para que o perfilhamento tenha seu número estabilizado fazendo com que se tenha também maior concorrência por água e nutrientes pelos indivíduos existentes. Quando a estabilização do perfilhamento ocorre em menor tempo, esta concorrência é reduzida fazendo com que as plantas existentes se desenvolvam em melhores condições hídricas e nutricionais.

Os incrementos da cana em regime de sequeiro a partir dos 120 dias após plantio em relação aos demais níveis de irrigação, aos 330 dias após o plantio, foram: 13,23%, 7,22%, 19,66%, 23,71% e 15,98% para a cana irrigada com 25%, 50%, 75%, 100% e 125%, respectivamente; ainda no final do ano de cultivo a cana que foi irrigada com 100% da ETc se manteve superior em 6,24% em relação à cultura que recebeu 125% da ETc; na fitomassa total (FT) a cana irrigada com 100% da ETc, em comparação com a de 125% da ETc, foi superior em apenas 4,58%, no período final de cultivo (Figura 19 no apêndice).

Na Figura 18 se tem o acúmulo de fitomassa no colmo ao longo do tempo, em função das diferentes lâminas de irrigação; a cana-de-açúcar teve um aumento no acúmulo de fitomassa no colmo, independente da lâmina de água de irrigação.

A cultura em condições de sequeiro acumulou fitomassa no colmo até aproximadamente o final do ano de cultivo (Figura 18) indicando que, com a chegada das chuvas (Figura 2B), a cultura em regime de sequeiro tem uma resposta melhor, prolongando o crescimento, o que também pode ser observado em altura de plantas.

Estudando o acúmulo de matéria seca nos colmos em duas variedades de cana-de-açúcar, submetidas a três lâminas de água de irrigação, nos tabuleiros costeiros paraibanos, Varela (2002) constatou maior acúmulo de matéria seca nos colmos quando a cultura foi submetida a uma lâmina de água de irrigação de 41,30 mm, a cada 12 dias, valor este de 307,98 g; para as canas irrigadas com 13,80 e 27,50 mm os referido valores foram, respectivamente, 226,75 g e 237,23 g. Silva (2003), Farias (2006) e Silva et al. (2008) verificaram aumento da fitomassa no colmo com a prática da irrigação. Robertson et al. (1999), trabalhando na Austrália também verificaram efeito do déficit hídrico no peso da matéria verde nos colmos, da variedade Q117; nas plantas irrigadas o peso do colmo foi de 1033 g e, quando foi realizado um déficit hídrico no início do cultivo, o peso do colmo foi reduzido para 887 g; esta redução no peso foi ainda mais acentuada, quando o déficit se prolongou até meados do período de cultivo, com valor de 735 g.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para fitomassa do colmo (FITCO) (gramas) da cultura da cana-de-açúcar (variedade RB 92 579).
Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após plantio - DAP)							
	120	150	180	210	240	270	300	330
Lâmina (L)	3245,00**	5122,29**	2538,20**	21012,01**	37968,76**	37392,67**	23467,36**	15379,83**
Parcelamento (P)	5,81ns	35,10ns	576,58ns	752,25ns	1184,82ns	511,38ns	2781,41ns	1550,42ns
Bloco/Lâmina	91,72	170,32	4899,76	1985,87	1248,29	816,72	4433,00	2685,12
L x P	27,19ns	100,03ns	429,89ns	1985,80*	3059,26ns	2099,12ns	1162,20ns	1598,10ns
Resíduo	24,37	93,34	441,63	951,18	2503,05	1301,96	1457,51	2002,58
C.V. (%)	19,70	14,60	16,78	15,84	16,77	9,03	8,68	9,70
Médias para lâminas de água de irrigação								
Sequeiro	6,26	41,06	107,40	144,19	199,19	302,64	384,39	404,86
25% da ETc	11,77	48,56	117,05	158,99	271,30	391,90	436,38	460,61
50% da ETc	13,91	53,84	136,98	184,51	306,73	393,17	402,63	449,13
75% da ETc	33,33	83,48	142,19	195,61	332,09	470,08	498,48	454,45
100% da ETc	45,45	88,78	112,77	253,37	356,35	432,03	482,81	510,49
125% da ETc	39,67	81,36	134,81	231,87	324,50	407,35	435,18	485,97
Médias para parcelamento da adubação nitrogenada								
P ₁	25,05a	65,47a	129,70a	202,51a	306,20a	392,38a	445,41a	473,98a
P ₂	24,37a	64,72a	118,98a	189,09a	295,30a	399,84a	450,98a	452,02a
P ₃	25,07a	66,63a	121,84a	189,78a	303,56a	405,25a	422,33a	459,00a
P ₄	25,76a	67,91a	130,28a	197,64a	288,38a	400,65a	441,19a	458,70a
d.m.s. (5%)	4,43	8,67	18,87	27,69	44,93	32,40	34,28	40,18
Estudo de regressão – Função Logística								
	Modelo					QMDR	F	Prob F
Sequeiro	$y = 586,171/(1+(x/268,502)^{-4,403})$; R ² = 0,98					18,721	227,134	**
25% da ETc	$y = 550,442/(1+(x/237,874)^{-5,527})$; R ² = 0,99					19,876	277,996	**
50% da ETc	$y = 499,275/(1+(x/222,192)^{-5,474})$; R ² = 0,99					18,844	275,598	**
75% da ETc	$y = 546,315/(1+(x/219,157)^{-5,803})$; R ² = 0,96					41,401	68,230	**
100% da ETc	$y = 583,499/(1+(x/222,295)^{-5,181})$; R ² = 0,99					21,156	269,218	**
125% da ETc	$y = 572,366/(1+(x/227,211)^{-4,574})$; R ² = 0,99					11,352	789,260	**

^{ns} não significativo; * e ** Significativos a 5 e 1%, respectivamente; C.V. (%) – coeficiente de variação; QMDR – quadrado médio devido à regressão; F – valor de F calculado; Prob. F – significância do modelo; Sequeiro – lâmina de irrigação 0mm; 25% da ETc – lâmina de irrigação 128mm; 50% da ETc – lâmina de irrigação 191,05mm; 75% da ETc – lâmina de irrigação 379,31mm; 100% da ETc – lâmina de irrigação 680,08mm; 125% da ETc – lâmina de irrigação 913,95mm. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; d.m.s.: desvio médio significativo

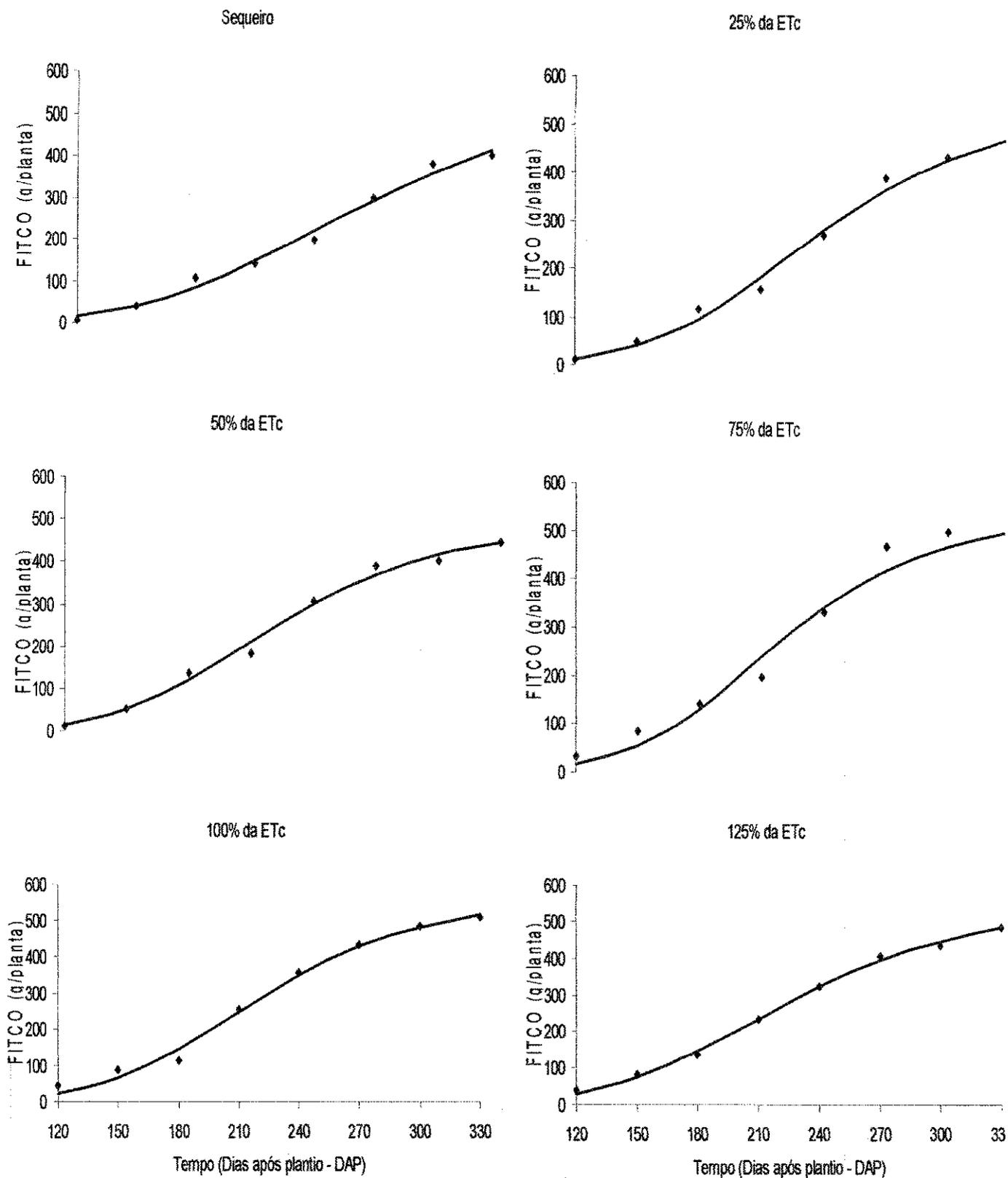


Figura 18. Fitomassa do colmo (FITCO) (g/planta) da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETC. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Na Tabela 15 estão as médias para o desdobramento da interação L x P, aos 210 dias após plantio; o maior acúmulo de fitomassa no colmo foi constatado com a aplicação 100% da ETc, compreendendo 1.247,32 mm considerando-se a lâmina aplicada e a precipitação pluvial efetiva, associadas, a P₁, acumulando 313,42 g de fitomassa no colmo; quando a cultura foi submetida ao regime de sequeiro em combinação com P₁, a média de fitomassa foi de 133,99 g/planta; estudando-se o desdobramento do parcelamento da adubação nitrogenada em cada nível de reposição da evapotranspiração, verifica-se efeito significativo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), apenas na lâmina de 100% da ETc; os maiores acúmulos de fitomassa total foram observados em P₁ (313,42 g/planta) e em P₄ (252,32 g/planta), cujos tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 15. Médias do desdobramento da interação L x P para fitomassa do colmo (FITCO) (gramas) da cana-de-açúcar aos 210 DAP, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

F.V.	Fitomassa do colmo (g)		F.V.	Fitomassa do colmo (g)	
L em P ₁	Sequeiro	133,99	P em Sequeiro d.m.s. (5%) = 67,84	P ₁	133,99a
	25% da ETc	133,87		P ₂	151,64a
	50% da ETc	209,44		P ₃	134,74a
	75% da ETc	211,22		P ₄	156,40a
	100% da ETc	313,42		Média	144,19
	125% da ETc	213,16		-	-
	Média	202,51		-	-
L em P ₂	Sequeiro	151,64	P em 25% da ETc d.m.s. (5%) = 67,84	P ₁	133,87a
	25% da ETc	159,73		P ₂	159,73a
	50% da ETc	185,07		P ₃	173,36a
	75% da ETc	173,13		P ₄	169,01a
	100% da ETc	217,10		Média	158,99
	125% da ETc	247,88		-	-
	Média	189,09		-	-
L em P ₃	Sequeiro	134,74	P em 50% da ETc d.m.s. (5%) = 67,84	P ₁	209,44
	25% da ETc	173,36		P ₂	185,07
	50% da ETc	149,90		P ₃	149,90
	75% da ETc	216,67		P ₄	193,64
	100% da ETc	230,66		Média	184,51
	125% da ETc	233,37		-	-
	Média	189,78		-	-
L em P ₄	Sequeiro	156,40	P em 75% da ETc d.m.s. (5%) = 67,84	P ₁	211,22a
	25% da ETc	169,01		P ₂	173,13a
	50% da ETc	193,64		P ₃	216,67a
	75% da ETc	181,43		P ₄	181,43a
	100% da ETc	252,32		Média	195,61
	125% da ETc	233,07		-	-
	Média	197,64		-	-
-	-	-	P em 100% da ETc d.m.s. (5%) = 67,84	P ₁	313,42a
-	-	-		P ₂	217,10b
-	-	-		P ₃	230,66b
-	-	-		P ₄	252,32ab
-	-	-		Média	253,37
-	-	-	P em 125% da ETc d.m.s. (5%) = 67,84	P ₁	213,16a
-	-	-		P ₂	247,88a
-	-	-		P ₃	233,37a
-	-	-		P ₄	233,07a
-	-	-		Média	231,87

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. F.V.: fonte de variação; d.m.s.: desvio médio significativo

6. CONCLUSÕES

A quantidade de água de irrigação aplicada à cultura não influencia no perfilhamento da cana-de-açúcar, decorrente das regularidades das chuvas ocorridas no período;

Maior área foliar, índice de área foliar e fitomassa na folha ocorrem na cultura irrigada com 125% da ETC;

Maior acúmulo da fitomassa de colmo é obtido com a lâmina de 100% da ETC;

Não existe relação direta entre a área foliar e o índice de área foliar sobre acúmulo de fitomassa no colmo;

O parcelamento da adubação nitrogenada não interfere em perfilhamento, área foliar e índice de área foliar, nem na fitomassa do colmo, em fase de cana-planta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for predicting crop water requirements**, Rome: FAO, 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56), 1998.

ALMEIDA, A.C.S.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G.V.S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R.A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1441-1448, 2008.

AZEREDO, D.F.; BOLSANELLO, J.; LIMA, E.; FERNANDES, M.S.; VIEIRA, J.R. Parcelamento da adubação nitrogenada em cana-planta no norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.441-447, 1994.

AZEVEDO, H. M. de. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 110p., 2002.

BASANTA, M.D.V. **Dinâmica do nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo de resíduos da colheita**. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 113p. 2004.

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

BERNARDO, S. **Manejo da irrigação na Cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.agronegocio.goias.gov.br/docs/portal/seminarioIII.pdf>. Acesso em: 03/11/2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625p.

BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; ASSIS, R.L.; DÖBEREINER, J. **Fixação biológica de nitrogênio por bactérias associadas a cana-de-açúcar**. Comunicado Técnico, EMBRAPA: CNPBS, n. 06, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e fertilidade do Solo. Divisão de Agrologia – SUDENE. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MA/SUDENE, 1972. 670p. (Boletim Técnico, 15).

BREDEMEIER, C. MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CANTARELLA, H. Manejo de fertilizantes nitrogenados e sulfatados na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; STIPP e ABDALL, S.R. (eds.) **Nitrogênio e**

Enxofre na Agricultura Brasileira. POTAFOS. Encarte Técnico, Informações Agronômicas, n. 114, junho 2006.

CARNEIRO, A.E.V.; TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L. Utilização de reserva orgânica e do nitrogênio do tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento de cana-planta. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, n.2, p. 199-209, 1995.

CARVALHO, C.M.; AZEVEDO, H.M.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C.H.A.; SILVA, C.T.S.; GOMES FILHO, R.R. Rendimento de açúcar e álcool submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.1, p.72-77, 2009.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO) **Acompanhamento da safra brasileira – Cana-de-açúcar.** Brasília, 13p., Abril, 2009.

DALRI, A.B.; CRUZ, R.L.; GARCIA, C.J.B. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.1, p.1-11, 2008.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J.L. da C.; FARIAS, C.H. de A.; AZEVEDO, H.M.; AZEVEDO, C.A.V. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.283-288, 2006.

DIAS, F.L.F.; ROSSETO, R. Atualização em produção de cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E., NÓBREGA, J.C.M. **Calagem e adubação da cana-de-açúcar.** Piracicaba: ESALQ/USP, cap.8, p.107-119, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 306 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33), 1994.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas.** Campina Grande: UFPB, 204 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 24), 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 212p., 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FAO – **Food and Agriculture Organization.** Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> . Acesso em: 16 jul. 2009.

FARIAS, C.H. de A., **Projeto de implantação do sistema adutor e condutor de vinhaça para a fazenda Santa Luzia.** Projeto técnico hidráulico (ART J00047792), Santa Rita/PB, 12p., 2009.

FARIAS, C.H.A. **Desenvolvimento morfofisiológico da cana-de-açúcar em regime de sequeiro e irrigado na zona da mata paraibana.** 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2001.

FARIAS, C.H. de A., **Otimização do uso da Água e do Zinco na Cana-de-açúcar em Tabuleiro Costeiro Paraibano.** 142 p. Tese (Doutorado Temático em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FARIAS, C.H.A.; DANTAS NETO, J. FERNANDES, P.D.; GHEIY, H.R.; Índice de área foliar em cana-de-açúcar sob diferentes regimes de irrigação e zinco na Paraíba. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.20, n.4; p.45-55, 2007.

FARIAS, C.H.A.; FERNANDES, P.D.; AZEVEDO, H.M.; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.4, p.356-362, 2008.

FELIPE, D.C. **Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes épocas de plantio e a adubação mineral.** Dissertação (Mestrado em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 69p., 2008.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In...45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.

FIGUEREDO, J.L.C. **Efeitos de diferentes lâminas de água e níveis de adubação de cobertura na primeira soca da cultura da cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 62p., 2004.

FRANCO, H.C.J. **Eficiência agrônômica da adubação nitrogenada pela cana-planta.** Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 128p., 2008.

FRANCO, H.C.J.; BOLOGNA, I.R.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.O.C. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.669-674, (nota científica), 2007.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. **Avaliação de sistemas de irrigação.** In: Irrigação (Série Engenharia Agrícola), v.2, p.573-651, 2003.

FRIZZONE, J.A.; MATIOLI, C.S.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A.C.A. Viabilidade econômica da irrigação suplementar da cana-de-açúcar, *Saccharum* spp., para a região Norte do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.5, p.1131-1137, 2001.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; PENATTI, C.P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto por palha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.1347-1354, 2001.

GILBERT, R.A.; RAINBOLT, C.R.; MORRIS, D.R.; McCRAY, J.M. Sugarcane growth and yield response to a 3-month summer flood. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.25, p.283-291, 2008.

GONÇALVES, C.B. **Desempenho da cana-de-açúcar, quinta folha, sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Confrontos das safras 2008 e estimativas para 2009 – Brasil**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>. Acesso em 16 jul. 2009.

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficit. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.92, p.185-202, 2005.

MACHADO, E.C. **Um modelo matemático-fisiológico para simular o acúmulo de matéria seca na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Campinas, 115p. (Mestrado – Instituto de Biologia – Universidade Estadual de Campinas), 1981.

MAGALHÃES, A.C.N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção**. Campinas: POTAFOS, 249p., 1987.

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

MARCELO, D.N. **Efeitos de fontes de doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011**. 44f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MAULE, R.F.; MAZZA, J.A.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.295-301, 2001.

MENDONÇA, E.A. **Estimativa da evapotranspiração de referência no município de Capim-PB**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 114p., 2008.

MOURA, M.V.P.S.; FARIAS, C.H. de A.; AZEVEDO, C.A.V.; DANTAS NETO, J. AZEVEDO, H.M.; PORDEUS, R.V. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.753-760, 2005.

OLIVEIRA, M.W. **Dinâmica do nitrogênio da uréia (¹⁵N) no sistema solo cana-de-açúcar com ou sem queima da palha.** 93p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

OLIVEIRA, M.W.; FREIRE, F.M.; MACÊDO, G.A.R.; FERREIRA, J.J. **Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte – MG, v.28, n.239, p.30-43, 2007.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. (eds.) **Produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: FEALQ/USP, p. 133-146, 1993.

PRADO, R.M.; PANCELLI, M.A. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.951-959, 2008.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F.A. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 150p., 2003.

RAMOS, F.A.P. **Comportamento da cana-de-açúcar, cultivar SP 79-1011, submetida a diferentes épocas de plantio em duas condições edafoclimáticas.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 63p., 2006.

RANA & KATERJI. Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: A review. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.13, p.125-153, 2000.

REHMAN, A.U.; **Nitrogen requeriments of sugarcane varieties under different soil moisture regimes.** 539f. Tese (Doctor of Philosophy in Agronomy) – Indh Agriculture University, Tando Jam, 1995.

RIBEIRO JUNIOR, J.I. **Análises estatística no SAEG.** Viçosa/MG, 2001, 301p.

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

ROBERTSON, M.J. INMAN-BAMBER, N.G.; MUCHOW, R.C.; WOOD, A.W. Physiology and productivity of sugarcane with early and mid-season water deficit. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.64, p.211-227, 1999.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar.** Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista, 99p. (Apostila), 1995.

ROSÁRIO, A. **Alagoas desenvolve nova variedade de cana-de-açúcar.** Disponível em: <http://www.sindacucar-al.com.br/www/noticiasTexto.asp?id=1686>. Acesso em: 01/11/2007.

SANTOS, M.A.L.; FRIZZONE, J.A. Irrigação suplementar da Cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) no mês de janeiro: um modelo de decisão para o Litoral Sul de Alagoas. **Irriga**. Botucatu, v.11, n.3, p.339-355, 2006.

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. Variação espaço-temporal do índice de área foliar e do brix em cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.67, n.1, p.35-41, 2008.

SHIGAKI, F.; FREITAS, N.; BERTO, A.; CEDDIA, M.B.; ZONTA, E.; LIMA, E. Influência do estresse hídrico nos parâmetros de crescimento, acúmulo de N e produtividade de diferentes variedades de cana-de-açúcar em Miracema-RJ. **Universidade Ruaral Série Ciências da Vida**, Seropédica, v.24, n.1, p.63-71, 2004.

SILVA, C.T.S. **Efeitos de diferentes níveis de adubação, sobre a produção da terceira folha de cana, irrigada nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

SILVA, L.C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em sete de cultivares da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na região de Coururipe-AL**. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2007.

SILVA, M.A.; CARLINS, S.D.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v.51, n.296, p.457-466, 2004.

SILVA, M.A.; SILVA, J.A.G.; ENCISO, J.; SHARMA, V.; JIFON, J. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.6, p.620-627, 2008.

SIMÕES, M.S.; ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.C. Growth indices and productivity in sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.1, p. 23-30, 2005.

SINDAÇÚCAR-AL (SINDICATO DA INDÚSTRIA DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL DO ESTADO DE ALAGOAS). **Pesquisadores Paulistas vêm a Alagoas ajudar em Pesquisa da RB 92579**. Disponível em: <http://www.sindacucar-al.com.br/www/noticiasTexto.asp?id=2107>. Acesso em: 26/11/2007.

SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.98, p.91-97, 2006.

SOARES, W. R.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. Coeficientes de cultura no estágio de desenvolvimento ($K_{c_{ini}}$) para diferentes texturas de solo. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.21, n.3, p.218-226, 2001.

SOUZA, E. F.; BERNADO, S.; CARVALHO, J. A. Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades em Campos dos Goytacazes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.28-12, 1999.

SUGARCANE. **Soil requeriment**. Disponível em: http://www.sugarcane crops.com/p/soil_requirement/. Acesso em 09 jul. 2009.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TRIVELIN, P.C.O. **Utilização do nitrogênio pela cana-de-açúcar: três casos estudados com o uso do traçador ¹⁵N**. Tese (Livre-docência) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 143p., 2000.

UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=UNICA%20em%20ação&SubSecao=cana-de-açúcar>. Acesso em: 23/09/2007.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K.H.S.; BODDEY, R.M.. Contribution of nitrogen fixation to sugarcane: nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. **Soil Science Society America Journal**, Pittsburgh, v.56, p.105-114, 1992.

URZÚA, H. Beneficios de la fijación biológica de nitrógeno en Chile. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v.32, n.2, p.113-159, 2005.

VARELA, A.C.G. **Análise do comportamento morfofisiológico da cana-de-açúcar irrigada nos tabuleiros costeiros paraibanos**. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

VERISSÍMO, G. **PMGCA lança três novas variedades de cana RB**. Disponível em: <http://www.boletimpecuario.com.br/noticias/noticia.php?noticia=not3184.boletimpecuario>. Acesso em: 26/11/2007.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C.; FRANCO, H.C.J.; BOLOGNA, I.R.; FARONI, C.E. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.491-498, 2007.

WIEDENFELD, B. Effects of irrigation water salinity and electrostatic water treatment for sugarcane production. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 95, p. 85-88, 2008.

ZÉREGA, L.; HERNÁNDEZ, T.; VALLADARES, J. Efectos de diferentes fuentes de nitrógeno y dosis de magnesio sobre el suelo y el cultivo de canã de azúcar. **Bioagro**, Barquisimeto, v.9, n.2, p. 43-51, 1997.

ZULLO, J. J.; ARRUDA, F. B. **Programa computacional para ajuste de equações em dados experimentais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 31 p. (Boletim Técnico, 113).

Tabela 16. Resumo da análise de variância para área foliar (cm²), altura de plantas (cm), número de plantas, índice de área foliar (IAF) e fitomassa total (gramas) da cana-de-açúcar aos 60 dias após plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Quadrados médios					
F.V.	Área foliar	Altura de plantas	Número de plantas	IAF	Fitomassa total
Bloco	5727,57	8,32	118,81	0,24	0,66
Lâmina	87647,25**	66,49**	490,70**	1,60**	17,69**
Resíduo	8389,01	3,29	56,23	0,11	1,21
C.V. (%)	21,74	13,15	32,13	35,41	21,98
Médias para lâminas de água de irrigação					
Sequeiro	416,40	11,97	21,51	0,88	5,26
25% da ETc	423,75	11,83	18,41	0,78	4,77
50% da ETc	382,53	11,52	19,00	0,67	3,70
75% da ETc	330,44	15,11	34,25	1,15	3,86
100% da ETc	582,18	17,25	27,83	1,63	7,01
125% da ETc	392,17	15,11	18,99	0,70	5,49

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Tabela 17. Lâmina de água de irrigação, precipitação total*, precipitação efetiva e lâmina total aplicada à cultura, aos 90 dias após plantio. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Tratamento	Precipitação aproveitável	Lâmina de irrigação	Água total
-----mm-----			
Sequeiro	15,40	0	15,40
25% da ETc	15,40	91,68	107,08
50% da ETc	15,40	183,37	198,77
75% da ETc	15,40	275,05	290,45
100% da ETc	15,40	366,74	382,14
125% da ETc	15,40	458,20	473,60

* Precipitação total ocorrida no período experimental aos 90 dias após o plantio: 15,40 mm

Tabela 18. Resumo da análise de variância para fitomassa total (FT) (gramas) da cana-de-açúcar. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após plantio - DAP)							
	120	150	180	210	240	270	300	330
Lâmina (L)	7785,96**	7342,72**	2316,85**	21679,60**	45138,25**	44937,74**	27182,86**	18002,86**
Parcelamento (P)	54,32ns	162,39ns	418,70ns	920,53ns	1550,77ns	548,80ns	3755,63ns	2119,255ns
Bloco/Lâmina	190,73	326,35	5431,23	2228,73	1332,19	1159,50	5664,76	2863,79
L x P	59,76ns	237,66ns	625,12ns	2560,15*	3747,12ns	2480,80ns	1488,17ns	2076,71ns
Resíduo	56,29	177,46	638,63	1257,28	3062,72	1772,30	1978,16	2543,42
C.V. (%)	11,26	10,78	13,46	13,61	15,13	8,85	8,70	9,63
Médias para lâminas de água de irrigação								
Sequeiro	34,36	91,22	166,13	205,81	257,38	367,36	449,77	463,97
25% da ETc	47,27	104,05	183,74	225,44	336,45	471,34	509,34	525,35
50% da ETc	51,97	110,60	201,38	258,80	372,17	470,41	469,64	509,81
75% da ETc	80,24	144,29	199,79	256,31	405,45	551,95	574,81	510,15
100% da ETc	97,71	150,97	178,95	318,77	425,95	507,34	553,34	572,42
125% da ETc	88,12	140,42	196,35	297,87	396,80	486,88	510,99	558,08
Médias para parcelamento da adubação nitrogenada								
P ₁	66,81a	122,11a	190,50a	268,16a	374,48a	468,44a	518,17a	538,40a
P ₂	65,42a	120,52a	183,48a	254,21a	363,25a	475,92a	524,05a	512,54a
P ₃	65,23a	124,28a	183,83a	254,61a	371,34a	481,66a	490,91a	521,36a
P ₄	69,00a	127,46a	193,09a	265,02a	353,72a	477,50a	512,13a	520,90a
d.m.s. (5%)	6,73	11,96	22,69	31,84	49,70	37,80	39,94	45,29
Estudo de regressão – Função Logística								
	Modelo	QMDR	F	Prob F				
Sequeiro	$y = 743,536 / (1 + (x/275,908)^{-3,338})$; R ² = 0,99	19,195	372,593	**				
25% da ETc	$y = 696,694 / (1 + (x/238,780)^{-4,003})$; R ² = 0,98	23,764	333,954	**				
50% da ETc	$y = 595,096 / (1 + (x/213,507)^{-4,300})$; R ² = 0,99	18,159	537,990	**				
75% da ETc	$y = 666,475 / (1 + (x/215,205)^{-4,246})$; R ² = 0,96	47,246	94,314	**				
100% da ETc	$y = 739,788 / (1 + (x/225,434)^{-3,638})$; R ² = 0,98	25,078	340,070	**				
125% da ETc	$y = 723,398 / (1 + (x/229,187)^{-3,482})$; R ² = 0,99	15,726	784,676	**				

ns não significativo; * e ** Significativos a 5 e 1%, respectivamente; C.V. (%) – coeficiente de variação; QMDR – quadrado médio devido à regressão; F – valor de F calculado; Prob. F – significância do modelo; Sequeiro – lâmina de irrigação 0mm; 25% da ETc – lâmina de irrigação 128mm; 50% da ETc – lâmina de irrigação 191,05mm; 75% da ETc – lâmina de irrigação 379,31mm; 100% da ETc – lâmina de irrigação 680,08mm; 125% da ETc – lâmina de irrigação 913,95mm. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; d.m.s.: desvio médio significativo

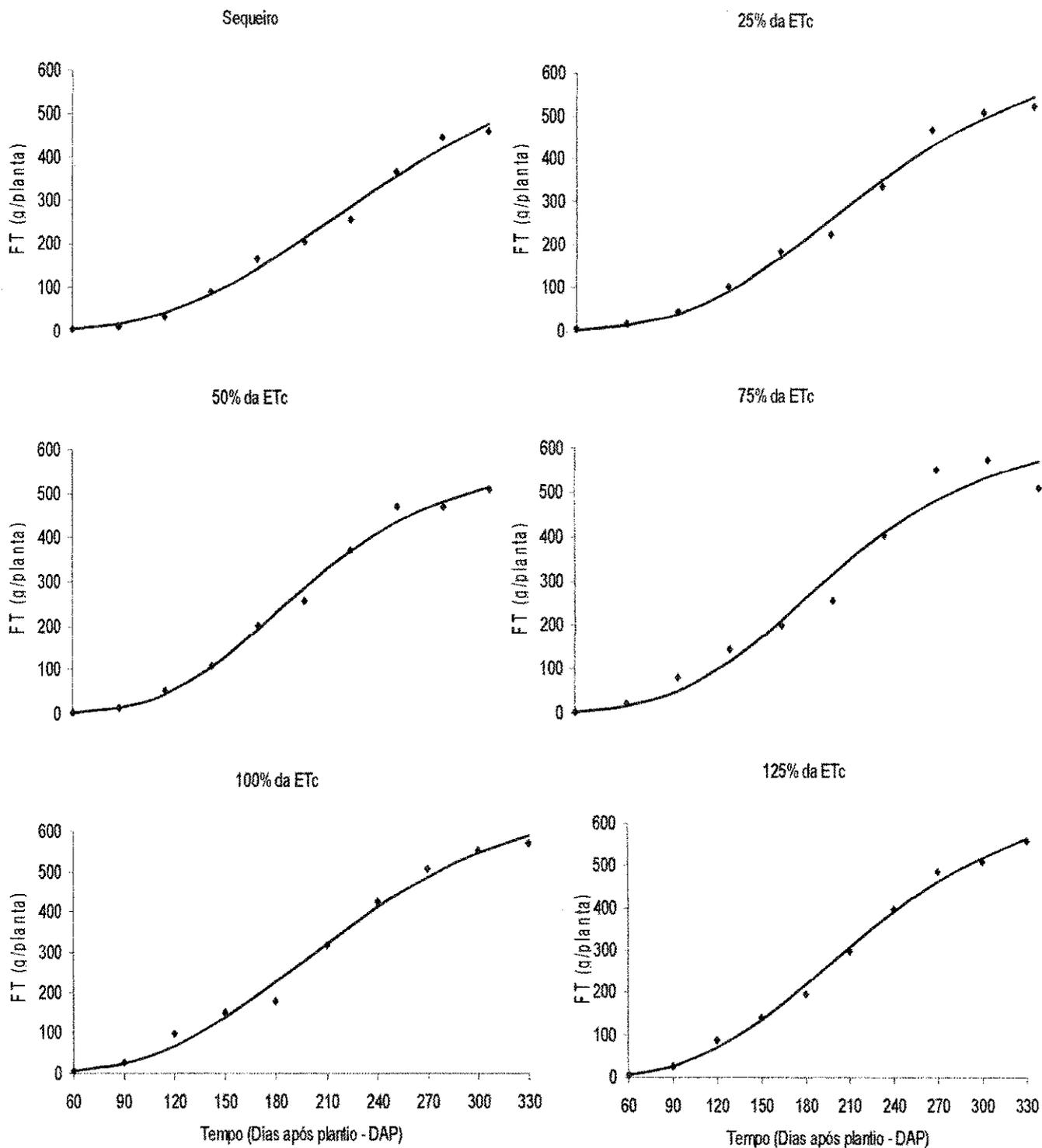


Figura 19. Fitomassa total (FT) (g/planta) da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, ao longo do período de cultivo, para os seis tratamentos de reposição da ETc. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

Tabela 19. Médias do desdobramento da interação L x P para fitomassa total (FT) (gramas) da cana-de-açúcar aos 210 DAP, Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009

F.V.	Fitomassa total (g)		F.V.	Fitomassa total (g)	
L em P ₁	Sequeiro	194,82	P em Sequeiro d.m.s. (5%) = 78,00	P ₁	194,82a
	25% da ETc	192,67		P ₂	215,28a
	50% da ETc	285,88		P ₃	193,43a
	75% da ETc	277,23		P ₄	219,72a
	100% da ETc	381,35		Média	205,81
	125% da ETc	277,03		-	-
	Média	268,16		-	-
L em P ₂	Sequeiro	215,28	P em 25% da ETc d.m.s. (5%) = 78,00	P ₁	192,67a
	25% da ETc	225,59		P ₂	225,59a
	50% da ETc	260,23		P ₃	243,11a
	75% da ETc	230,80		P ₄	240,39a
	100% da ETc	276,50		Média	225,44
	125% da ETc	316,87		-	-
	Média	254,21		-	-
L em P ₃	Sequeiro	193,43	P em 50% da ETc d.m.s. (5%) = 78,00	P ₁	285,88a
	25% da ETc	243,11		P ₂	260,23a
	50% da ETc	218,20		P ₃	218,20a
	75% da ETc	279,75		P ₄	270,91a
	100% da ETc	295,97		Média	258,80
	125% da ETc	297,21		-	-
	Média	254,61		-	-
L em P ₄	Sequeiro	219,72	P em 75% da ETc d.m.s. (5%) = 78,00	P ₁	277,23a
	25% da ETc	240,39		P ₂	230,80a
	50% da ETc	270,91		P ₃	279,75a
	75% da ETc	237,48		P ₄	237,48a
	100% da ETc	321,28		Média	256,31
	125% da ETc	300,37		-	-
	Média	265,02		-	-
-	-	-	P em 100% da ETc d.m.s. (5%) = 78,00	P ₁	381,35a
-	-	-		P ₂	276,50b
-	-	-		P ₃	295,97b
-	-	-		P ₄	321,28ab
-	-	-		Média	318,77
-	-	-	P em 125% da ETc d.m.s. (5%) = 78,00	P ₁	277,03a
-	-	-		P ₂	316,87a
-	-	-		P ₃	297,21a
-	-	-		P ₄	300,37a
-	-	-		Média	297,87

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. F.V.: fonte de variação; d.m.s.: desvio médio significativo

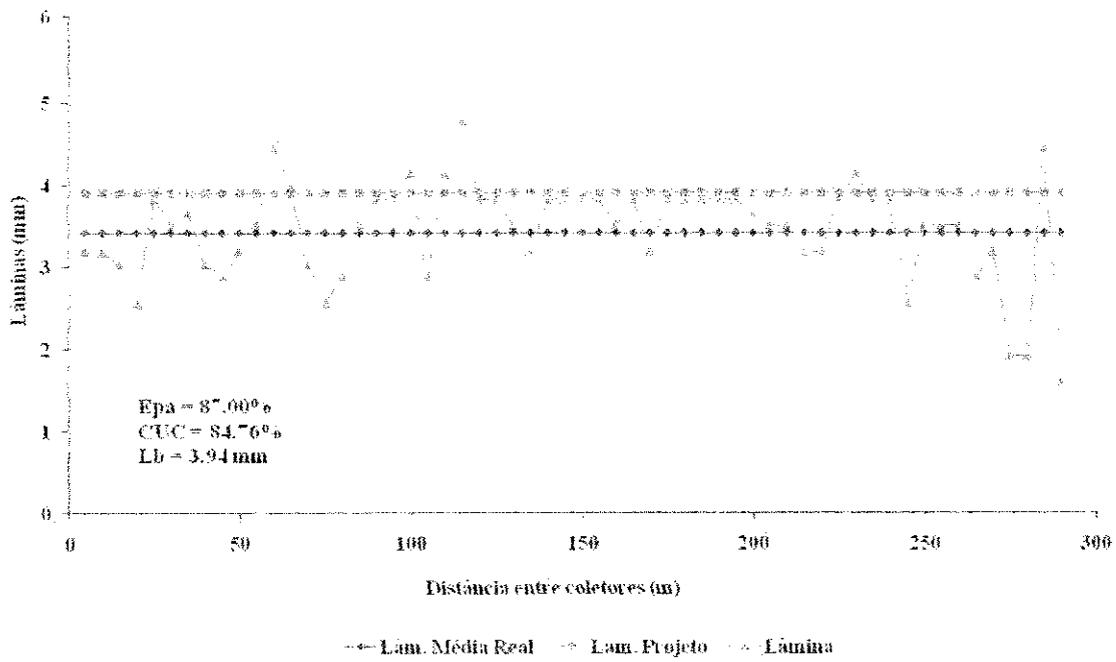


Figura 20. Resultado do ensaio de distribuição de água (uniformidade de irrigação) do pivô central. Fazenda Capim II, Capim, PB, 2009