UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DESEMPENHO DA BETERRABA 'KATRINA' SUBMETIDA A LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS VIA FERTIRRIGAÇÃO

Juvenal Caetano de Barcelos
Licenciado em Ciências Agrícolas

JABOTICABAL, SÃO PAULO – BRASIL
2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DESEMPENHO DA BETERRABA 'KATRINA' SUBMETIDA A LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS VIA FERTIRRIGAÇÃO

Juvenal Caetano de Barcelos

Orientador: Prof. Dr. José Renato Zanini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Novembro de 2010

Barcelos, Juvenal Caetano de
B242d Desempenho da beterraba 'katrina' submetida a lâminas de água e doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação / Juvenal Caetano de Barcelos. – – Jaboticabal, 2010
x, 79 f. il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010
Orientador: José Renato Zanini
Banca examinadora: Luis César Dias Drumond, Elias Nascentes Borges, Luiz Carlos Pavani, Leila Trevizan Braz
Bibliografia

1. irrigação localizada. 2. manejo da fertirrigação. 3. manejo de irrigação. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.674

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DESEMPENHO DA BETERRABA 'KATRINA' SUBMETIDA A LÂMEINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS VIA FERTIRRIGAÇÃO

AUTOR: JUVENAL CAETANO DE BARCELOS

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSE RENATO ZANINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOSE RENATO ZANINI
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. LUIS CESAR DIAS DRUMOND
Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão / Universidade Federal de Viçosa / Rio Paranaiba/MG

Prof. Dr. ELIAS NASCENTES BORGES
Departamento de Agronomia / Universidade Federal de Uberlândia / Uberlândia/MG

Prof. Dr. LUIZ CARLOS PAVANI
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. LEILA TREVIZAN BRAZ
Departamento de Producao Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 17 de novembro de 2010.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JUVENAL CAETANO DE BARCELOS - nascido em 1º de outubro de 1965, na cidade de Carmo do Paranaíba - MG, obteve título de Técnico em Agropecuária em 1985, pela Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia – MG. Em 1986 ingressou no curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ), recebendo o título de professor em Ciências Agrícolas em 1990. Trabalhou na área de irrigação com pivô central de 1990 até 1995, na fazenda Mandaguari Município de Indianópolis – MG. Entrou na Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia em 1995, onde ministrou as disciplinas de Topografia, Introdução à Agricultura, Horticultura, Culturas Anuais, Capacidade de Uso e Manejo do Solo, ocupando, simultaneamente, o cargo de Coordenador de Produção, de 1997 até 2004. Desde então, leciona as disciplinas de Manejo Solo-Água-Planta-Atmosfera, Capacidade de Uso e Manejo do Solo, ocupando o Cargo de Diretor de Ensino do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Câmpus Uberlândia. Em março de 2002, iniciou o curso de mestrado na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), obtendo o título de "Mestre em Agronomia (Fitotecnia)", em 2003. Em março de 2008, iniciou o curso de Doutorado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal (FCAV), concluindo-o em novembro de 2010, com obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

"Trate bem a terra. Ela não foi doada a você pelos seus pais. Ela foi emprestada a você pelos seus filhos."

Provérbio antigo do Quênia

Aos meus pais,

Alcides Onésimo de Barcelos (*in memoriam*) e
Irma Caetano (*in memoriam*),
Razão da minha existência e que iluminaram
os primeiros passos de minha vida.

OFEREÇO

À minha esposa, Sirlei de Fátima Barcelos, meus filhos, Mariane de Fátima Barcelos e Juvenal Caetano de Barcelos Junior, pelo amor, carinho e compreensão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” – Câmpus Jaboticabal - UNESP, pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro - Câmpus Uberlândia, na pessoa do prof. Ruben Carlos Benvegnú Minussi, pela oportunidade de participação neste curso.

Ao Prof. Dr. José Renato Zanini, pela excelente orientação, paciência e dedicação durante a execução deste trabalho.

À minha esposa Sirlei e a meus filhos Mariane e Juvenal Junior, pelo amor, carinho, compreensão e estímulos constantes à efetivação desta tese.

Ao meu irmão, Geraldo Lúcio de Barcelos, pela amizade, apoio e pelos estímulos constantes, para concretização deste estudo.

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Tomé, pela ajuda na condução do experimento, análise estatística e interpretação dos dados e pelos incentivos no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Elias Nascentes Borges e ao servidor Marcos Aurélio, do Laboratório de Manejo e Conservação do Solo da Universidade Federal de Uberlândia, pela ajuda na realização das análises físicas e químicas.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Ribeiro, pelo incentivo no curso de Doutorado e sua amizade ao longo dos anos de convivência na vida acadêmica e profissional.

Ao aluno Thiago, bolsista do setor de irrigação do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Câmpus Uberlândia, pela ajuda na condução, coleta de dados e análises de dados de todo o experimento.

Às alunas, Sheila, Nayara e Kelen, do curso Superior de Tecnologia em Alimentos, pela ajuda na realização das análises químicas e classificação das beterrabas.

Aos colegas, Elcides Rodrigues da Silva e Marco Antonio Franco Lemos Filho, pela amizade e troca de experiências na área de irrigação.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Agronomia – UNESP, em especial àqueles com os quais mantive contato mais constante, principalmente pela oportunidade de cursar suas disciplinas.

À CAPES, pelo apoio financeiro, sem o qual não seria possível o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr José Renato Zanini, Prof. Dr. Luis César Dias Drumond, Prof. Dr. Elias Nascentes Borges, Prof. Dr. Luiz Carlos Pavani e Prof^{a}. Dr^{a}. Leila Trevizan Braz, pelas sugestões importantes à melhoria desta tese.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS..... iii
LISTA DE TABELAS..... v
LISTA DE ANEXOS..... vii
RESUMO..... ix
SUMMARY..... x
1 - INTRODUÇÃO..... 1
2 - REVISÃO DE LITERATURA..... 3
2.1 Irrigação por gotejamento..... 4
2.2 Fertirrigação..... 6
2.3 Adubação..... 10
2.4 Evapotranspiração..... 12
2.5 Água na agricultura..... 16
2.6 Manejo de irrigação via clima..... 18
2.7 Consumo de água pelas plantas..... 19
3 - MATERIAL E MÉTODOS..... 21
3.1 Descrição geral da área..... 21
3.2 Delineamento experimental..... 22
3.3 Preparo do solo e confecção dos canteiros..... 24
3.4 Adubação de semeadura..... 25
3.5 Cultivar de beterraba utilizada..... 26
3.6 Semeadura e manejo fitossanitário da cultura..... 26
3.7 Sistema de irrigação..... 28
3.8 Tubo de gotejamento..... 28
3.9 Determinação da evapotranspiração..... 31
3.9.1 Tanque Classe A..... 31
3.10 Manejo da irrigação..... 32
3.11 Manejo da fertirrigação..... 33
3.12 Consumo de água pelo manejo de irrigação..... 33

3.13 Coleta das amostras de beterraba..... 34
3.14 Classificação comercial..... 34
3.15 Produtividade..... 35
3.16 Preparo das amostras de beterraba..... 35
3.16.1 Acidez titulável..... 35
3.16.2 pH..... 36
3.16.3 Teor de sólidos solúveis (º Brix)..... 36
3.17 Coleta das amostras de solo..... 36
3.18 Preparo das amostras de solo para as análises..... 36
3.18.1 pH do solo (H_2O)..... 37
3.18.2 Determinação de cálcio e magnésio..... 37
3.18.3 Determinação do fósforo..... 37
3.18.4 Preparação do extrato de saturação..... 37
3.18.5 pH e condutividade elétrica do extrato saturado..... 38
3.19 Análise estatística..... 38
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 39
4.1 Uniformidade de distribuição de água..... 39
4.2 Produção de Biomassa..... 40
4.2.1 Produtividade..... 40
4.2.2 Massa verde de raiz por classe..... 42
4.2.3 Massa seca de raiz por classe..... 42
4.2.4 Massa foliar e altura de planta..... 43
4.3 Qualidade da fitomassa da beterraba..... 44
4.4 Consumo de água pelo manejo de irrigação..... 47
4.5 Solo..... 50
5 - CONCLUSÕES..... 54
6 - REFERÊNCIAS..... 55
7 - ANEXOS..... 70

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Tipos de gotejadores. (Foto: Marco Antônio Fonseca Conceição)..... 4
Figura 2. Filtros de discos (a) tela (b). (Fonte: Catálogo Carborundum)..... 5
Figura 3. Filtros de areia. (Fonte: Catálogo Carborundum)..... 5
Figura 4. Esquema de distribuição dos fatores: Lâminas (L) na parcela e doses (D) na subparcela, num experimento em blocos com parcelas subdivididas..... 24
Figura 5. Solo após ser gradeado e subsolado (a); canteiros após aplicação do adubo de semeadura a lanço, antes da incorporação (b)..... 25
Figura 6. Características foliares da cultivar de beterraba Katrina do tipo “Tall Top Early Wonder” (a) e características das raízes globulares exigidas no mercado (b)..... 26
Figura 7. Equipamento manual para semeadura de hortaliças desenvolvido no setor de horticultura do Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Câmpus Uberlândia..... 27
Figura 8. Pulverizador manual pressurizado, utilizado para realizar os tratamentos fitossanitários durante o cultivo da cultura da beterraba..... 28
Figura 9. Tanque de decantação de água do setor de fruticultura do IFTM – Câmpus Uberlândia (a); manômetro para verificar a pressão de serviço de sistema de irrigação (b); vista geral das subparcelas do experimento e os registros de controle de lâminas por parcela (c); e cabeçal de controle de pressão e filtragem de água (d)..... 29
Figura 10. Posição do tubo de gotejamento em relação às linhas de semeadura, no início e no final do ciclo da beterraba (a e b); distribuição das lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada nas subparcelas (c); e coleta de dados para

avaliação da uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação (d)..... 30
Figura 11. Tanque classe A da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia (a); demonstração da leitura do nível da água no tanque por meio de um paquímetro (b)..... 31
Figura 12. Preparo da pasta saturada para extração da solução de saturação (a); extração da solução saturada para determinação da condutividade do solo (b)..... 38
Figura 13. Consumo de água pelo manejo de irrigação, nas diferentes lâminas de irrigação na cultura de beterraba..... 48
Figura 14. Lâminas diárias para a cultura de beterraba, no mês de julho de2009, para L50, L75, L100 e L125, e tempos de irrigação para T50, T75, T100 e T125..... 49
Figura 15. Lâminas diárias para a cultura de beterraba, no mês de agosto de 2009, para L50, L75, L100 e L125, e tempos de irrigação para T50, T75, T100 e T125..... 49
Figura 16. Lâminas diárias para a cultura de beterraba, no mês de setembro de 2009, para L50, L75, L100 e L125, e tempos de irrigação para T50, T75, T100 e T125..... 50

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Fertilizantes nitrogenados utilizados para fertirrigação..... 9
Tabela 2. Fertilizantes potássicos utilizados para fertirrigação..... 9
Tabela 3. Valores de coeficiente do tanque Classe A (Kp), em função dos dados meteorológicos da região e do meio em que ele está instalado, segundo Doorenbos & Pruitt (FAO, 1977)..... 15
Tabela 4. Coeficiente da cultura (Kc) de algumas espécies vegetais, em função dos estádios de desenvolvimento da cultura e das condições climáticas..... 16
Tabela 5. Duração em dias dos estádios de desenvolvimento de algumas culturas, segundo ALLEN ET AL. (1998)..... 16
Tabela 6. Características físicas do solo da área experimental..... 21
Tabela 7. Características químicas do solo da área experimental determinadas por análises químicas conforme EMBRAPA (1997)..... 22
Tabela 8. Desempenho do tubo gotejador GreenDrip da Seowonco LTDA, em diferentes pressões..... 29
Tabela 9. Classe de tamanho de beterraba, de acordo com a classificação do “Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura” (CEAGESP, 2010)..... 34
Tabela 10. Valores obtidos para coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) (1942) para distribuição de água pelos gotejadores no início e término do experimento..... 39
Tabela 11. Classificação dos sistemas de irrigação por gotejamento, segundo o coeficiente de uniformidade de Christiansen (%)..... 39
Tabela 12. Resultados da análise de variância para produtividade de massa fresca total de raiz (PMFR), em kg ha^{-1}, produtividade de massa seca total de raiz (PMSR), em kg ha^{-1}, produção de massa fresca de raiz classe 1A (MFR1A), em g m^{-1}, produção de massa fresca

de raiz classe 2A (MFR2A), em g m^{-1}..... 41

Tabela 13. Resultado da análise de variância para massa seca da classe 1A (MSR1A), em g m^{-1}, massa seca da classe 2A (MSR2A), em g m^{-1}, altura de planta, em cm, massa fresca de folhas (MFF), em g m^{-1} e massa seca de folhas (MSF), em g m^{-1}..... 43

Tabela 14. Resultado da análise de variância para teor de sólidos solúveis de raiz da classe 1A em ºBrix; teor de sólidos solúveis de raiz da classe 2A em ºBrix; acidez titulável de raiz da classe 1A (ATT1A) em pH; acidez titulável de raiz da classe 2A(ATT2A) em pH; acidez de raiz da classe A (pH A) e acidez de raiz da classe 2A (pH 2A)..... 45

Tabela 15. Resultado da análise de variância para consumo de água pelo manejo de irrigação (CA), em m^3 ha^{-1}, condutividade elétrica (CEes),em .mS cm^{-1}, pH do extrato de saturação (pH ES)..... 48

Tabela 16. Resultado da análise de variância para fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e pH do solo..... 52

LISTA DE ANEXOS

Página

Anexo 1. Dados de umidade relativa do ar, velocidade média do vento, temperatura média diária, chuva e evaporação diária determinadas pelo tanque Classe A da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, em julho de 2009..... 71

Anexo 2. Dados de umidade relativa do ar, velocidade média do vento, temperatura média diária, chuva e evaporação diária determinadas pelo tanque Classe A da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, em agosto de 2009..... 72

Anexo 3. Dados de umidade relativa do ar, velocidade média do vento, temperatura média diária, chuva e evaporação diária determinadas pelo tanque Classe A da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, em setembro de 2009..... 73

Anexo 4. Evaporação medida no tanque classe A (ECA), lâminas diárias de irrigação (mm), e tempo de irrigação (minutos), para os tratamentos L_{50}, L_{75}, L_{100} e L_{125}, calculadas com base nos dados da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, no mês de julho de 2009..... 74

Anexo 5. Evaporação medida no tanque classe A (ECA), lâminas diárias de irrigação (mm), e tempo de irrigação (minutos), para os tratamentos L_{50}, L_{75}, L_{100} e L_{125}, calculadas com base nos dados da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, no mês de agosto de 2009..... 75

Anexo 6. Evaporação medida no tanque classe A (ECA), lâminas diárias de irrigação (mm), e tempo de irrigação (minutos), para os tratamentos L_{50}, L_{75}, L_{100} e L_{125}, calculadas com base nos dados da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, no mês de setembro de 2009..... 76

Anexo 7. Limites máximos de tolerância de defeitos (%) por categoria pela

Proposta de Regulamento Técnico de Identificação e Qualidade da Beterraba (*Beta vulgaris* L.), do "Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura"..... 77

Anexo 8. Médias de produtividade de massa fresca de raiz (PMFR), em kg ha^{-1}, produtividade de massa seca de raiz (PMSR), em kg ha^{-1}, massa fresca de raiz da classe 1A (MFR1A) e 2A (MFR2A), em g m^{-1}, massa seca de raiz da classe 1A (MSR1A) e 2A (MSR2A), em g m^{-1}, altura das plantas no dia da colheita, em cm, massa fresca de folhas (MFF), em g $m0^{-1}$, massa seca de folhas, (MSF), em g m^{-1}, teor de sólidos solúveis na classe 1A (ºBRIX1A) e 2A (ºBRIX1A), acidez total titulável na classe 1A (ATT1A) e 2A (ATT2A), em pH, acidez de raiz da classe 1A (pH1A) e 2A (pH2A), em pH, consumo de água pelo manejo de irrigação, em m^3 ha^{-1},condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), em mS cm^{-1} e pH do extrato de saturação, teores de fósforo, cálcio, magnésio e pH do solo nas lâminas de irrigação na cultura de beterraba Katrina..... 78

Anexo 9. Médias de produtividade de massa fresca de raiz (PMFR), em kg ha^{-1}, produtividade de massa seca de raiz (PMSR), em kg ha^{-1}, massa fresca de raiz da classe 1A (MFR1A) e 2A (MFR2A), em g m^{-1}, massa seca de raiz da classe 1A (MSR1A) e 2A (MSR2A), em g m^{-1}, altura das plantas no dia da colheita, em cm, massa fresca de folhas (MFF), em g m^{-1}, massa seca de folhas, (MSF), em g m^{-1}, teor de sólidos solúveis na classe 1A (ºBRIX1A) e 2A (ºBRIX1A), acidez total titulável na classe 1A (ATT1A) e 2A (ATT2A), em pH, acidez de raiz da classe 1A (pH1A) e 2A (pH2A), em pH, consumo de água pelo manejo de irrigação, em m^3 ha^{-1},condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), em mS cm^{-1} e pH do extrato de saturação, teores de fósforo, cálcio, magnésio e pH do solo nas doses de nitrogênio na cultura de beterraba Katrina..... 79

DESEMPENHO DA BETERRABA 'KATRINA' SUBMETIDA A LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS VIA FERTIRRIGAÇÃO

RESUMO: A cultura da beterraba é bastante susceptível às deficiências hídricas, ocasionadas pela má distribuição das chuvas, visto que as hortaliças constituem um grupo de culturas que têm mais de 80% de água em sua composição. O experimento foi realizado na área do campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Câmpus Uberlândia (IFTM), situado a 18º45'53" Sul, 48º17'20" Oeste e altitude de 620 metros, com clima tipo Cwa (Köeppen). O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho quanto à produtividade e qualidade da beterraba cultivar 'Katrina', em função de quatro lâminas diárias de irrigação, e quatro doses de nitrogênio, aplicadas por fertirrigação, no município de Uberlândia, Minas Gerais. O delineamento experimental foi em blocos, com parcelas subdivididas, compostas por lâminas de irrigação, correspondentes a 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura com base no tanque classe A, e doses de adubo nitrogenado, correspondentes a 50, 75, 100 e 125% da dose recomendada pelo cálculo da adubação, com base nas recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes do Estado de Minas Gerais. Na cultura da beterraba não ocorreu efeito significativo para as lâminas de irrigação e para as doses de adubação, evidenciando que é uma espécie rústica, podendo ser cultivada sem grandes investimentos. O consumo de água pelo manejo de irrigação apresentou-se altamente interessante pelo fato de que não houve acréscimo de produção com o aumento das lâminas de irrigação, possibilitando o cultivo com lâminas menores, do que a lâmina correspondente a 100% da evapotranspiração da cultura com base no tanque classe A, proporcionando economia de água e menor impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: irrigação localizada, manejo da fertirrigação, manejo de irrigação, tanque Classe A.

IRRIGTION DEPTHS AND NITROGEN LEVELS FOR 'KATRINA' BEET PERFORMANCE BY FERTIIRRIGATION

SUMMARY: The culture of the beet (*Beta vulgaris* L.) is highly susceptive to hydric deficiency, caused by the rains' bad distribution, once the vegetables group of cultures has more than 80% of water in its composition. The experiment was carried out at the experimental field area, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Câmpus Uberlândia (Federal Institute of Education, Sciences and Technology of the Triângulo Mineiro, Uberlândia Câmpus – IFTM, Brazil), latitude 18º45'53" south, longitude 48º17'20" west, altitude 620 meters, with a Cwa climate (Köeppen). This work aimed the 'Katrina' beet productivity and quality performance under four irrigation depths and four nitrogen levels applied by fertirrigation in Uberlândia city, Minas Gerais state. The experimental design was a split pot blocks, composed by 50, 75, 100, and 125% of the class-A tank beet evapotranspiration and 50, 75, 100, and 125% of the recommended nitrogen levels to beet, based on the Minas Gerais state recommendation. The beet culture did not present significant effect neither to the irrigation depths nor to the nitrogen levels, showing that it is a rustic specie and it can be cultivated with minimal investments. The water consumption by the management presented highly interesting because the increased water depth did not increased the production, generating cultivate beet in smaller water depths than the 100% class-A tank evapotranspiration depth, providing higher water economy as well smaller environmental impact.

Keywords: localized irrigation, fertigation management, irrigation management, class A tank.

1 - INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.), planta da família *Amaranthacae*, é originária da Europa. De elevado valor nutricional, destaca-se, dentre as hortaliças, por sua composição nutricional, sobretudo, rica em açúcares, vitaminas do complexo B e nutrientes como potássio, sódio, ferro, cobre e zinco, podendo ser consumidas as raízes tuberosas e as folhas. A raiz tuberosa, principal órgão armazenador de reservas, consiste do intumescimento do eixo hipocótilo-raiz e da porção superior limitada da raiz pivotante, e tem seu crescimento e composição influenciados principalmente pela adubação nitrogenada (ALLISON et al., 1996; UGRINOVIC, 1999; SHOCK et al., 2000; TRANI et al., 2005).

A utilização de complementação hídrica em culturas olerícolas é uma necessidade, mesmo na estação chuvosa; haja vista que tais culturas são bastante susceptíveis às deficiências hídricas, ocasionadas pela má distribuição das chuvas. Considerando que as hortaliças constituem um grupo de culturas que têm mais de 80% de água em seu peso, na maioria das espécies para esse grupo de culturas, a irrigação é um dos tratos culturais que mais favorece o aumento da produtividade, bem como a melhoria da qualidade (FILGUEIRA, 2000).

O crescimento de bens de consumo no mundo tem causado muitas preocupações, principalmente para os membros da ONU, no quesito alimentação, tanto na capacidade de produção, como nos valores atuais dos alimentos no mercado internacional. Outro fator que vem chamando a atenção, tanto dos países produtores de alimentos, como dos consumidores, são os recursos hídricos, responsáveis atualmente por boa parte dos conflitos internacionais. Por sua vez, a agricultura consome a maior parte da água disponível, sendo que, no Brasil, os sistemas de irrigação por superfície ocupam grande porcentagem das áreas irrigadas, com baixo índice de aproveitamento da água aplicada. Sabendo da importância da água para a humanidade, da realidade da sua escassez em diversas regiões e que cerca de 70% da água doce é utilizada na agricultura,

torna-se necessário desenvolver continuamente meios que possibilitem o uso racional da água na agricultura (FENANDEZ & GARRIDO, 2002).

O sistema de irrigação por gotejamento, que aplica água através de emissor, formando um bulbo molhado no solo, está presente no Brasil desde 1972. A partir do ano 2000, houve grande desenvolvimento do setor de irrigação localizada, devido ao alto retorno econômico, pois permite controle rigoroso da quantidade de água aplicada às plantas, baixo consumo de energia, adaptação a diferentes tipos de solo e topografia, utilização de água salina e/ou solos salinos, economia de mão-de-obra, facilidade de automação e elevada eficiência de aplicação de água (BERNADO et al., 2008).

O sucesso da aplicação de produtos químicos via água de irrigação, em países onde a agricultura irrigada é desenvolvida, tem motivado agricultores de outros países, como o Brasil, a utilizar tal tecnologia, possibilitando o parcelamento das doses do nutriente de acordo com as épocas criticas da cultura, além de simplificar as práticas culturais e melhorar a eficiência do uso do produto, reduzindo os custos de produção (EMBRAPA, 1990). A fertirrigação é simples, com aplicação rápida de nutrientes, por meio de soluções homogêneas na água de irrigação, distribuída no campo da mesma forma que a água e aumentando a eficiência dos adubos, pois os nutrientes chegam até às plantas já dissolvidos, prontamente disponíveis, podendo ser aplicados parceladamente, reduzindo a lixiviação; pode-se promover aprofundamento dos nutrientes, bastando controlar o tempo de irrigação; os nutrientes podem ser aplicados em qualquer época, possibilitando maior parcelamento das aplicações, adequando-as às necessidades das culturas. O controle sobre a aplicação do produto é maior, pois as variações causadas pela interferência do homem são reduzidas. A aplicação de pequenas quantidades de micronutrientes é realizada com facilidade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho quanto à produtividade e qualidade da beterraba cultivar 'Katrina', em função de quatro lâminas diárias de irrigação, e quatro doses de nitrogênio aplicadas por fertirrigação.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

A irrigação propicia aumento da produtividade e reduz os riscos da produção, porém, ela deve ser conduzida de maneira eficiente, agregando técnicas que possibilitem a integração entre responsabilidade ambiental e qualidade final da cultura. Entretanto, fatores como desinformação dos agricultores, custo de implantação de sistemas de manejo, bem como a falta de conhecimento técnico, vêm resultando em impactos ao meio ambiente (BERNARDO et al. 2008). Assim, infelizmente, muitos produtores acham que basta adquirir um sistema de irrigação para obter elevados níveis de produtividade, desconhecendo-se que é preciso adotar técnicas que possibilitem aplicar a água no momento certo e na quantidade necessária às culturas. Para os autores citados de modo geral, as práticas irrigatórias são baseadas em costumes herdados ou em conveniência particular, em vez de corretas análises técnicas.

Existem três aspectos que devem ser considerados na programação das estratégias de irrigação: o momento adequado para a aplicação, a quantidade necessária para cada aplicação e o consumo total de água da cultura durante o seu ciclo (PEITER et al. 1999). No entanto, para o estudo da eficiência da irrigação, deve-se priorizar o retorno econômico ao irrigante, sendo de grande importância o volume de água e a época de aplicação para obter a máxima produtividade econômica (PAZ et al. 1997), em especial nas regiões em que a água é fator limitante (CALHEIROS et al., 1996). Considerando-se que, de toda água doce utilizada no mundo, 70% destina-se para a agricultura, atualmente os aspectos relacionados ao fornecimento adequado de água às plantas vêm assumindo grandes preocupações para os pesquisadores em agricultura irrigada (SENTELHAS, 2001).

MAROUELLI et al. (2001) afirmam que a primeira irrigação deve ser suficiente para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, sendo que a lâmina de água a ser aplicada depende da textura e da umidade inicial do solo, variando de 5 mm para solos arenosos, a 50 mm para solos argilosos, e as

irrigações subsequentes devem ser de acordo com o turno de rega, conforme a textura do solo e a evapotranspiração da cultura, suspendendo as irrigações na proximidade das colheitas, conforme as características da cultura implantada. Em algumas culturas como ervilha, lentilha e grão-de-bico, a irrigação na ocasião da colheita prejudica a coloração dos grãos, reduz a conservação da batata, cebola e alho e diminui o teor de sólidos solúveis na maturação do tomate industrial. Pode também diminuir a produção de tomate e ervilha, por favorecer maior incidência de doenças, principalmente se realizada por aspersão (FILGUEIRA, 2000).

2.1 - Irrigação por gotejamento

Os sistemas de irrigação por gotejamento aplicam baixas vazões com altas frequências, muitas vezes diárias, umedecendo um volume de solo menor do que os outros sistemas, o que reduz as perdas por evaporação. Por outro lado, nesse sistema, as plantas tornam-se mais dependentes da irrigação, fazendo com que qualquer problema na irrigação afete, de forma mais acentuada, o desempenho da cultura. Os gotejadores (Figura 1) são bastante suscetíveis ao entupimento, necessitando, normalmente, de filtros de discos, ou tela e de filtros de areia (Figuras 2 e 3). Tem-se observado a ocorrência de problemas sérios de entupimento nesses sistemas, principalmente quando se utiliza água com altos teores de ferro (HICKEL et al., 2005).

Figura 1.Tipos de gotejadores. (Foto: Marco Antônio Fonseca Conceição).

Figura 2. Filtros de discos (a) tela (b). (Fonte: Catálogo Carborundum).

Figura 3. Filtros de areia. (Fonte: Catálogo Carborundum).

Em um sistema de irrigação por gotejamento, praticamente não se perde água no percurso, desde o ponto de captação até as saídas dos gotejadores (GOMES, 1999). Como as irrigações são frequentes no gotejamento, elas condicionam o solo a manter-se com umidade adequada, favorecendo o desenvolvimento da cultura e, consequentemente, possibilitando maiores produtividades e melhor qualidade da produção, principalmente para culturas sensíveis à umidade nas folhas (SOUZA & SOUZA, 1999).

A aplicação da água por sistemas de irrigação não é perfeitamente uniforme. Para um determinado método de irrigação, em particular, elevada uniformidade pode ser alcançada, ocorrendo, no entanto, aumento dos custos de

operação. É comum expressar a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação por meio de um coeficiente de uniformidade que mostra a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada sobre o solo (SOLOMON, 1984). CHRISTIANSEN (1942) foi o primeiro pesquisador a propor um coeficiente para caracterizar a uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação. A literatura, em geral, cita um valor médio recomendável de 90% para a uniformidade em sistemas de irrigação por gotejamento.

Na irrigação localizada, a uniformidade de vazão é função do tipo de emissor, do comprimento da linha lateral, da pressão de entrada, do espaçamento entre os emissores e da vazão do fluxo total (WU & GITLIN, 1974). Para HOWELL & HILLER (1974), a variação da vazão está relacionada também com as perdas de pressão por atrito ao longo da tubulação e nas inserções dos emissores, ganho ou perda de energia de posição, qualidade da matéria-prima e dos processos de fabricação, obstruções e efeito da temperatura da água sobre o regime de escoamento, além da geometria dos emissores.

2.2 - Fertirrigação

Apesar de serem poucos os trabalhos de pesquisa publicados no Brasil em fertirrigação de hortaliças, em especial para a cultura da beterraba, esta prática é bastante difundida, principalmente entre horticultores que utilizam a irrigação por gotejamento e fazem uso de fórmulas e procedimentos desenvolvidos por consultores, nacionais ou estrangeiros, e firmas de fertilizantes ou produtos agrícolas que, muitas vezes, não atendem às necessidades das culturas (SILVA et al., 1999).

O sucesso da aplicação de produtos químicos (herbicidas, fungicidas, inseticidas, fertilizantes, hormônios, etc) via água de irrigação, em países onde a agricultura irrigada é desenvolvida, tem motivado agricultores de outros países, como o Brasil, a utilizar tal tecnologia, possibilitando o parcelamento das doses do nutriente de acordo com as épocas críticas da cultura, além de simplificar as

práticas culturais e melhorar a eficiência do uso do produto, reduzindo os custos de produção (EMBRAPA, 1990).

BURT et al. (1995) demonstram que na quimigação podem ser aplicados herbicidas, inseticidas, acaricidas, nematicidas, fungicidas e outros produtos químicos. Afirmam também que a fertirrigação é o método mais eficiente de aplicação de fertilizantes, especialmente quando aplicados através de sistema de irrigação localizada.

A fertirrigação permite manter a disponibilidade de água e nutrientes próxima dos valores ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura. Sendo assim, a quantidade de nutrientes, parcelada ou não, deve ajustar-se às necessidades da cultura ao longo das fases de desenvolvimento. Ainda, o manejo da água deve evitar variações bruscas do potencial matricial do substrato, especialmente nos períodos de forte demanda evaporativa da atmosfera (ANDRIOLO et al., 1997).

Em países como Estados Unidos, Israel e Itália, a fertirrigação tornou-se uma técnica de uso generalizado, principalmente com o desenvolvimento dos modernos sistemas de irrigação e da qualidade dos fertilizantes líquidos. No Brasil, ainda são poucas as áreas de culturas fertirrigadas. Com as novas tecnologias em irrigação, e a introdução de fertilizantes fluidos pelos fornecedores de insumos no mercado, o custo crescente da mão-de-obra, a necessidade de maximizar a eficiência de utilização de insumos e implementar a rentabilidade do sistema produtivo, em especial nas áreas do cerrado e do trópico semi-árido, têm potencializado a implementação dessa tecnologia (FRIZZONE & BOTREL, 1994).

Para que a fertirrigação seja eficiente, é necessário equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a quantidade de água a ser aplicada durante cada fase do ciclo da cultura, o que determina a concentração de fertilizantes na água de irrigação; por sua vez, essa concentração deve ser suficiente para a absorção dos nutrientes nas quantidades requeridas pelas plantas, sem causar o acúmulo de fertilizantes no solo, o que poderia resultar em salinização e, consequentemente, na redução da produtividade. Para isso, é necessário que se conheça a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação, a qual pode ser

determinada pelo uso de tensiômetros ou estimada a partir da lâmina de água evaporada do tanque Classe A, corrigida com o coeficiente de tanque (Kp) e multiplicada pelo coeficiente da cultura (Kc) (BLANCO & FOLEGATTI, 2002).

Boa uniformidade de distribuição de água de irrigação é fundamental para bom manejo da fertirrigação. Entretanto, a uniformidade de distribuição de nutrientes pode ser também afetada pela variação da concentração desses na água de irrigação, a qual está relacionada com o grau de agitação ou mistura da solução no tanque, a variação da taxa de injeção da solução e a variação da vazão no sistema de irrigação durante a fertirrigação (ROLSTON et al., 1981; BURT et al., 1995).

O manejo adequado da fertirrigação requer que a injeção de fertilizantes seja iniciada quando toda tubulação estiver cheia de água e os emissores em pleno funcionamento; caso contrário, a uniformidade de distribuição de fertilizantes será prejudicada. Nesse procedimento, o tempo de fertirrigação é muito importante na uniformidade de distribuição dos fertilizantes em toda a área cultivada, o qual divide a aplicação em três etapas: a primeira para enchimento da tubulação; a segunda para aplicação propriamente dita da solução na água de irrigação e a terceira para promover a lavagem da tubulação e dos emissores, tempo esse que raramente deverá ser inferior a 30 minutos (FRIZZONE et al., 1985). Todavia, como a estabilização da concentração de fertilizantes nas linhas de irrigação ocorre após 20 minutos (SAMPAIO et al., 1997), maior tempo de fertirrigação conduz à uniformidade melhor de distribuição de fertilizantes na área (ZANINI, 1987).

Fertilizantes nitrogenados, tais como ureia, nitrato de amônio e sulfato de amônio, são os mais solúveis, não apresentando problemas para serem utilizados na fertirrigação, via gotejamento. Aquamônia, amônia anidra e fosfatos de amônio promovem o aumento do pH da água. Portanto, cuidados especiais devem ser tomados quando forem utilizar água de irrigação com altos teores de cálcio e magnésio, pois pode ocorrer precipitação de sais e, consequentemente, obstruções dos gotejadores (VILLAS BOAS et al., 1994).

Os fertilizantes potássicos utilizados na fertirrigação apresentam menor solubilidade do que os nitrogenados, mas são bastante empregados. Os mais usados são nitrato de potássio (KNO_3) e cloreto de potássio (KCl), sendo o primeiro mais solúvel, além de conter nitrogênio. O sulfato de potássio (K_2SO_4) tem sua utilização limitada em relação ao cloreto ou ao nitrato, em consequência da formação de precipitado de sulfato de cálcio em água com altos teores desse nutriente, além da necessidade de aquecimento para sua solubilidade. O cloreto de potássio apresenta maior solubilidade e menor preço, entretanto, pode afetar a qualidade de algumas culturas, em consequência dos altos níveis de cloro (VITTI et al., 1994). Nas Tabelas 1 e 2, pode-se observar exemplos de fertilizantes nitrogenados e potássicos utilizados em fertirrigação.

Tabela 1. Fertilizantes nitrogenados utilizados para fertirrigação.

Produto	**Fórmula**	**N (%)**	**Estado**
Nitrato de amônio	NH_4NO_3	18 a 21	Sólido
Nitrato de amônio	NH_4NO_3	34	Sólido
Nitrato de potássio	KNO_3	30	Sólido
Nitrato de potássio	KNO_3	13	Sólido
MAP[1]	$NH_4H_2PO_4$	10	Sólido
Sulfato de amônio	$(NH_4)_2SO_4$	20,5	Sólido
MAP + ureia	$NH_4H_2PO_4 + CO(NH_2)_2$	12,5	Líquido
Uran[2]	$CO(NH_2)_2 + NH_4NO_3$	21 a 32	Líquido
Ureia	$CO(NH_2)_2$	45	Sólido

[1] MAP: fosfato monoamônico; [2] Mistura de ureia e nitrato de amônio
Fonte: FRIZZONE & BOTREL (1994).

Tabela 2. Fertilizantes potássicos utilizados para fertirrigação.

Produto	**Fórmula**	**N (%)**	**Estado**
Cloreto de potássio	KCl	17	Líquido
Cloreto de potássio	KCl	60	Sólido
Nitrato de potássio	KNO_3	30	Líquido
Nitrato de potássio	KNO_3	46	Sólido
Sulfato de potássio	K_2SO_4	50	Sólido (pó)

Fonte: FRIZZONE & BOTREL (1994).

2.3 - Adubação

O manejo criterioso da adubação consiste em otimizar a produtividade, satisfazendo as necessidades nutricionais da cultura pela adoção de técnicas que propiciem maior eficiência no uso dos adubos, da água, da mão.de obra e dos demais insumos, minimizando as perdas de nutrientes por lixiviação, erosão e volatilização. A aplicação racional de fertilizantes exige o conhecimento da disponibilidade de nutrientes no solo, das exigências nutricionais da cultura e da avaliação do estado nutricional das plantas (SOUSA et al., 2010).

O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados na planta, em cada estágio de desenvolvimento, fornece informações importantes que podem auxiliar no programa de adubação das culturas. Deve-se ter consciência, no entanto, de que essas quantidades refletem o que a planta necessita, e não o que deve ser aplicado, uma vez que se deve considerar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes, que é variável, segundo as condições climáticas, o tipo de solo, o sistema de irrigação, o manejo cultural, entre outros fatores. De modo mais efetivo, auxiliam no programa de adubação, principalmente na quantidade dos diferentes nutrientes que devem ser aplicados nos distintos estágios fisiológicos da cultura (VILLAS BOAS, 2001).

Com relação à beterraba, praticamente não existem informações na literatura mostrando a exigência nutricional dessa cultura. HAAG & MINAMI (1987), trabalhando com a cultivar Early Wonder, observaram que a extração de nutrientes foi contínua dos 40 dias até a colheita (80 dias), acentuando-se aos 60 dias de idade. As quantidades totais extraídas de macronutrientes para 330.000 plantas/ha foram: 30 kg de N; 8 kg de P; 75 kg de K; 2 kg de Ca e 4 kg de Mg.

A adubação mineral de semeadura para beterraba deve ser realizada 10 dias antes da semeadura, sendo a quantidade determinada de acordo com a análise química do solo, além de utilizar, juntamente com o N, P e K, de 2 a 4 kg ha^{-1} de boro. Após 15 a 30 dias, aplicar 5 g de molibidato de amônio diluído em 10 litros de água. Na adubação mineral de cobertura recomenda-se aplicar de 60 a 120 kg de nitrogênio e 30 a 60 kg de potássio por hectare, parcelando esses

totais em três vezes, aos 15, 30 e 50 dias após a emergência (COSTA et al., 2000).

LASKE (1962) encontrou grande diferença na recomendação de adubação de semeadura e cobertura para a beterraba de mesa, em revisões sobre essa cultura. Verificou que, nos Estados Unidos, as recomendações mudam de Estado para Estado, desde ausência de cobertura nitrogenada, até 225 kg ha^{-1} de nitrato de sódio ($NaNO_3$). Na Inglaterra, as adubações de cobertura nitrogenada eram feitas somente se necessário, enquanto na África do Sul se utilizavam 100 a 150 kg ha^{-1} de adubo nitrogenado. Na Alemanha, a beterraba de mesa recebe de 300 a 400 kg ha^{-1} de nitrocálcio, em cobertura.

A recomendação oficial para o estado de Minas Gerais preconiza a aplicação de 60 a 120 kg ha^{-1} de N em cobertura para a cultura da beterraba (CASSALI, 1999). Esse total deve ser parcelado em três aplicações, aos 15, 30 e 50 dias após a emergência (FILGUEIRA, 2000). Em Viçosa – MG, PEREIRA et al. (1995) avaliaram cinco doses de N (20, 80, 160, 240 e 320 kg ha^{-1} de N) em beterraba cv. Top Tall Early Wonde, e não obtiveram resposta à adubação de cobertura com nitrocálcio em um solo com alto teor de nitrogênio.

O teor de N correlaciona-se positivamente com o teor protéico (WINZER et al., 1996; SHOCK et al., 2000; SEXTOM & CARROL, 2002). Em beterraba açucareira, incrementos na dose de N têm proporcionado aumentos na produção e nos teores de N. Por outro lado, doses elevadas de N promoveram redução na concentração de açúcares em beterraba açucareira, no repolho e cenoura, além do acúmulo de $N\text{-}NO^-_3$ (SEXTOM & CARROL, 2002).

Na recomendação da adubação nitrogenada para hortaliças, é importante considerar, além dos aspectos quantitativos, os aspectos qualitativos da produção, principalmente no tocante ao teor de NO^-_3. Quando em grandes quantidades no organismo humano, o NO^-_3 pode ser convertido em N-nitrosaminas, que são compostos potencialmente carcinogênicos, além de poder transformar a hemoglobina do sangue em ferrihemoglobina (metahemoglobinemia), impedindo o transporte de oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos (RATH et al., 1994; HIRONDEL & HIRONDEL, 2001).

Em função do efeito marcante do N sobre a produtividade e qualidade das culturas, associado à lixiviação no perfil do solo e seu potencial de contaminação de reservas de águas (MACK, 1989; OLMEDO et al., 1999), bem como do efeito carcinogênico do NO^-_3 no organismo humano (RATH et al., 1994; HIRONDEL & HIRONDEL, 2001), pesquisas visando o estabelecimento de doses adequadas de adubação nitrogenada são de extrema importância para que a qualidade total seja alcançada no processo produtivo. Nesse contexto, a análise do estado nutricional permite ajustes nas doses de N a serem aplicadas de forma a se obter alta produtividade e qualidade e, ao mesmo tempo, minimizar a perda por lixiviação desse elemento no solo e os custos com fertilizantes nitrogenados (FONTES, 2001).

2.4 - Evapotranspiração

O termo evapotranspiração de referência (ETo) foi definido por DOORENBOS & PRUITT (1977) como aquela que ocorre em uma extensa superfície coberta com grama, com altura de 0,08 a 0,15 m , em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água. Em 1991, pesquisadores de vários países, especialistas em agrometeorologia, concluíram que o conceito de ETo empregado apresentava problemas, sobretudo relacionados à variabilidade das culturas de referência atualmente em uso, levando a erros de sub ou superestimações e à existência de dificuldades experimentais para contrastá-los. Essas condições dificultavam a determinação padronizada da ETo em grande escala (BERNADO et al., 1996).

Um dos principais parâmetros climatológicos que afeta a evaporação da água do solo e a transpiração das plantas é a radiação solar, fator condicionante para a temperatura do ar e do solo (PEREIRA et al., 2002). Em relação às práticas de manejo da água na agricultura, o saldo de radiação solar é um dos principais elementos atuantes na perda de água pelos vegetais, na decomposição da matéria orgânica e nos processos metabólicos e biológicos (OMETTO et al., 1973; CRITCHFIELD, 1974).

Segundo MELLO et al. (1996), existem entre 50 a 60 equações para a simulação da evapotranspiração. As equações são baseadas em dados meteorológicos para o cálculo da evapotranspiração de referência (ETo). Como constatou BERNARDO et al. (2008), alguns dos métodos mais precisos são de difícil aplicação, não só pela complexidade dos cálculos mas, também, por exigirem grande número de dados meteorológicos, nem sempre disponíveis.

` Uma revisão nos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) foi realizada por especialistas, em 1990, que concluíram que para diversas condições de clima os resultados de ETo, calculados pela equação de Penman-Monteith, apresentavam resultados mais próximos daqueles oriundos de lisímetros de pesagem (ALLEN et al., 1998), o que sugeria que o método de Penman-Monteith se tornaria padrão para a estimativa da ETo. Nas áreas que possuem dados de temperatura, umidade, vento, insolação e radiação, vários autores sugerem o emprego do método de Penman-Monteith, devido ao fato de apresentar resultados mais precisos para a avaliação dos efeitos do clima sobre a evapotranspiração (ORTOLANI et al., 1966; CHANG, 1968; JENSEN, 1973; SILVA, 1977; DOORENBOS & PRUITT, 1977; BERLATO & MOLION, 1981; SILVA, 2000).

BERNARDO et al. (1996) relatam que a ETo pode ser determinada por métodos diretos e indiretos, sendo os métodos diretos os que utilizam lisímetros, parcelas experimentais no campo, controle de umidade do solo e método de entrada e saída de água em grandes áreas. Dos métodos diretos, o procedimento mais preciso para se determinar a ETo é a utilização de lisímetros; por apresentarem custos elevados, seu uso tem ficado restrito a instituições de pesquisas, tendo sua utilização justificada na calibração regional de métodos indiretos. Diversos pesquisadores em todo o mundo propuseram modelos indiretos para a estimativa da ETo, com as mais diferentes concepções e número de variáveis envolvidas. Antes de se eleger o modelo a ser utilizado para a estimativa da ETo, é necessário saber quais os elementos climáticos disponíveis; a partir daí, verifica-se quais podem ser aplicados, uma vez que a utilização dos diferentes métodos para certo local de interesse fica na dependência dessas variáveis.

A ETo diária pode ser estimada por diferentes métodos e é fornecida por serviços de meteorologia regionais, ligados a institutos de pesquisas ou universidades (BERNARDO et. al., 2008). Dentre os métodos indiretos para quantificar a ETo, o que melhor se adapta para uso dos agricultores é o do tanque Classe A, por medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos efeitos integrados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade do ar. Para determinar a ETo pelo tanque Classe A deve-se multiplicar a lâmina evaporada pelo coeficiente do tanque Kp (Equação 1), em função dos dados meteorológicos da região e do meio em que está instalado o tanque (MAROUELLI et al., 1996; BERNARDO et. al., 2008) (Tabela 3).

$$ETo = ECA \times Kp \quad (1)$$

em que:

ETo - evapotranspiração da cultura de referência, em mm dia^{-1};

ECA - evaporação do tanque classe A, em mm dia^{-1};

Kp = coeficiente de tanque, adimensional.

Para se determinar a quantidade de água a ser aplicada na irrigação, deve-se conhecer a evapotranspiração da cultura (ETc), que engloba a evaporação da água do solo e a transpiração das plantas. A ETc é determinada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ETo) da região pelo coeficiente da cultura, denominado Kc (Equação 2). O valor de Kc é função da espécie, do local, das condições de manejo e do estádio de desenvolvimento da planta, sendo determinado por meio de pesquisas na região desejada (Tabelas 4 e 5).

$$ETc = ETo \times Kc \quad (2)$$

em que:

ETc - evapotranspiração da cultura, em mm dia^{-1};

ETo - evapotranspiração da cultura de referência, em mm dia^{-1};

Kc - coeficiente de cultura, adimensional.

Tabela 3. Valores de coeficiente do tanque Classe A (Kp), em função dos dados meteorológicos da região e do meio em que ele está instalado, segundo Doorenbos & Pruitt, (FAO,1977).

		Tanque circundado por grama				Tanque circundado por solo nu		
Umidade relativa (%)		Baixa < 40%	Média 40 - 70%	Alta > 70%		Baixa < 40%	Média 40 - 70%	Alta > 70%
Vento (m/s)	Posição do tanque R (m)*				Posição do tanque R (m)*			
Leve < 2	0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 2 -5	0	0,50	0,60	0,65	0	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 5 - 8	0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,60	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito forte > 8	0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Obs: Para extensas áreas de solo nu, reduzir os valores de Kp em 20%, em condições de alta temperatura e vento forte, e de 5 a 10%, em condições de temperatura, vento e unidade moderados.

* Por R (m) entende-se a menor distância (expressa em metros) do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu)

Tabela 4. Coeficiente da cultura (Kc) de algumas espécies vegetais, em função dos estádios de desenvolvimento da cultura e das condições climáticas.

Cultura	Estágios de desenvolvimento			
	I	II	III	IV
Alface	0,50 – 0,60	0,70 – 0,80	0,95 – 1,05	0,90 – 1,00
Batata	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	1,05 – 1,20	0,70 – 0,75
Beterraba	0,40 – 0,50	0,75 – 0,85	1,05 – 1,20	0,60 – 0,70
Cenoura	0,50 – 0,60	0,70 – 0,85	1,00 – 1,15	0,70 – 0,85
Pimentão	0,40 – 0,50	0,60 – 0,65	0,95 – 1,10	0,80 – 0,90
Repolho	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	0,95 – 1,10	0,80 – 0,95
Tomate	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	1,05 – 1,25	0,60 – 0,65

Estádio I – da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo;
Estádio II – desde o final do estádio I até 70% a 80% do desenvolvimento vegetativo (início de florescimento);
Estádio III – desde o final do estádio II até o início da maturação;
Estádio IV – desde o final do estádio III até a colheita.
Primeiro número: sob alta umidade (UR > 70%) e vento fraco (V < 5 m s^{-1}).
Segundo número: sob baixa umidade (UR < 50%) e vento forte (V > 5 m s^{-1}).
Fonte: DOORENBOS & PRUIT (1977); e DOORENBOS & KASSAM (1979) adaptado para as condições edafoclimáticas da região do cerrado do Brasil Central (MAROUELLI et al., 1996).

Tabela 5. Duração em dias dos estádios de desenvolvimento de algumas culturas, segundo ALLEN et al. (1998).

Cultura	Estádios de desenvolvimento			
	I	II	III	IV
Alface	20	30	15	10
Batata	25	30	45	30
Beterraba	25	30	25	10
Cenoura	20	30	60	40
Pimentão	30	40	110	30
Repolho	40	60	50	15
Tomate	30	40	40	25

2.5 - Água na agricultura

A concepção que a grande maioria das pessoas tem com relação à água é a de que ela é infinitamente abundante e sua renovação natural; no entanto, ocupando 71% da superfície do planeta, desse total, 97% se constituem de águas salgadas, 2,07% são águas doces em geleiras e calotas polares (água em estado sólido) e apenas 0,63% restam de água doce, não totalmente aproveitada por questões de inviabilidade técnica, econômica e financeira e de sustentabilidade ambiental (MAIA NETO, 1997).

Atualmente, a agricultura ocupa 1,5 bilhões de hectares; porém, apenas 18% dessa área cultivada (275 milhões de hectares) é irrigada, consumindo 70% do total de água usada no planeta. Na América Latina, a superfície irrigada é aproximadamente de 16 milhões de hectares, distribuídos no México, Argentina, Brasil, Chile e Peru (COELHO et al., 2005). No geral, essa pequena área irrigada no planeta produz 42% dos alimentos. No Brasil, a área irrigada ocupa 7% da área cultivada, contribuindo com 42% da produção (CHRISTOFIDIS, 2002).

A agricultura irrigada precisa ser eficiente no uso da água, para manter-se sustentável, em termos ambientais. O uso eficiente da água pode ser alcançado atuando-se na estrutura de irrigação existente, nos métodos de manejo e nas técnicas que permitem o aumento da eficiência do uso da água (COELHO et. al., 2005). A eficiência é tomada como a razão entre a quantidade de água, efetivamente usada pela cultura, e a quantidade retirada da fonte. No contexto mundial, está em torno de 37%, valor muito baixo, sendo que, utilizada de forma técnica, pode promover economia de 20% da água e 30% da energia consumida (LIMA et. al., 1999). Um dos fatores que tem contribuído para baixa a eficiência da irrigação são os projetos públicos ou público-privados, onde a maioria dos irrigantes não assimila os princípios básicos da agricultura irrigada e seus benefícios. A redução de perdas nos canais ou dutos tem mantido a eficiência de condução em valores razoáveis. No entanto, o mesmo não tem ocorrido com a eficiência de aplicação. O aumento da eficiência de aplicação vai ocorrer à medida que o irrigante tomar consciência da necessidade de usar racionalmente a água, o que pode vir com a obrigatoriedade da outorga e taxação do insumo água (COELHO et al., 2005).

A eficiência de irrigação refere-se à relação entre o volume de água disponível para a cultura e o volume captado pelo sistema de irrigação. Pode-se obter altos índices de eficiência, empregando-se dimensionamento correto do sistema, equipamentos adequados e manejo racional da água. No sistema de gotejamento em hortaliças e frutas, os valores superam normalmente os 90%. Isso quer dizer que acima de 90% do volume de água aplicado ficará disponível para a planta. Se a eficiência for baixa, haverá a necessidade de se aplicar um

volume maior para compensar as perdas, significando um desperdício de água e energia (HICKEL et al., 2005).

Na irrigação localizada por gotejamento, a eficiência é acima de 90%, uma vez que as perdas de água por evaporação são pequenas. No caso da aspersão convencional de alta pressão do tipo canhão, essas perdas são bem mais altas, variando-se a eficiência de 50 a 60%. Nos sistemas de baixa e média pressão, varia de 60 a 75%, e nos sistemas de movimento linear, com aspersores de pressão de 34 a 68 kPa, a eficiência varia de 80 a 85% (COELHO et. al., 2005).

Em diversas partes do mundo, pesquisadores realizaram diversos trabalhos visando sistematizar as principais estratégias ligadas ao uso sustentável da água. No Brasil, mesmo considerando a legislação existente, em especial a Lei 9.433/97, que classifica as bacias hidrográficas como unidades de gestão, são necessários trabalhos voltados para o uso eficiente da água, para a produção agropecuária sustentável (FAGGION et. al., 2009).

2.6 - Manejo de irrigação via clima

O clima é fator decisivo para o estabelecimento da agricultura em uma determinada região. Os fatores climáticos são os principais agentes formadores do solo, em especial a temperatura e a precipitação pluvial, que atuam na distribuição da vegetação e nas características químicas, físicas e biológicas de cada tipo de solo e paisagem. Nas regiões de clima temperado, a temperatura é o fator mais limitante. Já nas regiões tropicais, as chuvas são as que mais afetam a produtividade das culturas. O tipo e evolução da vegetação é altamente dependente da distribuição e da quantidade das precipitações locais. Sendo a água recurso limitado, principalmente nas regiões áridas, o manejo de irrigação deve ser realizado para a obtenção máxima de produção por unidade de água aplicada (BERNARDO et al., 1996).

O método mais prático para se realizar o manejo é pela evapotranspiração acumulada (ETca), que representa a soma dos valores da ETc diária entre duas irrigações. O valor limite de ETca dependerá, principalmente, do tipo de solo e do

sistema de irrigação empregado, variando normalmente entre 10 mm e 30 mm (HICKEL et al., 2005). Segundo DOORENBOS & KASSAN (1994), a ETc é o resultado do produto da evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente da cultura (Kc). Portanto, a determinação do consumo de água por cultura é dependente do conhecimento da evapotranspiração de referência, que é decorrente das condições climáticas do local e das características fisiológicas e morfológicas, peculiares a cada cultivo, representadas pelo coeficiente de cultivo (Kc).

A evapotranspiração pode ser estimada de forma direta ou por métodos teóricos e empíricos, como os de Penman (1948), Thornthwaite (1948), Blaney & Criddle (1950), Jensen & Haise (1963), Priestley & Taylor (1972), Hargreaves (1977), e evaporímetros, como o tanque “Classe A” (SENTELHAS, 2001), dentre outros.

2.7 - Consumo de água pelas plantas

O uso inadequado dos recursos hídricos na agricultura, visando ao atendimento das necessidades das culturas, para obter altas produtividades, é um dos fatores que contribui para a degradação do meio ambiente, por meio do desperdício de água. Neste contexto, é fundamental a adoção de técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água para a sustentabilidade da agricultura, de forma que possam ser mantidas, ao longo do tempo, as produtividades. São esses recursos, em quantidade e qualidade suficientes, necessários para a manutenção da produção de alimentos (WUTKE et al., 2000).

Em estudo realizado por STONE (2005), com a cultura do feijoeiro irrigado em sistemas de plantio direto e convencional, em Guaíra, SP, foram observados valores de consumo de água pela cultura de 254 mm e 343 mm, respectivamente, mostrando a importância do sistema de plantio direto na diminuição do número de irrigações e no aumento da disponibilidade de água para as plantas.

O correto manejo da irrigação, para obtenção da produtividade máxima, viável economicamente, é aquele em que se aplica água no solo, no momento

adequado e em volume suficiente para atender à demanda hídrica da cultura, sem falta ou desperdício de água e energia. Para que isso ocorra, é preciso utilizar métodos de campo que quantifiquem, direta ou indiretamente, a disponibilidade de água no solo, disponível para atender a uma determinada cultura por um período determinado (VILLA NOVA, 1991).

A necessidade de água pelas plantas varia de acordo com a fase de desenvolvimento em que a cultura se encontra e com as condições climáticas locais. Logicamente, plantas jovens consomem menos água que plantas adultas em pleno desenvolvimento; desta forma, a necessidade na determinação da estimativa hídrica requerida pelos vegetais e a aplicação de técnicas que possibilitem o monitoramento de consumo de água pela cultura são de fundamental importância (MAROUELLI et al., 1996). Mas, infelizmente, ainda prevalece na maioria dos produtores irrigantes, a ideia de que, quanto mais água for aplicada, melhor será o aproveitamento pela planta. O manejo de irrigação consiste em monitorar e quantificar periodicamente o consumo de água pelos vegetais, possibilitando determinar a deficiência nas atividades fisiológicas da planta, para a aplicação da lâmina de irrigação necessária à cultura, no momento correto. Sua adoção traz vários benefícios, tais como: economia de água e energia, aumento de produtividade, minimização das perdas de nutrientes e redução de conflitos de uso de água, proporcionando melhor aproveitamento dos recursos hídricos, diminuindo os impactos ambientais, e possibilitando segurança na determinação de quando e quanto irrigar, perguntas frequentes em irrigação (BERNARDO et al., 2008).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Descrição geral da área

O experimento foi realizado na área do campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Câmpus Uberlândia (IFTM), localizado no Triângulo Mineiro, Estado de Minas Gerais, Brasil.

O local situa-se a 18º45'53" Sul e 48º17'20" Oeste, altitude de 620 metros, com clima tipo Cwa (Köeppen), correspondendo a inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média do mês mais frio e do mês mais quente de 18 ºC e 22 ºC, respectivamente, sendo a precipitação média anual de 1600 mm. A estação seca na região prolonga-se do mês de maio até setembro, sendo janeiro o mês com temperatura média mais elevada e com maior umidade relativa do ar.

O solo da área do campo experimental, segundo classificação da EMBRAPA (1999), é um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), textura muito argilosa (Tabela 6), com cobertura natural de cerrado, relevo moderadamente plano, com desnível de 5%.

Tabela 6. Características físicas do solo da área experimental.

Profundidade (cm)	Densidade do solo ($g\ cm^{-3}$)	Densidade de partículas ($g\ cm^{-3}$)	Areia total ($g\ kg^{-1}$)	Argila ($g\ kg^{-1}$)	Silte ($g\ kg^{-1}$)
0 - 10	1,05	2,4	33	767	200
10 - 20	1,08	2,6	30	774	196

A análise química de uma amostra composta de solo da área experimental (Tabela 7) foi realizada de acordo com a EMBRAPA (1997), no Laboratório de Análises Químicas de Solo do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia – Minas Gerais.

Tabela 7. Características químicas do solo da área experimental determinadas por análises químicas conforme EMBRAPA (1997).

pH H_2O	P mehlich -1	K^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	M.O.
1 – 2,5	mg dm^{-3}		$cmol_c$ dm^{-3}					dag kg^{-1}
6,0	13,6	178	0,46	1,9	1,2	0	3,8	2,6

SB	t	T	V	M	Relação entre bases			
			%		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
3,56	3,56	7,36	48	0	1,6	4,1	2,6	6,7

3.2 - Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições em parcelas subdivididas, estudando-se os efeitos de quatro lâminas de irrigação, com base na evaporação do tanque classe A, e quatro doses de nitrogênio na cultura de beterraba, com um total de 12 parcelas subdivididas em 48 subparcelas (BANZATO & KRONKA, 1995). O tratamento principal foi composto de quatro lâminas de irrigação, correspondentes a 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura, determinada com base na evaporação do tanque classe A, corrigida pela formula (ECA x Kp x Kc), formando as lâminas (L_{50}, L_{75}, L_{100} e L_{125}), instalado a 300 metros do local do experimento. Os tratamentos secundários foram compostos de quatro doses de nitrogênio, correspondentes a 50, 75, 100 e 125% da dose recomendada pelo cálculo da adubação (D_{50}, D_{75}, D_{100} e D_{125}), com base nas recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes do Estado de Minas Gerais, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSMG, 1999).

Os tratamentos foram distribuídos em parcela experimental de 6 m de comprimento por 1 m de largura, com 4 linhas de plantio, espaçadas de 0,25 m entre si, com parcela útil de 1 m nas duas linhas centrais de cada parcela, constituídas da combinação das quatro lâminas de irrigação e das quatro doses de nitrogênio (Figura 4), descritos a seguir:

Tratamento 1 - Lâmina de 50% ETc + 50% de adubação nitrogenada (L_{50} e D_{50});

Tratamento 2 - Lâmina de 50% ETc + 75% de adubação nitrogenada (L_{50} e D_{75});

Tratamento 3 - Lâmina de 50% ETc + 100% de adubação nitrogenada (L_{50} e D_{100});

Tratamento 4 - Lâmina de 50% ETc + 125% de adubação nitrogenada (L_{50} e D_{125});

Tratamento 5 - Lâmina de 75% ETc + 50% de adubação nitrogenada (L_{75} e D_{50});

Tratamento 6 - Lâmina de 75 % ETc + 75% de adubação nitrogenada (L_{75} e D_{75});

Tratamento 7 - Lâmina de 75% ETc + 100% de adubação nitrogenada L_{75} e D_{100});

Tratamento 8 - Lâmina de 75% ETc + 125% de adubação nitrogenada (L_{75} e D_{125});

Tratamento 9 - Lâmina de 100% ETc + 50% de adubação nitrogenada (L_{100} e D_{50});

Tratamento 10 - Lâmina de 100% ETc + 75% de adubação nitrogenada (L_{100} e D_{75});

Tratamento 11 - Lâmina de 100% ETc + 100% de adubação nitrogenada (L_{100} e D_{100});

Tratamento 12 - Lâmina de 100% ETc + 125% de adubação nitrogenada (L_{100} e D_{125});

Tratamento 13 - Lâmina de 125% ETc + 50% de adubação nitrogenada (L_{125} e D_{50});

Tratamento 14 - Lâmina de 125% ETc + 75% de adubação nitrogenada (L_{125} e D_{75});

Tratamento 15 - Lâmina de 125% ETc + 100% de adubação nitrogenada (L_{125} e D_{100});

Tratamento 16 - Lâmina de 125% ETc + 125% de adubação nitrogenada (L_{125} e D_{125}).

BLOCO I	L_{50} - D_{125}	L_{100} - D_{50}	L_{75} - D_{125}	L_{125} - D_{100}
	L_{50} - D_{75}	L_{100} - D_{125}	L_{75} - D_{75}	L_{125} - D_{125}
	L_{50} - D_{100}	L_{100} - D_{75}	L_{75} - D_{100}	L_{125} - D_{50}
	L_{50} - D_{50}	L_{100} - D_{100}	L_{75} - D_{50}	L_{125} - D_{75}
BLOCO II	L_{75} - D_{75}	L_{50} - D_{50}	L_{100} - D_{100}	L_{125} - D_{75}
	L_{75} - D_{100}	L_{50} - D_{100}	L_{100} - D_{125}	L_{125} - D_{50}
	L_{75} - D_{125}	L_{50} - D_{125}	L_{100} - D_{75}	L_{125} - D_{100}
	L_{75} - D_{50}	L_{50} - D_{75}	L_{100} - D_{50}	L_{125} - D_{125}
BLOCO III	L_{50} - D_{75}	L_{125} - D_{100}	L_{100} - D_{75}	L_{75} - D_{125}
	L_{50} - D_{50}	L_{125} - D_{75}	L_{100} - D_{50}	L_{75} - D_{50}
	L_{50} - D_{125}	L_{125} - D_{50}	L_{100} - D_{100}	L_{75} - D_{75}
	L_{50} - D_{100}	L_{125} - D_{125}	L_{100} - D_{125}	L_{75} - D_{100}

Figura 4. Esquema de distribuição dos fatores: Lâminas (L) na parcela e doses (D) na subparcela, num experimento em blocos com parcelas subdivididas.

3.3 - Preparo do solo e confecção dos canteiros

O preparo do solo iniciou-se no dia 28 de maio de 2009, sendo realizada uma gradagem pesada para incorporação das plantas daninhas existentes na área que se apresentava em repouso desde julho de 2008. Em seguida, foi realizada uma subsolagem e posteriormente a aplicação de 1600 kg de calcário dolomítico, incorporado com grade niveladora, para elevar a saturação por bases a 70%, conforme recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSMG, 1999). Devido à baixa umidade baixa do solo, foi aplicada uma lâmina de água de 20 mm para elevar a umidade para a capacidade de campo até a profundidade de 0,20 m, por meio de um aspersor tipo canhão, para acelerar o processo de reação do calcário no solo. Os canteiros foram confeccionados com 0,20 m de altura, no dia 26 de junho 2009, com uma rotoencanteiradora, acoplada a um trator de 75 hp, facilitando a percolação do excesso de água, não prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Na confecção dos canteiros, a rotoencanteiradora deixou as linhas de semeadura demarcadas

no espaçamento de 25 cm entre linhas, ficando os canteiros preparados para o semeio (Figura 5).

(a) (b)

Figura 5. Solo após ser gradeado e subsolado (a); Canteiros após aplicação do adubo de semeadura a lanço, antes da incorporação (b).

3.4 - Adubações de semeadura

A calagem e as adubações foram realizadas com base na análise de fertilidade do solo e de acordo com a recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSMG, 1999). Vinte dias antes da semeadura, foram aplicados 1600 kg de calcário dolomítico, contendo 37% de óxido de cálcio, 14% de óxido de magnésio e PRNT de 80%, incorporado por meio de uma gradagem leve, para elevar o valor de saturação por bases para 70%, recomendado por FILGUEIRA (2000). Cinco dias antes da semeadura, foram aplicados 600 kg ha^{-1} do adubo granulado 4-30-16, a lanço, e incorporado por meio de uma rotoencanteiradora, correspondendo a 24 kg ha^{-1} de nitrogênio, 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 96 kg ha^{-1} de K_2O. Juntamente com a adubação de base, foram aplicados 3 kg ha^{-1} de boro com a fonte bórax 12%.

3.5 – Cultivar de beterraba utilizada

Foi utilizada a cultivar **'**Katrina**',** do tipo "Tall Top Early Wonder" (Figura 6). Essa é a beterraba de maior aceitação no mercado. Tem como vantagens o elevado padrão de sementes, por serem descortiçadas e calibradas, e o maior rendimento em número de sementes, proporcionando maior uniformidade e qualidade das raízes e, consequentemente, melhores produtividades, podendo ser colhida por volta de 90 dias após a semeadura (90 DAS).

(a) (b)

Figura 6. Características foliares da cultivar de beterraba **'**Katrina**',** do tipo "Tall Top Early Wonder" (a) e características das raízes globulares exigidas no mercado (b).

3.6 - Semeadura e manejo fitossanitário da cultura

A semeadura foi realizada no dia 3 de julho de 2009, utilizando um equipamento manual para semeadura (Figura 7), desenvolvido no setor de horticultura do IFTM – Câmpus Uberlândia, colocando-se 30 sementes por metro, na profundidade de 0,015 m e espaçamento de 0,25 m entre linhas. Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com inseticida thiodicarb e imidacloprid (Futur 300 e Gaucho), nas doses de 1,50 L e 0,25 L do produto comercial para 100 kg de sementes, respectivamente, para evitar pragas de solo, como a lagarta rosca e fungicida à base de carboxin + thiram (Vitavax – Thiram 200 sc), na dose de 300 mL do produto comercial por kg de sementes, para o controle dos fungos

como Rhizoctonia e Fusarium, que causam o tombamento de plântulas, procurando-se obter uniformidade entre todas as subparcelas experimentais.

Figura 7. Equipamento manual para semeadura de hortaliças desenvolvido no setor de horticultura do Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Câmpus Uberlândia.

A germinação iniciou-se no dia 8 de julho, e o dia 10 de julho foi considerado o dia de germinação plena da cultura. Durante todo o experimento foi realizado semanalmente o tratamento fitossanitário, de forma preventiva e curativa, por meio de um pulverizador manual pressurizado (Figura 8), com os seguintes produtos: etileno-bis-ditiocarbamato de manganês, oxicloreto de cobre, permethrin e clorpirifós (Manzate 800, Cuprozeb, Ambush e Lorsban 480 BR), com o intuito de evitar interferência de doenças e pragas no desenvolvimento da beterraba, sem interferir nos parâmetros a serem avaliados. O controle das plantas espontâneas foi realizado manualmente, durante todo o período do cultivo da beterraba, mantendo-se a cultura sempre no limpo. Aos 35 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o primeiro desbaste das plântulas, deixando-se 20 plantas por metro linear. Aos 55 DAS foi realizado um segundo desbaste, deixando-se somente 10 plantas por metro, o que permite obter beterrabas de tamanho médio, preferidas pelos consumidores, promovendo população final de 350.000 a 400.000 plantas por hectare, recomendada por FILGUEIRA (2000).

Figura 8. Pulverizador manual pressurizado, utilizado para realizar os tratamentos fitossanitários durante o cultivo da cultura da beterraba.

3.7 - Sistema de irrigação

Para as irrigações, utilizou-se água de um reservatório com volume de 90.000 litros, instalado próximo ao campo experimental do IFTM – Câmpus Uberlândia, destinado à decantação de partículas. O sistema de irrigação foi composto por conjunto motobomba, filtro de disco, cabeçal de controle, tomadas de pressão, manômetros e registros. A água foi conduzida até o cabeçal de controle em tubos de PVC de 75 mm de diâmetro nominal (DN) e para as parcelas, em tubos de PVC de DN 50 mm. Nas parcelas foram utilizados tubos de gotejamento GreenDrip®, fabricado pela Seowonco LTDA (Figura 9).

3.8 - Tubo de gotejamento

O tubo de gotejamento GreenDrip®, constituído de polietileno linear de baixa densidade, com 200 micrômetros de espessura da parede e 16 mm de diâmetro interno, emissores do tipo labirinto integrado à própria parede do tubo, espaçados de 20 cm, com vazão de 1,2 L h^{-1}, na pressão de 82,7 kPa (0,843 kgf cm^{-2}) (Tabela 8).

(a) (b)

(c) (d)

Figura 9. Tanque de decantação de água do setor de fruticultura do IFTM – Câmpus Uberlândia (a); manômetro para verificar a pressão de serviço de sistema de irrigação (b); vista geral das subparcelas do experimento e os registros de controle de lâminas por parcela (c); e cabeçal de controle de pressão e filtragem de água (d).

Tabela 8. Desempenho do tubo gotejador GreenDrip® da Seowonco LTDA, em diferentes pressões.

Pressão (kPa)	Vazão (L h^{-1})	DV. (L h^{-1})	CV	EU (%)	CU (%)
13,8	0,390	0,045	0,112	88	91
27,6	0,655	0,034	0,049	94	96
41,4	0,803	0,045	0,059	92	96
55,1	0,954	0,053	0,054	93	96
68,9	1,098	0,057	0,051	93	96
82,7	1,208	0,061	0,051	93	96
96,5	1,302	0,068	0,052	94	96

Fonte: Seowonco LTDA, DV - desvio padrão; CV - coeficiente de variação; EU - coeficiente de uniformidade estatístico; CU - coeficiente de uniformidade.

Os tubos de gotejamento foram colocados entre duas linhas de semeadura da beterraba, ficando a 12,5 cm de linha (Figura 10). Para manter a uniformidade de aplicação das lâminas de água, ao final da aplicação das lâminas, realizou-se sangria na tubulação de cada tratamento, através de um registro de esfera, colocado na parte de menor cota do terreno, proporcionando distribuição uniforme em todas as parcelas, conforme as lâminas diárias aplicadas com base na ETc.

(a) (b)

(c) (d)

Figura 10. Posição do tubo de gotejamento em relação às linhas de semeadura, no início e no final do ciclo da beterraba (a e b); distribuição das lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada nas subparcelas (c); e coleta de dados para avaliação da uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação (d).

O sistema de irrigação foi avaliado utilizando o coeficiente de uniformidade de Christiansen, em 28 de junho de 2009, antes da semeadura, em 10 de outubro de 2009, após a colheita do experimento, determinando-se o coeficiente de

uniformidade de distribuição de água no experimento, conforme metodologia descrita por MERRIAM & KELLER, (1978).

3.9. - Determinação da evapotranspiração

A evapotranspiração de referência (ETo) foi determinada diariamente por meio da medição da evaporação no tanque classe A, circundado por solo nu, instalado a 300 m da área experimental, multiplicando pelo fator do tanque (kp), que considera a velocidade do vento, umidade relativa do ar (Anexos 1, 2 e 3) e tipo de cobertura da bordadura, conforme (Tabela 3).

3.9.1 - Tanque classe A

O tanque classe A, confeccionado em chapa galvanizada nº 22, localizado na estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, à distância de 300 metros da área experimental. A localização do tanque foi definida em função da estação climatológica ser protegida por tela, fator que impede que os animais interfiram no volume de água evaporado (Figura 11).

(a) (b)

Figura 11. Tanque classe A da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia (a); demonstração da leitura do nível da água no tanque por meio de um paquímetro (b).

3.10 - Manejo da irrigação

No dia 3 de julho, após a semeadura, foi realizada a primeira irrigação em toda a área experimental, com uma lâmina de água de 20 mm, de forma a permitir germinação rápida e uniforme. Após a semeadura, até a emergência plena, as irrigações foram realizadas diariamente, com a lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura, com base no tanque classe A, visando promover boas condições para o desenvolvimento inicial das plântulas em todas as parcelas, visto que a fisiologia de germinação das sementes de beterraba, em condições adversas de umidade, pode promover germinação desuniforme, em consequência das camadas de cortiça que protegem as sementes.

A partir da emergência plena, que ocorreu no dia 13 de julho, até 30 de setembro, quando a cultura completou 90 dias após a semeadura e realizou-se a colheita de todas as parcelas, as irrigações foram realizadas diariamente às 16 horas, considerando a reposição de água evaporada no tanque classe A, entre as 15 horas do dia anterior e as 15 h horas do dia da irrigação. As lâminas de água foram calculadas de acordo com a estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc) para os tratamentos L_{50}, L_{75}, L_{100} e L_{125} (equação 2), utilizando-se dados da evapotranspiração de referência (ETo), conforme item 3.9, pela metodologia de MAROUELLI et al. (1996), com base nas condições climáticas do local do experimento, levantadas diariamente pela estação meteorológica, modelo METOS® COMPAT (Fabricada pela Pessl instruments - AUSTRIA), com sistema automático de aquisição de dados, que eram registrados a cada 3 minutos e posteriormente transformados em médias diárias, instalada no campo experimental do IFTM – Câmpus Uberlândia (Anexos 4, 5 e 6).

Os valores de coeficiente da cultura (Tabela 4) foram utilizados conforme MAROUELLI et. al. (1996), os quais dividem o ciclo da cultura em estádios fenológicos de desenvolvimento. O período total do ciclo da cultura de 90 dias foi dividido em 4 (quatro) estádios de desenvolvimento: Inicial (E_1) da semeadura a 25 DAS, desenvolvimento (E_2) de 26 a 55 DAS, intermediário (E_3) de 56 a 80 DAS e final (E_4) de 81 a 90 DAS.

3.11 - Manejo da fertirrigação

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada a partir do 15º dias após a semeadura, em intervalos de 7 dias, prolongando-se até o 85º dia, totalizando 10 coberturas, aplicando-se um total de 76 kg ha^{-1} de nitrogênio, para a dose D_{100}, que corresponde à adubação padrão, com base na fertilidade do solo e nas recomendações da CFSMG (1999). Foi utilizada como fonte de N a ureia, diluída em água e aplicada por meio de um pulverizador manual pressurizado, na pressão de 392 kPa, ao lado da linha de irrigação, durante a aplicação das lâminas diárias de irrigação, uma vez que o volume de água na tubulação era superior ao volume necessário para repor a evapotranspiração diária da cultura de beterraba nos tratamentos. Também foi realizada uma cobertura com 24 kg ha^{-1} de K para todas as doses de nitrogênio, na forma cloreto de potássio, no 57º dia após a semeadura, juntamente com a adubação nitrogenada, com o objetivo de obter um produto com maior teor de brix.

3.12 - Consumo de água pelo manejo de irrigação

O consumo de água pelo manejo de irrigação foi estimado através do monitoramento diário dos fatores meteorológicos, durante todo o ciclo da cultura da beterraba. Foram anotadas as precipitações, velocidade média do vento, umidade relativa do ar e evaporação do tanque Classe A (Anexos 1, 2 e 3). De posse desses dados, foi calculada diariamente a evapotranspiração da cultura, considerando os diversos estádios de desenvolvimento da planta. A partir da evapotranspiração da cultura, foi determinada a lâmina diária de irrigação e, no final do ciclo, foi determinada, para cada tratamento, a lâmina total relativa à água evopotranspirada pela cultura (Anexos 4, 5 e 6).

3.13 - Coleta das amostras de beterraba

Para avaliar os parâmetros ligados à cultura, aos 90 DAS foram colhidas amostras de cada parcela, em uma área de 0,5 m^2, em duas linhas centrais de 1 m de comprimento em cada subparcela. As raízes de beterraba foram limpas e acondicionadas em sacolas de plástico e, posteriormente, lavadas e secas ao ar, e classificadas de acordo com o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, segundo padrões de classificação da CEAGESP (2010). A parte aérea foi acondicionada em sacos de papel perfurados e em seguida pesados, para verificar a massa fresca da parte aérea, sendo então colocados em estufa de circulação de ar a 65 ^oC, até peso constante, para determinar a massa seca da parte aérea.

3.14 - Classificação comercial

As raízes, após serem lavadas e secas ao ar, foram classificadas por classe de tamanho, ou seja, diâmetro transversal da raiz, conforme recomenda a Proposta de Regulamento Técnico de Identificação e Qualidade da Beterraba do "Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura" (CEAGESP, 2010) (Tabela 9), por meio de paquímetro de resolução de 0,01 cm, com base na Tabela 9, considerando o calibre (diâmetro transversal) da raiz e a incidência de defeitos (ANEXO 7).

Tabela 9. Classe de tamanho de beterraba, de acordo com a classificação do "Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura" (CEAGESP, 2010).

Classe*	Calibre (mm)
1A	Menor que 50
2A	Maior ou igual a 50 e menor que 90
3A	Maior ou igual a 90 e menor que 120
Não possui	Maior ou igual a 120

* Tolera-se até 10% de mistura com a classe imediatamente superior ou inferior à classe declarada. Não existe classe de tamanho para beterrabas com diâmetro transversal superior a 120 mm.

3.15 - Produtividade

Após a classificação, as raízes de cada classe foram pesadas em balanças eletrônicas de resolução de 0,01 g. Com o valor obtido para cada área amostrada de 0,5 m^2, foram determinadas as produtividades por classe para cada parcela colhida.

3.16 - Preparo das amostras da beterraba

Com as beterrabas previamente classificadas, foram tiradas duas amostras de 50 g de cada classe e tratamento. A primeira amostra foi picada e colocada em cápsula de porcelana e acondicionada em estufa de circulação de ar, a 65 ^{0}C, até peso constante, para determinar a massa seca produzida por hectare. A segunda amostra foi picada, colocada em liquidificador e processada, em seguida peneirada para retirada da massa vegetal, sendo a solução colocada em uma proveta e completada até o volume de 250 mL (para a determinação do teor de Brix, pH, acidez titulável total (ATT), conforme recomendação do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.16.1 - Acidez titulável

A acidez total titulável foi quantificada em uma subamostra de 50 mL, proveniente da amostra processada em liquidificador (Item 3.16), pelo método titulométrico, com solução de NaOH a 0,1 M, fatorada. Usou-se um pHmetro para determinar o ponto de viragem (pH 8,2), em virtude da cor da solução de beterraba (roxa) ser igual à cor para viragem com o uso da solução de fenolftaleína a 1%, segundo as normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.16.2 - pH

O pH foi determinado pelo método do potenciômetro, em uma alíquota de 50 mL, obtida da solução descrita no item 3.16, através de um pHmetro digital (Marca Gehaka modelo PG 1800), munido de eletrodos aferidos com soluções padrão de pH 4,0 e pH 7,0.

3.16.3 - Teor de sólidos solúveis (º Brix)

O teor de sólidos solúveis (°Brix) foi determinado com uma gota da solução obtida no item 3.16, utilizando-se de um refratômetro digital portátil - faixa de medição 0,0 a 52,0 °Brix, modelo r^2mini, da marca Reichert Analytical Instruments, com controle automático de temperatura, e seus resultados corrigidos para 20 °C, para então obter a concentração real de Brix da beterraba na solução.

3.17 - Coleta das amostras de solo

A amostragem do solo em cada parcela foi efetuada na profundidade de 0 a 20 cm entre duas linhas de semeadura, na forma de trincheira transversal à direção da linha de semeadura, perfazendo uma área de 25 cm X 10 cm (comprimento X largura). O centro da trincheira situou-se na linha de irrigação, com a finalidade de se amostrar o solo que recebeu diretamente as lâminas de irrigação e as doses de adubação nitrogenada.

3.18 - Preparo das amostras de solo para análises

As amostras de solo coletadas logo após a colheita da beterraba foram secas no laboratório de derivados de cana do IFTM - Câmpus Uberlândia, até o equilíbrio com a umidade ambiente e, posteriormente, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm para obter terra fina seca ao ar (TFSA), para as caracterizações químicas.

3.18.1 - pH do solo (H_2O)

A medição do potencial hidrogeniônico foi realizada por meio de um eletrodo combinado, imerso em suspensão solo/liquido (água destilada) na relação de 1:2,5, conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

3.18.2 - Determinação de cálcio e magnésio

As concentrações de Ca e Mg em $cmol_c\ kg^{-1}$ foram determinadas utilizando-se do espectrofotômetro de absorção atômica. Para isto, foram preparadas soluções de 10 cm^3 de solo e 50 mL da solução de cloreto de potássio a 0,2 $cmol_c\ dm^{-3}$, conforme EMBRAPA (1997).

3.18.3 - Determinação do fósforo

As concentrações de P em mg dm^{-3} foram determinadas pelo método Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L^{-1} + H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}), segundo a metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997).

3.18.4 - Preparação do extrato de saturação

Para o preparo do extrato de saturação, tomou-se uma alíquota de 200 g de solo, sendo colocada em um prato de plástico e acrescida de água destilada em quantidade inicial de 100 mL. As amostras foram amassadas com espátula de aço inox, adicionando-se água, pouco a pouco, até que a massa apresentasse um aspecto brilhante e/ou espelhante. Em seguida, a pasta saturada ficou em repouso e foi coberta por filme de PVC, para evitar perda de solução por evaporação, por 12 horas. Após o repouso, foi verificada a necessidade de acrescentar mais água; com isto, depois da pasta saturada configurar um aspecto brilhante, realizou-se a extração da solução da pasta, através de um conjunto composto por funil de Bekmer de 230 mL, kitassato de 250 mL e bomba de vácuo (Figura 12). Para

extração, foi utilizado papel de filtro adaptado no funil de Bekmer, com pressão de 40 cm de coluna de mercúrio. Após a extração, as soluções foram acondicionadas em copos plásticos descartáveis e colocadas sob refrigeração até o momento da leitura de todas as amostras em uma única calibração do condutivímetro.

(a) (b)

Figura 12. Preparo da pasta saturada para extração da solução de saturação (a); extração da solução saturada para determinação da condutividade do solo (b).

3.18.5 - pH e condutividade elétrica do extrato de saturação

O pH do extrato saturado a 25 ^{o}C foi obtido pela medição do potencial hidrogeniônico do extrato de saturação (item 3.16.2) e condutividade elétrica. A condutividade elétrica da solução do extrato de saturação, foi obtida pela leitura da condutividade em um condutivímetro, em mS cm^{-1}.

3.19 - Análise estatística

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnoff. Os valores das variáveis que apresentaram distribuição não-normal foram transformadas $(x + 0,5)^2$ e todas submetidas à análise de variância pelo teste F. As médias provenientes dos dois fatores (lâminas de água e doses de nitrogênio), foram submetidas ao teste de média SNK, por meio do “Software” SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Uniformidade de distribuição de água

A uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação utilizado no experimento, calculada utilizando-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen, apresentou valores acima de 94,4% (Tabela 10), na avaliação feita no início da cultura de beterraba, demonstrando que o projeto hidráulico do sistema foi executado dentro do recomendado, levando-se em conta todas as perdas de carga nas tubulações e as variações de cota do terreno. Desta forma, a qualidade do sistema de irrigação está relacionada diretamente com a qualidade do projeto, sendo que variações de pressão nas linhas e entre as linhas de gotejadores podem interferir na uniformidade. Estes valores de uniformidade de aplicação de água às plantas foram superiores aos mínimos aceitáveis para os sistemas de irrigação por gotejamento, recomendados por BERNARDO et al. (2008) (Tabela 11).

Tabela 10. Valores obtidos para coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) (1942) para distribuição de água pelos gotejadores no início e término do experimento.

Época	Parcelas L 50	Parcelas L 75	Parcelas L 100	Parcelas L 125	Média
Inicio	94,3	97,0	95,6	94,4	95,3
Final	93,8	94,7	95,7	94,4	94,7

Tabela 11. Classificação dos sistemas de irrigação por gotejamento, segundo o coeficiente de uniformidade de Christiansen (%).

CUC (%)	Avaliação
90 - 100	Excelente
80 - 90	Bom
70 - 80	Regular
60 - 70	Ruim
< - 60	Inaceitável

Fonte: Bernardo et al. (2008).

KELLER & BLIESNER (1990) recomendam realizar teste de campo, após a instalação de um sistema de irrigação, para verificar e promover adequações e, quando necessário, ajustes na instalação e operação, principalmente no manejo. Esses procedimentos visam maximizar o desempenho do sistema.

Na segunda avaliação, realizada após a condução do experimento, pode-se verificar que o processo de decantação realizado para eliminar as partículas em suspensão e o filtro instalado no cabeçal de controle mantiveram o coeficiente de uniformidade acima de 93,3%. Segundo PUIG-BARGUES et al. (2005), quanto mais alto os valores de CUC, menor é a lamina de irrigação necessária para obter a maior expressão do potencial genético da cultura explorada. Para BERNARDO et al. (2008), valores inferiores a 80% não são aceitáveis para sistemas de irrigação por gotejamento. Neste trabalho, verificou-se que o projeto foi executado com critério, promovendo CUC igual ou superior a 94,3% na avaliação inicial, e igual ou superior a 93,8% após a condução, mostrando que a decantação e o filtro foram suficientes para manter a qualidade do sistema de irrigação, com classificação excelente. MANTOVANI & RAMOS (1994) descrevem que os valores de CUC na irrigação por gotejamento devem estar compreendidos na faixa de 90 a 95%, portanto, os valores obtidos neste trabalho estão dentro da faixa recomendada.

4.2 - Produção de biomassa

4.2.1 - Produtividade

Para as variáveis relacionadas com a produtividade, na análise variância não foram detectados efeitos significativos das lâminas de irrigação e dose de nitrogênio, aplicada via fertirrigação, na produtividade total da matéria fresca de raiz (PMFR) e produtividade total da matéria seca de raiz (PMSR) (Tabela 12).

Para a produtividade de massa fresca total de raiz - PMFR e produtividade de massa seca total de raiz - PMSR, verificou-se que não houve efeito significativo do aumento da lâmina de irrigação, apenas mostrando uma tendência de

crescimento na produtividade da lâmina de 50% até 100% (Tabela 12, Anexo 8), evidenciando que a cultura de beterraba não respondeu de forma significativa às lâminas de irrigação por gotejamento, discordando das produtividades obtidas por SOUZA et al. (1999), que afirmam que as irrigações por gotejamento frequentes condicionam o solo a manter-se com umidade adequada, melhorando a produtividade.

Tabela 12. Resultados da análise de variância para produtividade de massa fresca total de raiz (PMFR), em kg ha^{-1}, produtividade de massa seca total de raiz (PMSR), em kg ha^{-1}, produção de massa fresca de raiz classe 1A (MFR1A), em g m^{-1}, produção de massa fresca de raiz classe 2A (MFR2A), em g m^{-1}.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QM			
		PMFR	PMSR	MFR1A	MFR2A
BLOCO	2	2750,16ns	382,84ns	19,39ns	249,92ns
LÂMINA	3	2639,72ns	349,78ns	15,33ns	144,88ns
erro 1	6	1762,01	179,46	4,84	85,51
DOSE	3	633,14ns	56,36ns	7,48ns	39,79ns
LÂMINA * DOSE	9	580,74ns	77,86ns	4,81ns	33,46ns
erro 2	24	973,78	108,21	6,14	49,31
CV 1 %		32,88*	29,11*	19,55*	59,65*
CV 2 %		24,45*	22,61*	22,25*	45,30*
Média Geral		127,65	46,02	11,25	15,50*

* Dados transformados $(x + 0,5)^2$.

Para o fator dose de nitrogênio, não houve resposta para PMFR e PMSR, nas diferentes doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, via fertirrigação, conforme pode-se também observar pela análise variância e pelas médias (Tabela12, anexo 9). Resposta semelhante foi encontrada por PEREIRA et al., (1995), os quais avaliaram cinco doses de nitrogênio em cobertura (20, 80, 160, 240 e 320 kg ha^{-1} de N) na cultivar Top Tall Early Wonder, no município de Viçosa/MG, mostrando que a cultura de beterraba é rústica, não necessitando de adubações elevadas para se obter altas produtividades. Entretanto, FILGUEIRA (2000) recomenda para a cultura de beterraba adubação de 60 a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio, em parcelas, aos 15, 30 e 60 dias após a germinação.

4.2.2 - Massa verde de raiz por classe

Para a massa fresca de raiz da classe 2A – MFR2A (Tabela 12 e Anexo 8), pode-se observar, pela análise de variância e pela comparação das médias, que as lâminas de irrigação não apresentaram efeito significativo na produção de raízes da classe 2A (5 a 9 cm de diâmetro transversal). O mesmo foi observado para as doses de nitrogênio, as quais apresentaram médias estatisticamente iguais, confirmando que as doses de N não foram capazes de promover incremento nas produções (Anexo 9). Para a massa fresca de raiz da classe 1A – MSR1A, também não houve efeito na produção, com as diferentes lâminas de irrigação e doses de N; por sua vez, esperava-se uma maior produção com o aumento da lâmina de irrigação e as doses de nitrogênio. No entanto, foram apresentados valores maiores para a classe superior (2A), fato bastante interessante, visto que as beterrabas de maior calibre apresentam maior valor no mercado (CEASAMINAS, 2010).

4.2.3 - Massa seca de raiz por classe

Para as variáveis: massa seca de raiz da classe 1A (MSR1A) e massa seca de raiz da classe 2A (MSR2A), não houve efeito significativo para as lâminas de irrigação, doses de adubações nitrogenadas e também para a interação destes fatores (Tabela 13). Os valores de matéria seca foram superiores para a classe 2A, demonstrando a mesma tendência da MFR2A, que apresenta maior interesse comercial devido à preferência do comércio (CEASAMINAS, 2010). Pelas médias, podemos observar que as lâminas promoveram um ligeiro decréscimo na produtividade da MSR1A, sendo que a partir da L_{100}, e nas doses de N D_{100} um acréscimo (Anexos 8 e 9), não apresentando coerência tanto para lâminas como para doses de nitrogênio aplicadas por fertirrigação, uma vez que, com maiores lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada, era de se esperar um acréscimo na produtividade. Para a classe MSR2A ocorreu um ligeiro acréscimo na produção, sem efeito significativo pelo teste SNK a 5% de probabilidade, com o

aumento da lâmina de irrigação aplicada. Na dose de adubação esse crescimento somente se manifestou a partir da D_{75}. Com este comportamento, pode-se observar que a cultura não mostrou resposta significativa para lâminas e doses de N aplicadas. Em diversas pesquisas (TRANI et al., 2005; SHANNON et al., 1967; HEMPHILL et al., 1982; PEREIRA et. al., 1995; MACK, 1989) foram verificados efeitos positivos com adubação nitrogenada em beterraba.

Tabela 13. Resultado da análise de variância para massa seca da classe 1A (MSR1A), em g m^{-1}, massa seca da classe 2A (MSR2A), em g m^{-1}, altura de planta, em cm, massa fresca de folhas (MFF), em g m^{-1} e massa seca de folhas (MSF), em g m^{-1}.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QM				
		MSR1A	MSR2A	ALTURA	MFF	MSF
BLOCO	2	2,05ns	30,61ns	127,94ns	7686,69ns	172,89ns
LÂMINA	3	1,29ns	18,62ns	5,67ns	56025,42ns	488,86ns
erro 1	6	0,89	8,76	24,97	31173,39	369,53
DOSE	3	0,99ns	2,99ns	8,66ns	3096,96ns	26,34ns
LAMINA * DOSE	9	0,71ns	4,14ns	5,26ns	32666,17ns	338,79ns
erro 2	24	0,72	5,61	10,75	16890,09	304,35
CV 1 %		22,91*	52,28*	14,99	26,74	23,25
CV 2 %		20,59*	41,84*	9,84	19,68	21,10
Média Geral		4,22	5,66	3,34	660,33	82,68

* Dados transformados $(x + 0,5)^2$.

4.2.4 - Massa foliar e altura de planta

Segundo MARSCHNER (1995), o nitrogênio contribui para o aumento da produtividade das culturas, por promover a expansão foliar, aumentando a área de fotossíntese e promovendo maior acúmulo de massa. Esses fatos, não foram demonstrados neste experimento (Tabela 13), possivelmente devido à presença do nitrogênio da matéria orgânica do solo (Tabela 7). A altura de plantas realizadas no dia da colheita, massa fresca de folhas – MFF e massa seca de folhas – MSF, não apresentaram diferenças significativas quanto às lâminas de irrigação e doses de nitrogênio (Tabela 13). Na altura não houve diferença estatística significativa nas médias, com valores variando de 32,65 a 34,11 cm, para o fator lâminas, e 32,15 a 34,14 cm, para o fator doses de nitrogênio, com

ligeira tendência de aumento na produtividade para as maiores Lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada (Anexos 8 e 9). Pelas médias, verifica-se que as lâminas de irrigação não interferiram na produção de MVF e MSF, com valores variando de 562,90 a 722,61 e 73,48 a 88,08 g m^{-1}, respectivamente. As doses de adubação nitrogenadas agiram semelhantemente às lâminas de irrigação, para a MVF, mostrando que, nestas condições, é mais econômica a utilização de doses menores de adubo nitrogenado. Segundo MACK (1989) e OLMEDO et al. (1999), deve-se considerar que o nitrogênio é facilmente lixiviado no perfil do solo e possui alto potencial de contaminação de recursos de água subterrânea, bem como o efeito carcinogênico do NO^-_3 no organismo humano. Portanto, deve-se utilizar somente a quantidade necessária para a obtenção da produtividade esperada.

4.3 - Qualidade da fitomassa da beterraba

O teor de sólidos solúveis ºBrix, para a classe 1A e 2A, não sofreu influência da aplicação de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio (Tabela 14). O Brix variou de 7,2 a 8,5 na classe 1A e de 5,3 a 8,1, na classe 2A, nas lâminas de irrigação e de 7,6 a 8,4, na classe 1A e de 5,8 a 7,6, na classe 2A, nas doses de adubação nitrogenada, demonstrando que o teor de sólidos solúveis na beterraba foi indiferente às lâminas e às doses, conforme pode ser observado pela analise de variância e pelas médias obtidas pelo teste SNK (Tabela 14, Anexos 8 e 9). Estes resultados estão em consonância com os valores encontrados por KLUGE et al. (2006), que observaram valores variando de 4,3 a 12 ºBrix em beterraba “Top Tall Early Wonder” fresca, na região de Piracicaba.

Os resultados deste trabalho estão de acordo com as recomendações de HIRONDEL & HIRONDEL (2001). Estes observaram que utilizando adubações para a cultura de beterraba, conforme recomendado pela CFSMG (1999), não verificaram alteração na produtividade e nem na qualidade das raízes da cultura. Com estes resultados pode-se optar por doses menores, conseguindo-se alta produtividade e qualidade, com menos insumos. Consequentemente, será

diminuída a pressão ao meio ambiente, pois todas as fontes de nitrogênio industrial são derivadas do petróleo, e ainda diminuindo o risco de contaminação e eutrofização de corpos de água.

Tabela 14. Resultado da análise de variância para teor de sólidos solúveis de raiz da classe 1A em °Brix; teor de sólidos solúveis de raiz da classe 2A em °Brix; acidez titulável de raiz da classe 1A (ATT1A) em pH; acidez titulável de raiz da classe 2A(ATT2A) em pH; acidez de raiz da classe A (pH A) e acidez de raiz da classe 2A (pH 2A).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QM					
		BRIXA	BRIX2A	ATTA	ATT2A	pH A	pH 2A
BLOCO	2	3,08ns	10,17ns	0,88ns	0,43ns	0,88ns	0,59ns
LÂMINA	3	3,78ns	17,14ns	1,26ns	0,63ns	0,71ns	0,79ns
erro 1	6	3,39	2,06	0,36	0,24	0,59	0,33
DOSE	3	1,45ns	7,01ns	0,71ns	0,18ns	0,51ns	0,29ns
LÂMINA * DOSE	9	1,84ns	7,77ns	1,03ns	0,21ns	0,63ns	0,33ns
erro 2	24	3,24	8,75	0,75	0,18	0,746720	0,31
CV 1 %		22,72	20,98	13,75	25,11*	13,70	25,18*
CV 2 %		22,13	43,22	19,84	22,09*	15,48	24,68*
Média Geral		8,10	6,84	4,35	1,93	5,58	2,28

* Dados transformados $(x + 0,5)^2$.

LOPES (1995) afirma que o potássio provoca influência nos teores de sólidos solúveis dos vegetais, aumentando a quantidade de açúcares na beterraba. Um fato interessante é que, para a cultura do abacaxizeiro, a nutrição no solo com potássio promove aumento considerável para os teores de sólidos solúveis e acidez (CHITARRA, 2005). Em quantidades insuficientes no solo, pode causar características indesejáveis de qualidade, como baixo teor de sólidos solúveis, além de diminuir a atividade fotossintética, fato que não ocorreu neste experimento, uma vez que o solo tem alto teor de potássio, (178 mg dm^{-3}; Tabela 7). Por outro lado, ainda foram aplicados 96 e 24 kg ha^{-1} de potássio na semeadura e em cobertura, respectivamente, conforme recomendado por (FILGUEIRA 2000), para melhorar a qualidade organoléptica e conservação da beterraba.

TRANI et al. (1993) verificaram que vários fatores interferem na eficiência da adubação nitrogenada na cultura da beterraba, como o tipo de solo, temperatura, época e maneira de adubação e fonte do nitrogênio. Por outro lado,

doses excessivas podem prejudicar a qualidade. AMBROSANO et al. (2004), avaliando a cultura da beterraba sob diversos sistemas com fontes mineral, organo-mineral e orgânica, não verificaram diferença significativa quanto à análise de sólidos solúveis, variando de 4,82 a 5,72 ºBrix, valores inferiores aos encontrados neste trabalho. Em outro trabalho, realizado por MARQUES et al. (2010), com doses de esterco bovino de 0 a 80 toneladas ha^{-1}, com teor de 2,26 g de N kg^{-1} mais 0,77 g de N Kg^{-1} de solo, foram obtidos valores de 10,26 a 11,10 ºBrix, superiores aos valores encontrados neste trabalho, que variaram de 5,58 a 8,59 ºBrix.

Segundo pesquisas realizadas por SOUZA et al. (2003), adubações excessivas de nitrogênio para a cultura de beterraba podem afetar a qualidade da raiz, pelo acúmulo de glutamina e do ácido pirrolidona carboxílico (PCA), um acido orgânico que acarreta sabor amargo após o cozimento. Em beterraba açucareira, o incremento de nitrogênio tem proporcionado aumento na produção. Em contrapartida, doses elevadas promovem redução na concentração de açúcares em beterraba, no repolho e cenoura, além do acúmulo de $N\text{-}NO^{-}_{3}$ (SEXTON & CARROL, 2002). AQUINO et al. (2006) verificaram que o aumento de N até 193 kg ha^{-1}, resultou ºBrix máximo de 10,4, com redução significativa a partir dessa dose. WINZER et al. (1996) também observaram aumento no teor de sacarose em beterraba com o aumento da disponibilidade de N, resultados bem diferentes dos encontrados neste trabalho, em que as beterrabas receberam doses crescentes de 50 a 125 kg ha^{-1} de nitrogênio.

O pH e a acidez total titulável (ATT) não sofreram influência das lâminas e doses de adubação nitrogenada, em ambas as classes de tamanho das raízes, mostrando médias crescentes para lâminas na classe 2A e decrescente para doses de nitrogênio na classe 1A, porém não significativas, como pode ser observado pelas médias apresentadas (Anexos 8 e 9). As médias indicam que as lâminas maiores promovem respostas melhores para valores de pH e ATT, apenas para a classe 2A (Anexos 8 e 9), porém não significativa, demonstrando que as lâminas e doses de N não promovem efeito significativo para estas características. Resultados semelhantes foram encontrados por MORETTI et al.

(2003) em cenoura cultivada sob diferentes fontes e quantidades de matéria orgânica, não apresentando diferenças significativas.

Os valores de pH, encontrados na beterraba, variaram de 4,32 a 5, 8 e 4,2 a 7,7 para as lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada nas duas classes, respectivamente, próximos aos valores de 4,0 a 6,0 e 6,0 da cenoura e alface, os quais são vegetais pouco ácidos (MORETTI et al., 2003). É valido ressaltar que estes índices de pH são favoráveis ao crescimento microbiano (bactérias) nos alimentos (MARQUES, 2010).

HAMINIUK (2005), estudando o comportamento reológico e fracionamento pectício das polpas integrais de araçá e amora-preta, em Guarapuava, encontrou valores de pH entre 3,53 e 3,20, ºBrix de 11,40 e 5,37 e acidez titulável de 1,88 e 0,85, mostrando que os valores dessas características têm grande variação entre as espécies vegetais. GRANADA et al. (2001) afirmam que valores de Brix e acidez titulável podem sofrer influência da fisiologia da planta, estação, manejo e local de cultivo.

4.4 - Consumo de água pelo manejo de irrigação

A variação do consumo de água pelo manejo hídrico da cultura foi significativa ($p < 1\%$), variando de 1576,5 m^3 ha^{-1}, na lâmina (L_{50}) a 3875,6 m^3 ha^{-1}, na lâmina (L_{125}) (Tabela 15 e Figura 13). Para o parâmetro produtividade, não foi observada diferença nas lâminas aplicadas (Anexos 8 e 9), evidenciando que a cultura de beterraba pode ser conduzida com lâminas menores, diminuindo a pressão do setor agrícola nos recursos hídricos, visto que 70% da água doce utilizada no mundo destina-se à agricultura (SENTELHAS, 2001). Em trabalho com estudo de potenciais de água no solo, na produção de alface, CARDOSO & KLAR (2009) obtiveram comportamento na produtividade, semelhantes aos encontrados na cultura de beterraba, com a lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura com base na evaporação do Tanque Classe A. Tal fato mostra que as transpirações das hortaliças atuam semelhantemente.

Tabela 15. Resultado da análise de variância para consumo de água pelo manejo de irrigação (CA), em m^3 ha^{-1}, condutividade elétrica (CEes), em .mS cm^{-1}, pH do extrato de saturação (pH ES).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QM		
		CA	CEes	pH ES
BLOCO	2	12942,90ns	11218,28ns	0,0039ns
LÂMINA	3	11819036,12**	3916,82ns	0,0285ns
erro 1	6	12942,90	10932,15	0,0309
DOSE	3	12942,90ns	21187,25ns	0,0107ns
LÂMINA * DOSE	9	12942,90ns	17636,65ns	0,0401ns
erro 2	24	12942,90	8429,89	0,0799
CV 1 %		4,15	29,44	2,50
CV 2 %		4,15	25,85	4,02
Média Geral		2742,50	355,18	7,04

** significativo p < 1%.

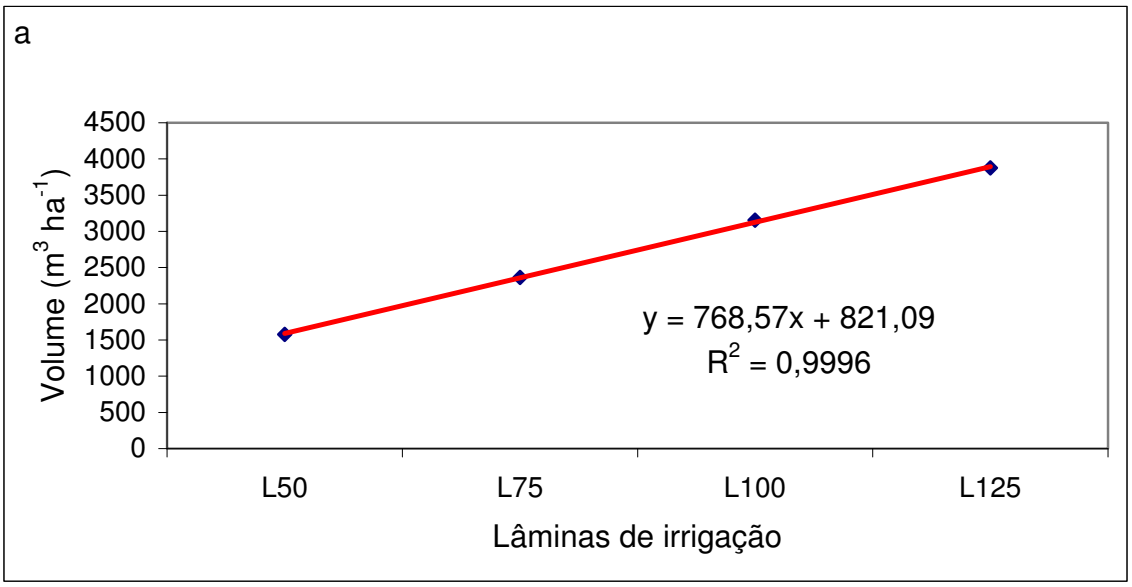

Figura .13 Consumo de água pelo manejo de irrigação, nas diferentes lâminas de irrigação na cultura de beterraba.

Como pode ser observado, nas Figuras 14, 15 e 16, as lâminas aplicadas foram bem diferentes e, consequentemente, os tempos de irrigação: porém, a beterraba não apresentou resposta significativa de produtividade para as lâminas. Assim, para as condições nas quais foi realizada esta pesquisa, deve-se trabalhar com as menores lâminas de irrigação, para diminuir o consumo de água e tornar mais econômico o consumo de energia para o bombeamento de água.

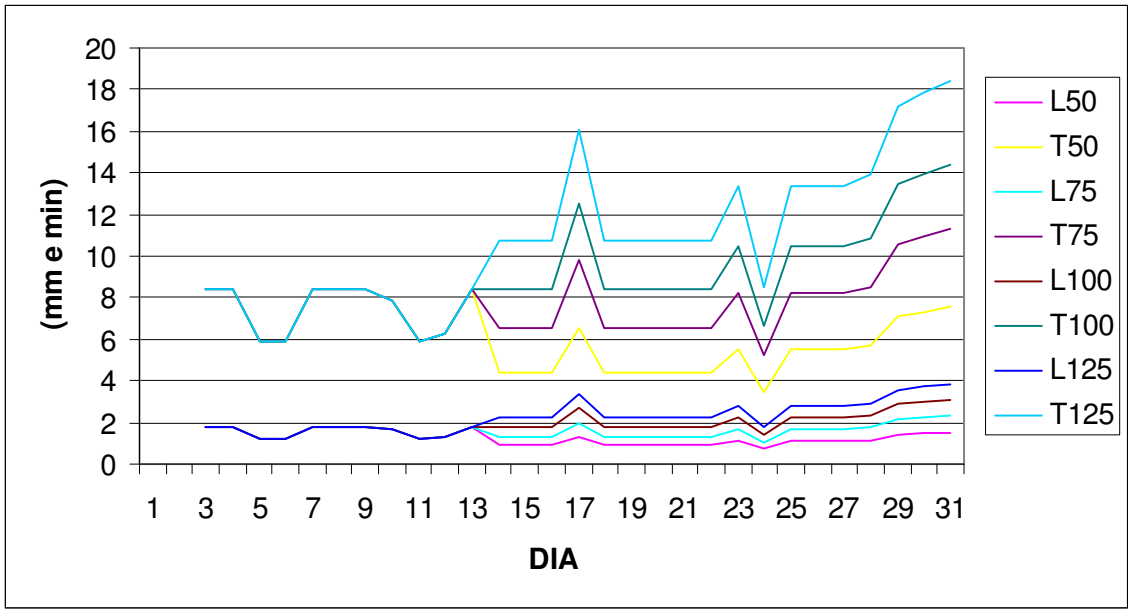

Figura 14. Lâminas diárias para a cultura de beterraba, no mês de julho de 2009, para L50, L75, L100 e L125, e tempos de irrigação para T50, T75, T100 e T125.

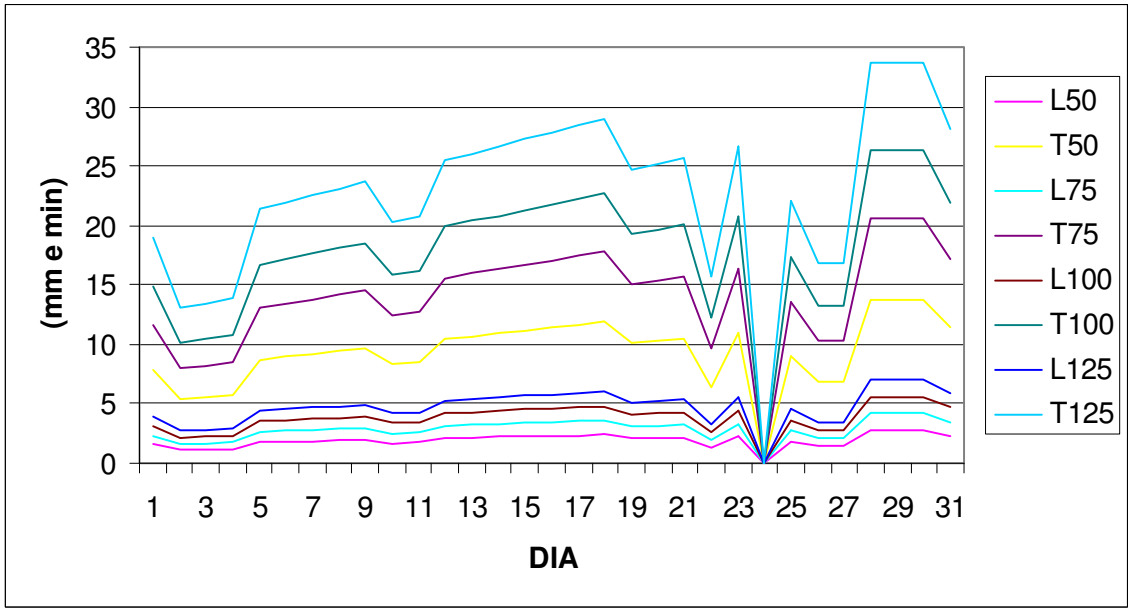

Figura 15. Lâminas diárias para a cultura de beterraba, no mês de agosto de 2009, para L50, L75, L100 e L125, e tempos de irrigação para T50, T75, T100 e T125.

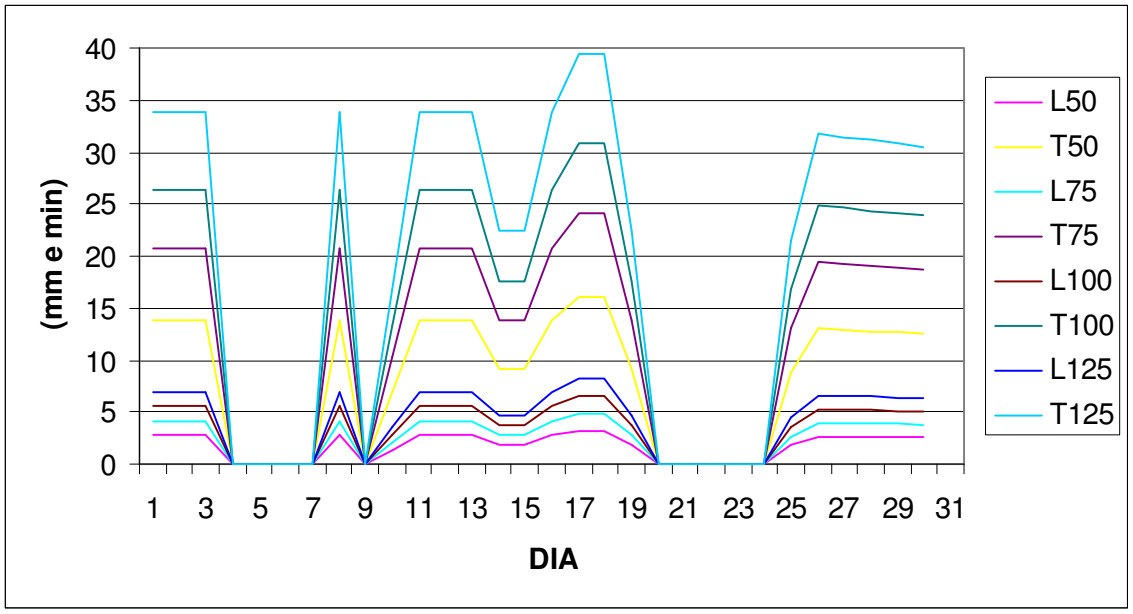

Figura 16. Lâminas diárias para a cultura de beterraba, no mês de setembro de 2009, para L50, L75, L100 e L125, e tempos de irrigação para T50, T75, T100 e T125.

4.5 - Solo

Pelo resultado da análise de variância (Tabela 14), permite observar que não ocorreu diferença significatica nos valores da condutividade elétrica no extrato saturado (CEes). Mesmo com diferentes lâminas de irrigação e com variações na concentração das doses de adubação nitrogenada, não houve diferenças sobre os valores de CEes (Anexos 8 e 9), evidenciando que volumes maiores de água podem promover a percolação dos nutrientes no solo. Esse fato pode ser explicado em função dos elementos como K e Na, que mais contribuem para os valores elevados de condutividade no solo, terem alta mobilidade no perfil do solo, movimentando-se de acordo com o conteúdo de água (FESCH et al., 1998; PADILLA et al., 1999).

A CEes representa a concentração de sais na solução do solo, em virtude do contato entre a superfície coloidal do solo e a água. Neste trabalho, os valores variaram de 0,333 a 0,355 mS cm^{-1}, para as lâminas de irrigação, e de 0,296 a 0,388 mS cm^{-1}, para as doses de adubação nitrogenada, sendo estes menores

que o valor considerado como limite tolerável para as culturas sensíveis que é de 2 mS cm^{-1} (BATISTA et al. 2002 e GOMES, 1999). Esses mesmos autores classificam a beterraba como geralmente tolerante, suportando até 4 mS cm^{-1}, sem que ocorra declínio na produtividade e na qualidade das raízes.

O Comitê de Tecnologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo, classifica como solos normais aqueles em que as CEes são menores que 2 mS cm^{-1} (GLOSSARY OF SOIL SCIENCE TERMS, 1975). Neste sentido, pode-se descartar totalmente o efeito negativo das aplicações de nitrogênio no efeito salino no solo. BATISTA et al. (2002), NAVARRO (1979), GOMES (1999), ABREU JUNIOR et al. (1995), ARAUJO FILHO et al. (1995), OLIVEIRA (2000) e ABREU JUNIOR et al. (2000) verificaram redução na produtividade das culturas, quando a CEes se encontrava maior que 2 mS cm^{-1}.

Segundo RIBEIRO et al. (1999), alguns fertilizantes são sais que podem elevar a concentração salina do solo; por isto, não se deve utilizar quantidades excessivas de fertilizantes, principalmente em irrigação localizada, para não correr o risco de serem criadas zonas de maior concentração salina nas bordas do bulbo molhado.

Para o efeito das doses de adubação nitrogenada (Anexo 9), observa-se que não ocorreu alteração no comportamento da salinidade do extrato de saturação. Isso pode ser explicado pelo alto poder tampão do solo, em virtude do teor de argila e matéria orgânica, que neutralizou o efeito acidificante que a ureia promove no solo. Os valores encontrados neste trabalho são menores que os encontrados por BARCELOS (2003), em pesquisa com níveis de adubação nitrogenada e potássica na cultura de tomate; o referido autor observou índices de condutividade elétrica no solo, que variaram de 0,83 a 1,82; 1,48 a 2,74 e 2,45 a 2,76 mS cm^{-1}, para os níveis de baixa, média e alta tecnologia de adubação para a cultura e com base nas recomendações para o Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et. al., 1999).

Verifica-se que os valores de pH do extrato de saturação não sofreram influência da lâmina de irrigação. Entretanto, as médias são crescentes com o aumento das lâminas de irrigação (Anexo 8), mostrando que, mesmo com lâmina

maiores do que as recomendada, com base no tanque classe A, não houve a movimentação dos sais da superfície do solo.

As doses de adubação nitrogenada não afetaram os valores de pH do extrato de saturação, variando de 7,01 a 7,07, praticamente iguais aos valores obtidos nas lâminas de irrigação, que variaram de 6,95 a 7,07. Isso mostrou que as adubações com ureia, aplicadas de forma fracionada,, têm pouco efeito na alteração do pH do solo. Por outro lado, autores como QUEVEDO CAMACHO (1995); VITTI & PROCHNOW (1996); MAHLER et al., (1985); OBI (1989); RASMUSSEM & ROHDE (1989); STUMPE & VLEK (1991) e WOLCOTT et al. (1965) confirmam a capacidade da acidificação do solo por adubos nitrogenados como o sulfato de amônio e a ureia.

Os valores de fósforo, cálcio, magnésio e pH do solo não sofreram variações significativas, em função das lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada, mostrando que o manejo não interferiu no comportamento desses elementos no solo (Tabela 16). Isso não influenciou na cultura de beterraba, pois a mesma não respondeu às lâminas e doses de N, podendo ser cultivada com menores gastos de insumos.

Tabela 16. Resultado da análise de variância para fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e pH do solo.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QM			
		P	Ca	Mg	pH
BLOCO	2	37,37ns	0,08ns	0,02ns	0,04ns
LÂMINA	3	38,04ns	0,07ns	0,09ns	0,01ns
erro 1	6	14,24	0,32	0,13	0,06
DOSE	3	12,51ns	0,16ns	0,04ns	0,10ns
LAMINA * DOSE	9	7,71ns	0,11ns	0,05ns	0,04ns
erro 2	24	3,09	0,27	0,15	0,10
CV 1 %		15,57	20,96	25,12	3,95
CV 2 %		14,93	19,15	27,41	5,27
Média Geral		24,23	2,69	1,41	6,12

Os valores de P variaram de 22,7 a 26,8 mg dm^{-3} (Anexo 8 e 9), superiores a 12 mg dm^{-3}, considerado o limite inferior da classe muito bom, pela tabela de

classificação de disponibilidade de fósforo para o Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999).

Para o cálcio, os valores variaram de 2,5 a 2,8 $Cmol_c\ dm^{-3}$, superiores a 2 $cmol_c\ dm^{-3}$, considerado o valor mínimo para a cultura da beterraba, Para o magnésio, as concentrações variaram de 1,2 a 1,4, superior a 1 $cmol_c\ dm^{-3}$, limite mínimo para a cultura de beterraba, segundo as recomendações do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999). Os valores de pH variaram de 6,1 a 6,2, mostrando variações mínimas, o que se explica mais pela variabilidade do solo do que pelo efeito das lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada. Esta pouca variação na concentração de P, Ca, Mg e pH mostra que a variação do manejo testado não foi capaz de interferir no equilíbrio nutricional deste solo.

5 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados pode-se concluir que:

As lâminas de irrigação extremas, ou seja, de 50% a 125% da evapotranspiração, estimada pelo método do tanque classe A, não interferiram na produtividade e nos parâmetros analisados de qualidade da beterraba katrina.

As doses de adubação nitrogenada extrema, ou seja, de 50% a 125% da recomendação, baseada na análise do solo, aplicadas em fertirrigação, não interferiram na produtividade e qualidade da beterraba;

Para a cultura de beterraba, podem-se usar lâminas de irrigação de 50 a 75% das recomendadas pela literatura, podendo-se usar lâmina correspondente a 50% da evapotranspiração da cultura, estimada pelo método do tanque classe A, e adubação nitrogenada menor do que a recomendada pela 5^{a} Aproximação de Minas Gerais.

Par a qualidade organoléptica da beterraba, as lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada não interferiram nos parâmetros avaliados.

6 - REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C.H.; MACHADO, R.C.R. Efeito da adubação N-P-K sobre a produtividade de plantas velhas de cacau e fertilidade do solo, em área tradicional de cultivo no sul da Bahia. **In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Viçosa-MG, 1995, p.600-602.

ABREU JUNIOR, C.H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A.F.; ALVAREZ, F.C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.635-647, 2000.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration:** guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 297p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLISON, M.F.; ARMSTRONG, M.J.; JAGGARD, K.W.; TODD, A.D.; MILFORD, G.F.J. An analysis of the agronomic, economic, and environmental effects of applying N fertilizer to sugarbeet. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.127, n.4, p.475-86, 1996.

AMBROSANO, J.E.; ROSSI, F.; GUIRADO, N.; MELO, P.C.T. Produção de beterraba em sistemas com adubação mineral, organomineral, orgânica e orgânica com homeopatia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA**, 44, Campo Grande, **Anais...**, Campo Grande, 2004, v.22, p.236-238.

ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E.C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.28-32, 1997.

AQUINO, L.A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P.R.G.; PEREIRA, F.H.F.; LADEIRA, I.R.; CASTRO, M.R.S. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.199-203, 2006.

ARAÚJO FILHO, J.B.; GHEUI, H.R.; AZEVEDO, N.C.; SANTOS, J.G.R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.417-422, 1995.

BANZATO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: Funep, 1995. 247p.

BARCELOS, J.C. **Dinâmica de atributos físicos, químicos e físico-químicos em latossolos cultivados com tomate, café e batata, na região do cerrado, sob diferentes níveis de adubação química**. 2003. 111f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

BATISTA, M.J.; NOVAES, F.; SANTOS, D.G.; SUGUINO, H.H. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos.** 2.ed. rev. ampl. Brasília: Codevasf, 2002. 216p. (Série Informes Técnicos).

BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: IPAGRO, 1981. 95p. (Boletim Técnico, v.7).

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

BERNARDO, S.; SOUSA, E.F.; CARVALHO, J.A. **Estimativa da evapotranspiração de referência (ETo), para as "áreas de baixada e de tabuleiros" da região Norte Fluminense**. Campos dos Goytacazes: UENF, 1996. 14p. (Boletim Técnico).

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.251-255, 2002.

BURT, C.; O'CNNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. Irrigation Training Research Center: California University. San Luis Obispo. 1995. 320p.

CALHEIROS, C.B.M.; QUEIROZ, J.E.; FRIZZONE, J.A.; PESSOA, P.C.S. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: Água como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.7, p.506-15, 1996.

CARDOSO, G.G.de G.; KLAR, A.E. Potenciais de água no solo na produção de alface. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.2, p.170-179, 2009.

CASSALI, V.W.D. Sugestões de adubação para hortaliças In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Beterraba**: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa, Minas Gerais, 1999. cap. 18, p 182.

CEAGESP. Companhia de Entreposto e Armazéns Gerais de São Paulo. **Ficha técnica para classificação da beterraba (Beta vulgaris L.)**. 2010. Disponível em: http://www.ceagesp.gov.br/hortiescolha/anexos/ficha_beterraba.pdf. Acesso em: 17 mar. 2010.

CEASAMINAS. Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S/A. **Preços médios pagos pelo consumidor em BH/MG**: **Comparativo de menores preços**. 2010. Disponível em: http://www.ceasaminas.com.br/informacoes_mercado.asp. Acesso em 17 mar. 2010.

CHANG, J. **Climate and agriculture**: An ecological survey. Chicago, 1968. 304p.

CHITARRA, M.I.F. **Pós-colheita de frutas e hortaliças:** Fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005, 223p,

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: California Agricultural Station. 1942, 124p. (Bulletin, 670).

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília: ABID, n.54, p. 46-55, 2002.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSMG). Lavras Minas Gerais. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 4ª Aproximação. Lavras, 1999. 159p.

COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A.; OLIVEIRA, S.L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Revista Bahia Agrícola on LIne**, Salvador, v.7, n.1, p.57-60, 2005.

COSTA, A. do N.; IGARASHI, G. da S.; EBINA, K.; TANAKA, M.S.; MALUF, W.R. **Cultivo da beterraba**. Lavras: UFLA, 2000. (Boletim Técnico de Hortaliças, nº 59).

CRITCHFIELD, H.J. **General Climatology**. Englewood Cliffs:Prentice-Hall, 1974. 447p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. FAO, Rome. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba. (FAO. Irrigação e Drenagem, 33), 1994. 306p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements.** FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Rome: FAO, 1977.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG) Enio Fernandes da Costa. Dispositivo portátil para aplicação de produtos químicos via água de irrigação. Br. N. PI 8804452. 31 de agosto de 1988. **Revista da Propriedade Industrial,** Rio de Janeiro, n.1014, p.3, 1990.

FAGGION, F.; OLIVEIRA, C.A.S.; CRRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, UNICENTRO/PR, v.2, n.1, p.187-190, abr. 2009.

FERNANDEZ, J.C.; GARRIDO, R.J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2002. 457p.

FERREIRA, D.F. SISVAR – Sistema de análise de variância de dados balanceados: **Programa de análise estatística e planejamento de experimentos**, versão 4.3. Lavras: UFLA, 2000.

FESCH, C.; LEHMAN, P.; HADERLEIN, S.B.; HINZ, C.; SCHARZENBACH, R.P.; FLUHLER, H. Effect of content on solute transport in a porous medium containing reactive micro-agreggates. **Journal Contamination Hidrology**, n.33, p.211-230, 1998.

FILGUEIRA, F.A.R. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: UFV. Editora Folha de Viçosa, 2000. 402p.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122p.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. (Coord.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.227-60.

FRIZZONE, J.A.; ZANINI, J.R.; PAES, L.A.D.; NASCIMETO, V.M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (Boletim Técnico, 2).

GLOSSARY OF SOIL SCIENCE TERMS. **Soil Science Society of America**. Madison, 1975. 34p.

GOMES, H.P. **Engenharia de Irrigação**: Hidráulica dos Sistemas Pressurizados. Aspersão e Gotejamento. 3.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 412p.

GRANADA, G.L.; VENDRUSCOLO, J.L.; TREPTOW, R.O. Caracterização química e sensorial de sucos clarificados de amora-preta (*Rubs* spp. L). **Revista Brasileira de Agrociência,** Pelotas, v.7, n.2, p.143-147, 2001.

HAAG, H.P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças: LXIII. requerimento de nutrientes pela cultura da beterraba. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.44, p.401-7, 1987.

HAMINIUK, C.W.I. **Comportamento reológico e fracionamento pécticio da polpas integrais de araçá (*Psidium catlleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus* spp)**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

HEMPHILL JR., D.D.; WEBER, M.S.; JACKSON, T.L. Table beet yield and boron deficiency as influenced by lime, nitrogen, and boron. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.46, n.2, .p.190-1192, 1982.

HICKEL, E.; CALEGARRIO, F.F.; MELO, G.W.B. de.; KUHN, G.B.; NACHTIGAL, J.C.; MAIA, J.D.G.; PROTAS, J.F. da. S.; MELLO, L.M.R. de.; GARRIDO, L. da R.; CONCEIÇÃO, M.A.F.; BOTTON, M.; SÔNEGO, O.R.; NAVES, R. de.L.; SORIA, S. de.J.; FOJARDO, T.V.M.; CAMARGO, U.A. Uvas Sem Sementes Cultivares BRS Morena, BRS Clara e BRS Linda. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Uva e Vinho**, n.8, 2005. Disponível em: **http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasSemSementes/expediente.htm**. Acesso em 25 jan. 2010.

HIRONDEL, J.I.; HIRONDEL, J.L. **Nitrate and man:** toxic, harmless or beneficial/ New York: CAB Publishing, 2001. 168p.

HOWELL, T.A.; HILLER, E.A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. In: International Drip Irrigation Congress, 2, Proceedings… Riverside, 1974. p.299-304.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Nomas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, 1985. p.21.

JENSEN, M. E. **Consumptive use of water and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1973. 215p.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 615p.

KLUGE, R.A.; COSTA, C.A.; VITTI, M.C.D.; ONGARELLI, M.G.; JACOMONO, A.P.; MORETTI, C.L. Armazenamento refrigerado de beterraba minimamente processada em diferentes tipos de cort**e. Ciências Rural,** Santa Maria, v.36, n.1, p.263-270, 2006.

LASKE, P. **Abonamiento de las hortalizas**. Hannover: Verlagsgesellschaft für Ackerbau mbH., 1962. 51p.

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil:** O estudo das águas no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica. 1999. Disponível em: http://www.iica.org.uy. Acesso em: 10 mar. 2010.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fósforo. Piracicaba, 1995. 177p.

MACK, H.J. Effects of nitrogen, boron and potassium on boron deficiency, leaf mineral concentrations, and yield of table beets (*Beta vulgaris* L.). **Communications In Soil Science Plant Analysis**, New York, v.20, n.3-4, p.291-303, 1989.

MAHLER, R.L.; HALVORSON, A.R.; KOEHLER, F.E. Long-term acidification of farmland in northern Idaho and eastern Washington. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.16, n.1, p.83-95, 1985.

MAIA NETO, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 1997.

MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M. M. Eficiência na aplicação da água. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. *Quimigação*: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994. p.135–152.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. Qualidade da água, aspectos do sistema, e método prático de manejo. **Irrigação por aspersão em hortaliças**. Brasília: Embrapa SPI/Embrapa CNPH, 2001. 111p.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 72p.

MARQUES, L.F.; MEDEIROS, D.C.; COUTINHO, O.L.; MARQUES, L.F.; MEDEIROS, C.B.; VALE, L.S. Produção e qualidade da beterraba em função da adubação com esterco bovino. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.5, n.1, p.24-31, 2010.

MARQUES, A.R.S. **Fatores que influenciam crescimento microbiano**. 2010, Disponível em: http://webensino.unicamp.br/TA716-057410/apoio/4/fatores_que_influenciam_crescimento_microbiano_final_2010.ppt#256,1slide1. Acesso em: 10 fev. 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MELLO, J.L.P.; SEDIYAMA, G.C.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. **Evaporação e evapotranspiração**. Viçosa: UFV. 1996. 62p.

MERRIAM, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978.

MORETTI, C.L.; BERG, F.L.N.; MATTOS, L.M. Caracterização pós-colheita de cenouras cultivadas em sistema orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, Suplemento 2. CD-ROM. Trabalho apresentado no 43º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2003.

NAVARRO, E.A. **El ensalitramiento de los suelos bajo riego**. Colégio de Postgraduados, Chapingo, México. 1979. 119p.

OBI, A.O. Long-term effects of the continuous cultivation of a tropical ultisol in southwestern Nigéria. **Experimental Agriculture**, London, v.25, n.2, p.207-215, 1989.

OLIVEIRA, F.C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. 2000. 247f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

OLMEDO, P.M.; MURILLO, J.M.; CABRERA, F.; LÓPEZ, R. Sugarbeet (*Beta vulgaris*) response to residual soil N under Mediterranean agronomic practices. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.132, n.3: p.273-280, 1999.

OMETTO, J.C.; PERRIES, A.; ITIES, B. **Sur l'estimation de la radiation solaire globale et radiation nette**. Versailles: Centre National de Recherche Agronomique, 1973. 11p.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, A.P.; NOVA, N.A.V. Correlação entre valores decendiais da evapotranspiração potencial calculados segundo métodos de Penman e de Thornthwaite e dados de evapotranspirômetros, na região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v.25, n. 15: p.26-41, 1966.

PADILLA, I.Y.; JIM YEH, T.C.; CONKLIN, M.H. The effect of water content on solute transportion unsatured porous media. **Water Resource**, Washington, v.35, n.11, p.3303-3313, 1999.

PAZ, V.P.S.; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FOLEGATTI, M.V. Redução da receita líquida por déficit ou excesso de água na cultura do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.12, p.1371-7, 1997.

PEITER, M.X.; CHAUDHRY, F.H.; CARLESSO, R. Programação do manejo de irrigação de milho via modelo de simulação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.53-63, 1999.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PEREIRA, P.R.G.; SILVA, D.H.J.; FONTES, P.C.R.; MARTINEZ, H.E.P.; BARACATPEREIRA, M.C. Teores de nitrato, composição mineral e produção de raízes de beterraba em solo com alto nitrogênio. **Horticultura Brasileira,** Brasília, v.13, n.1, p.104, maio 1995. (resumo 226).

PUIG-BARGUES, J.; ARBAT, G.; BARRAGAN, J.; RAMIREZ DE CARTAGENA, F. Hidraulic performance of drip irrigation subunits using WWTP effluents. **Agriculture Water Managemente**. v.77, n.1-3, p.249-262, 2005.

QUEVEDO CAMACHO, J.C. **Efeito do balanço de cátions e ânions da planta na acidificação do solo por fertilizantes nitrogenados**. 1995 106p Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba, 1995.

RATH, S.; XIMENES, MIN.; REYES, F.G.R. 1994. Teores de nitrato e nitrito em vegetais cultivados no Distrito Federal: um estudo preliminar. **Revista do Instituto Adolfo Lutz,** v.54, n.4: p.126-130, 1994.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, Minas Gerais, 1999, 359p.

ROLSTON, D.E.; RAUSCHKOLB, R.S.; PHENE, C.; MILLER, R.J.; URIU, K.; CARLSO, R.M.; HANDERSON, D.W. **Applying nutrients and other chemicals to trickle-irrigated crops**. Derley: University of California, Division of Agricultural Science, 1981, 14p. (Bulletin).

SAMPAIO, S.C.; FARIA, M.A. de; LIMA, L.A.; OLIVEIRA, M.S. de; SILVA, A.M. da. Distribuição espacial e temporal do cloreto de potássio aplicado em uma linha lateral de gotejamento por bomba injetora e tanque de derivação de fluxo. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.8, n.1, p.31-41, 1997.

SENTELHAS, P.C. **Agrometeoralogia aplicada à irrigação**. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C. Manejo de Irrigação. Piracicaba: SBEA/FUNEP, v.1, p.63-120, 2001. (Série Engenharia Agrícola).

SEXTON, P.; CARROL, J. Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugarbeet. **Journal of Plant Nutrition,** New York, v.25, n.9, p.1975-1986, 2002.

SHANNON, S.; BECKER, R.F.; BOURNE, M.C. The effect of nitrogen fertilization on yield composition and quality of table beets (*Beta vulgaris* L.). **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.90, n.p,201-208, 1967**.**

SHOCK, C.C.; SEDDIGH, M.; SAUNDERS, L.D.; STIEBER, T.D.; MILLER, J. Sugarbeet nitrogen uptake and performance following heavily fertilized onion. **Agronomy Journal**, v.92, n.1: p.10-15, 2000.

SILVA, M.A.V. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: INMET, 2000. 532p.

SILVA, M.A.V. **Evapotranspiração em cultura irrigada no sub-médio São Francisco**. 1977. 97f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) São José dos Campos: INPE, 1977.

SILVA, W.L.C.; CARRIJO, O.A.; MAROUELLI, W.A. Fertirrigação na EMBRAPA Hortaliças. In: FOLEGATTI, M.V. (coord.) **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. cap.5, p.433-440.

SOLOMON, K.H. Yield related interpretations of irrigation uniformity and efficiency measurements. **Irrigation Science**, New York, v.5, n.3, p.161-72, 1984.

SOUZA, R.B. de; RESENDE, F.V.; MADEIRA, N.R. **Nutrição e Adubação**. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/sistemas_producao/cultivo_da_cebola/nutricao_e_adubacao.htm>. Acesso em: 10 de fev. 2010.

SOUZA, R.J. de.; FONTANETTI, A.; FIORINI, C.V.A.; ALMEIDA, K. de. **Cultura da beterraba (Cultivo convencional e Cultivo orgânico)**. Lavras, 2003, 37p.

SOUSA, V.F. de.; COÊLHO, E.F.; SOUZA, V.A.B. de. Frequencia de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.659-664, 1999.

STONE, l.F. Irrigação do feijoeiro e do arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.14, p.31-34, 2005.

STUMPE, J.M.; VLEK, P.L.G. Acidification induced by different nitrogen sources in columns of selected tropical soil. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v.55, n.1, p.145-151, 1991.

TRANI, P.E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S.W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.726-730, 2005.

TRANI, P.E.; FORNASIER, J.B.; LISBÃO, R.S. Nutrição mineral e adubação da beterraba. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C,.P. (Ed) **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.429-446.

UGRINOVIC, K. Effect of nitrogen fertilization on quality and yield of red beet (*Beta vulgaris* var. *conditiva* Alef.). **Acta Horticulturae,** Leuven, v.506, n.2, p.99-104, 1999.

VILLA NOVA, M.S. **Avaliação do desempenho do tensiômetro de bolhas de ar para medida do potencial matricial de água no solo**. 1991. 69f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba, 1991.

VILLAS BOAS, R.L. **Doses de nitrogênio para pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. 2001. 123f. Tese (livre docência) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

VILLAS BOAS, R.L.; BOARETTO, A.E.; VITTI, G.C. Aspectos da fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1, 1993, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1994. p.283-308.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e Fetrirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1994. p.261-280.

VITTI, G.C.; PROCHNOW, L.I. Corretivos – calcário e gesso: características, métodos de recomendações de uso: Módulo 3. In: **CURSO DE NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS**, 1996, Brasília: ABEAS,. 1996. 58p.

WINZER, T.; LOHAUS, G.; HELDT, H.W. Influence of phloem transport, N-fertilization and ion accumulation on sucrose in the taproots fodder beet and sugar beet. **Journal of Experimental Botany** v.47, n.7: p.863-870, 1996.

WOLCOTT, A.R.; FOTH, H.D.; DAVIS, J.F.; SHICKLUNA, J.C. Nitrogen carriers: I. Soil effects. **Soil Science Society of America Proceedings**. Madison, v.29, n.4, p.405-410, 1965.

WU, I.P.; GITLIN, H.M. Drip irrigation design based on uniformity. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.1, p.429-432, 1974.

WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e o sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.621-633, 2000.

ZANINI, J.R. **Hidráulica da fertirrigação por gotejamento utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora**. 1987. 103f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escala Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ – USP, Piracicaba, 1987.

7 - ANEXOS

Anexo 1. Dados de umidade relativa do ar, velocidade média do vento, temperatura média diária, chuva e evaporação diária determinadas pelo tanque Classe A da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, em julho de 2009.

DAS	Umidade Relativa (%)	Vento ($m\ s^{-1}$)	Temperatura média (ºC)	Chuva ($mm\ dia^{-1}$)	Evaporação ($mm\ dia^{-1}$)
0	69	0,8	20,8	0	4
0	63	0,5	21,5	0	4
1	63	1,7	21,9	0	4
2	65	1	20,8	0	4
3	68	1,8	20,6	0	3
4	69	2,1	20,2	0	3
5	70	1,5	20,3	0	4
6	66	0,8	20,5	0	4
7	65	0,6	21,7	0	4
8	66	2,6	22,9	0	4
9	65	3,6	23,3	1,8	3
10	75	0,8	16,3	0	3
11	73	1,6	21,7	0	4
12	62	0,9	21,1	0	4
13	60	1,6	22,3	0	4
14	61	1,4	22,2	0	4
15	54	1,3	22,1	0	6
16	65	1	21,1	0	4
17	68	1	21,7	0	4
18	68	0,4	21,7	0	4
19	64	1,1	22,7	0	4
20	51	2,7	23,9	0	4
21	60	1,2	24,2	0	5
22	71	1,4	21,6	0	3
23	67	1,8	23,4	0	5
24	57	0,8	24,8	0	5
25	62	0,9	24,5	0	5
26	60	1,2	23,5	0	5
27	55	1,4	23,3	0	6
28	50	0,9	24,1	0	6
29	46	1,6	24,3	0	6

Anexo 2. Dados de umidade relativa do ar, velocidade média do vento, temperatura média diária, chuva e evaporação diária determinadas pelo tanque Classe A da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, em agosto de 2009.

DAS	Umidade Relativa (%)	Vento ($m\ s^{-1}$)	Temperatura média (ºC)	Chuva ($mm\ dia^{-1}$)	Evaporação ($mm\ dia^{-1}$)
30	38	1,3	23,9	0	6
31	42	1,9	24,6	0	4
32	53	1	24,3	0	4
33	57	1,4	25,6	0	4
34	40	1,7	25,9	0	6
35	36	0,9	24,2	0	6
36	51	1,9	22,1	0	6
37	43	1,2	23,0	0	6
38	49	1,6	21,9	0	6
39	55	2,6	22,5	0	5
40	50	1,9	20,9	0	5
41	45	1,7	23,5	0	6
42	52	2,1	24,0	0	6
43	47	2,2	22,1	0	6
44	47	2,4	23,4	0	6
45	46	1,6	24,5	0	6
46	45	1,8	25,1	0	6
47	38	2,1	25,5	0	6
48	42	2,3	25,5	0	5
49	59	2,9	24,1	0	5
50	74	2,5	19,9	9	5
51	69	2,3	23,2	0	3
52	62	1,8	23,4	0	5
53	95	0,3	18,6	19	3
54	83	0,7	20,7	0	4
55	79	1,7	20,9	0	3
56	69	1,4	22,3	0	3
57	58	1,6	22,2	0	6
58	52	1,1	23,6	0	6
59	48	1,7	23,6	0	6
60	46	0,8	25,3	0	5

Anexo 3. Dados de umidade relativa do ar, velocidade média do vento, temperatura média diária, chuva e evaporação diária determinadas pelo tanque Classe A da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, em setembro de 2009.

DAS	Umidade Relativa (%)	Vento ($m\ s^{-1}$)	Temperatura média (ºC)	Chuva ($mm\ dia^{-1}$)	Evaporação ($mm\ dia^{-1}$)
61	52	0,5	25,3	0	6
62	53	1,2	27,9	0	6
63	53	1	26,4	0	6
64	87	2,9	20,3	28	6
65	88	0,5	22,3	7,6	4
66	78	1,6	23,9	2,3	2
67	67	1,4	25,9	8,6	5
68	72	1,2	26,2	0	6
69	87	2,6	21,7	22	3
70	77	0,9	24,6	0	3
71	50	2,2	24,7	0	6
72	56	0,8	24,3	0	6
73	51	0,6	25,8	0	6
74	52	0,2	26,4	0	4
75	51	1,5	26,9	0	4
76	53	0,4	27,6	0,8	6
77	38	1,7	26,1	0	7
78	47	1,5	27,2	0	7
79	61	1,4	24,3	0	4
80	79	1,8	24,7	38	6
81	86	0,1	22,5	10	4
82	80	0	28,8	9,5	4
83	87	1,7	21,5	8,3	3
84	86	2	21,7	17	5
85	72	0,8	24,7	0	4
86	60	1,6	26,7	0	6
87	54	1,6	26,8	0	6
88	53	1,7	27,8	0	6
89	72	3,1	25,3	0	6
90	70	0,3	24,6	17	6

Anexo 4. Evaporação medida no tanque classe A (ECA), lâminas diárias de irrigação (mm), e tempo de irrigação (minutos), para os tratamentos L_{50}, L_{75}, L_{100} e L_{125}, calculadas com base nos dados da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, no mês de julho de 2009.

Dias após semeadura	Eca	L_{50}		L_{75}		L_{100}		L_{125}	
	mm dia^{-1}	mm	min	mm	min	mm	min	mm	min
1	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
2	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
3	3	0,62	3,07	0,93	4,59	1,24	5,86	1,56	7,50
4	3	0,63	3,08	0,94	4,61	1,25	5,89	1,56	7,53
5	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
6	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
7	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
8	4	0,83	4,11	1,25	6,15	1,67	7,85	2,08	10,04
9	3	0,63	3,08	0,94	4,61	1,25	5,89	1,56	7,53
10	3	0,67	3,29	1,00	4,92	1,33	6,28	1,67	8,03
11	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
12	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
13	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
14	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
15	6	1,33	6,57	2,00	9,84	2,67	12,56	3,33	16,07
16	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
17	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
18	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
19	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
20	4	0,89	4,38	1,33	6,56	1,78	8,37	2,22	10,71
21	5	1,11	5,48	1,67	8,20	2,22	10,47	2,78	13,39
22	3	0,71	3,49	1,06	5,23	1,42	6,67	1,77	8,54
23	5	1,11	5,48	1,67	8,20	2,22	10,47	2,78	13,39
24	5	1,11	5,48	1,67	8,20	2,22	10,47	2,78	13,39
25	5	1,11	5,48	1,67	8,20	2,22	10,47	2,78	13,39
26	5	1,15	5,68	1,73	8,50	2,30	10,85	2,88	13,88
27	6	1,43	7,06	2,15	10,56	2,86	13,48	3,58	17,24
28	6	1,48	7,30	2,22	10,92	2,96	13,94	3,70	17,83
29	6	1,53	7,54	2,29	11,28	3,06	14,40	3,82	18,42

Anexo 5. Evaporação medida no tanque classe A (ECA), lâminas diárias de irrigação (mm), e tempo de irrigação (minutos), para os tratamentos L_{50}, L_{75}, L_{100} e L_{125}, calculadas com base nos dados da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, no mês de agosto de 2009.

Dias após semeadura	Eca	L_{50}		L_{75}		L_{100}		L_{125}	
	mm dia^{-1}	mm	min	mm	min	mm	min	mm	min
30	6	1,58	7,78	2,37	11,64	3,16	14,86	3,94	19,01
31	4	1,08	5,35	1,63	8,00	2,17	10,22	2,71	13,07
32	4	1,12	5,51	1,68	8,24	2,23	10,52	2,79	13,46
33	4	1,15	5,67	1,72	8,48	2,30	10,83	2,87	13,85
34	6	1,77	8,74	2,66	13,09	3,55	16,70	4,43	21,37
35	6	1,82	8,98	2,73	13,45	3,64	17,17	4,56	21,96
36	6	1,87	9,22	2,81	13,81	3,74	17,63	4,68	22,55
37	6	1,92	9,47	2,88	14,17	3,84	18,09	4,80	23,14
38	6	1,97	9,71	2,95	14,53	3,94	18,55	4,92	23,73
39	5	1,68	8,29	2,52	12,41	3,36	15,84	4,20	20,26
40	5	1,72	8,49	2,58	12,71	3,44	16,22	4,31	20,75
41	6	2,12	10,43	3,17	15,61	4,23	19,93	5,29	25,49
42	6	2,16	10,67	3,25	15,97	4,33	20,39	5,41	26,08
43	6	2,21	10,91	3,32	16,33	4,43	20,85	5,53	26,67
44	6	2,26	11,15	3,39	16,70	4,52	21,31	5,66	27,26
45	6	2,31	11,39	3,47	17,06	4,62	21,77	5,78	27,85
46	6	2,36	11,63	3,54	17,42	4,72	22,23	5,90	28,44
47	6	2,41	11,88	3,61	17,78	4,82	22,69	6,02	29,03
48	5	2,05	10,10	3,07	15,12	4,10	19,29	5,12	24,68
49	5	2,09	10,30	3,13	15,42	4,18	19,68	5,22	25,17
50	5	2,13	10,50	3,19	15,72	4,26	20,06	5,32	25,66
51	3	1,30	6,42	1,95	9,61	2,60	12,27	3,26	15,69
52	5	2,21	10,90	3,32	16,32	4,42	20,83	5,53	26,64
53	3	1,35	6,66	2,03	9,97	2,70	12,73	3,38	16,28
54	4	1,83	9,04	2,75	13,54	3,67	17,28	4,59	22,10
55	3	1,40	6,90	2,10	10,33	2,80	13,19	3,50	16,87
56	3	1,40	6,90	2,10	10,33	2,80	13,19	3,50	16,87
57	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
58	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
59	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
60	5	2,33	11,50	3,50	17,22	4,67	21,98	5,83	28,12

OBS: Valores em vermelho correspondem a dias em que houve chuva.

Anexo 6. Evaporação medida no tanque classe A (ECA), lâminas diárias de irrigação (mm), e tempo de irrigação (minutos), para os tratamentos L_{50}, L_{75}, L_{100} e L_{125}, calculadas com base nos dados da estação climatológica do IFTM – Câmpus Uberlândia, no mês de setembro de 2009.

Dias após semeadura	Eca	L_{50}		L_{75}		L_{100}		L_{125}	
	mm dia^{-1}	mm	Min	mm	Min	mm	Min	mm	Min
61	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
62	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
63	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
64	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
65	4	1,68	8,28	2,52	12,40	3,36	15,83	4,20	20,24
66	2	1,07	5,29	1,61	7,92	2,15	10,11	2,68	12,93
67	5	2,15	10,58	3,22	15,84	4,29	20,22	5,37	25,87
68	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
69	3	1,40	6,90	2,10	10,33	2,80	13,19	3,50	16,87
70	3	1,40	6,90	2,10	10,33	2,80	13,19	3,50	16,87
71	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
72	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
73	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
74	4	1,87	9,20	2,80	13,78	3,73	17,58	4,67	22,49
75	4	1,87	9,20	2,80	13,78	3,73	17,58	4,67	22,49
76	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
77	7	3,27	16,10	4,90	24,11	6,53	30,77	8,17	39,36
78	7	3,27	16,10	4,90	24,11	6,53	30,77	8,17	39,36
79	4	1,87	9,20	2,80	13,78	3,73	17,58	4,67	22,49
80	6	2,80	13,80	4,20	20,66	5,60	26,38	7,00	33,74
81	4	1,85	9,12	2,77	13,64	3,70	17,42	4,62	22,28
82	4	1,60	7,90	2,40	11,82	3,20	15,09	4,01	19,31
83	3	1,50	7,38	2,24	11,04	2,99	14,09	3,74	18,03
84	5	2,24	11,07	3,37	16,56	4,49	21,14	5,61	27,05
85	4	1,78	8,76	2,67	13,12	3,56	16,75	4,44	21,42
86	6	2,64	13,02	3,96	19,48	5,28	24,87	6,60	31,81
87	6	2,61	12,88	3,92	19,29	5,23	24,62	6,53	31,49
88	6	2,59	12,75	3,88	19,09	5,17	24,37	6,47	31,17
89	6	2,56	12,62	3,84	18,89	5,12	24,12	6,40	30,85
90	6	2,53	12,49	3,80	18,70	5,07	23,86	6,33	30,53

OBS: Valores em vermelho correspondem a dias em que houve chuva.

Anexo 7. Limites máximos de tolerância de defeitos (%) por categoria pela Proposta de Regulamento Técnico de Identificação e Qualidade da Beterraba (*Beta vulgaris* L.), do "Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura".

Categoria	Extra	I	II	III
Defeitos graves				
Podridão	0	3	5	10
Dano Profundo	0	3	5	10
Murcho	0	3	5	10
Total de defeito grave	0	3	5	10
Defeitos leves				
Descoloração	0	5	15	30
Dano superficial	10	25	50	100
Excesso de bico	10	25	50	100
Excesso de talo	10	25	50	100
Cortiça	10	25	50	100
Deformado	10	25	50	100
Falta de limpeza	10	25	50	100
Total de defeitos leves	10	25	50	100

Anexo 8. Médias de produtividade de massa fresca de raiz (PMFR), em kg ha^{-1}, produtividade de massa seca de raiz (PMSR), em kg ha^{-1}, massa fresca de raiz da classe 1A (MFR1A) e 2A (MFR2A), em g m^{-1}, massa seca de raiz da classe 1A (MSR1A) e 2A (MSR2A), em g m^{-1}, altura das plantas no dia da colheita, em cm, massa fresca de folhas (MFF), em g m^{-1}, massa seca de folhas, (MSF), em g m^{-1}, teor de sólidos solúveis na classe 1A (ºBRIX1A) e 2A (ºBRIX1A), acidez total titulável na classe 1A (ATT1A) e 2A (ATT2A), em pH, acidez de raiz da classe 1A (pH1A) e 2A (pH2A), em pH, consumo de água pelo manejo de irrigação, em m^3 ha^{-1},condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), em mS cm^{-1} e pH do extrato de saturação, teores de fósforo, cálcio, magnésio e pH do solo nas lâminas de irrigação na cultura de beterraba Katrina.

Variáveis analisadas	Lâminas de irrigação					
	L_{50}	L_{75}	L_{100}	L_{125}	CV (%)	Erro padrão
PMFR	11700,47 a	19329,47 a	19047,10 a	19642,37 a	32,84*	1,91
PMSR	1516,60 a	2440,08 a	2376,00 a	2665,92 a	29,11*	3,86
MFR1A	135,38 a	122,54 a	165,39 a	108,29 a	19,55*	0,63
MFR2A	157,12 a	360,68 a	310,78 a	382,78 a	59,65*	2,66
MSR1A	17,70 a	16,56 a	20,59 a	14,66 a	22,91*	0,27
MSR2A	20,20 a	44,44 a	38,80 a	51,98 a	52,28*	0,85
Altura (cm)	32,65 a	33,70 a	32,88 a	34,11 a	14,99	1,44
MFF	562,90 a	680,92 a	722,61 a	678,88 a	26,74	52,17
MFS	73,48 a	85,07 a	88,07 a	83,78 a	19,69	5,31
BRIX1A	8,29 a	7,29 a	8,25 a	8,58 a	22,72	0,53
BRIX2A	5,58 a	6,12 a	7,50 a	8,16 a	20,98	0,41
ATT1A	4,28 a	3,94 a	4,47 a	4,47 a	13,75	0,17
ATT2A	1,70 a	1,7 a	2,15 a	2,10 a	25,11*	0,13
pH1A	5,66 a	5,22 a	5,70 a	5,74 a	13,70	0,22
pH2A	2,06 a	2,05 a	2,49 a	2,51 a	25,18*	0,16
CA	1576,50 a	2364,80 b	3153,10 c	3875,60 d	4,15	32,84
CEes	0,355 a	0,377 a	0,333 a	0,354 a	29,44	0,03
pHes	6,96 a	7,05 a	7,05 a	7,07 a	2,50	0,05
P	26,80 a	23,49 a	22,73 a	23,88 a	15,57	1,08
Ca	2,58 a	2,70 a	2,70 a	2,76 a	20,96	0,16
Mg	1,28 a	1,40 a	1,47 a	1,45 a	25,12	0,10
pH	6,10 a	6,08 a	6,15 a	6,14 a	3,95	0,06

Anexo 9. Médias de produtividade de massa fresca de raiz (PMFR), em kg ha^{-1}, produtividade de massa seca de raiz (PMSR), em kg ha^{-1}, massa fresca de raiz da classe 1A (MFR1A) e 2A (MFR2A), em g m^{-1}, massa seca de raiz da classe 1A (MSR1A) e 2A (MSR2A), em g m^{-1}, altura das plantas no dia da colheita, em cm, massa fresca de folhas (MFF), em g m^{-1}, massa seca de folhas, (MSF), em g m^{-1}, teor de sólidos solúveis na classe 1A (ºBRIX1A) e 2A (ºBRIX1A), acidez total titulável na classe 1A (ATT1A) e 2A (ATT2A), em pH, acidez de raiz da classe 1A (pH1A) e 2A (pH2A), em pH, consumo de água pelo manejo de irrigação, em m^3 ha^{-1},condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), em mS cm^{-1} e pH do extrato de saturação, teores de fósforo, cálcio, magnésio e pH do solo nas doses de nitrogênio na cultura de beterraba Katrina.

Variáveis analisadas	Lâminas de irrigação					
	L_{50}	L_{75}	L_{100}	L_{125}	CV (%)	Erro padrão
PMFR	19031,87 a	14823,47 a	16900,50 a	18963,75 a	24,41*	1,42
PMSR	2457,92 a	1995,87 a	2138,21 a	2406,58 a	22,61*	3,00
MFR1A	142,37 a	140,58 a	109,35 a	139,30 a	20,02*	0,71
MFR2A	333,42 a	230,00 a	313,15 a	334,78 a	45,30*	2,02
MSR1A	18,26 a	19,19 a	14,31 a	17,75 a	20,59*	0,24
MSR2A	43,18 a	30,70 a	39,14 a	42,40 a	41,84*	0,68
Altura (cm)	32,15 a	33,41 a	33,63 a	34,15 a	9,84	0,94
MFF	650,63 a	663,29 a	681,71 a	645,69 a	23,25	34,41
MFS	81,70 a	84,50 a	81,27 a	82,23 a	21,10	5,06
BRIX1A	7,62 a	8,29 a	8,08 a	8,41 a	22,13	0,51
BRIX2A	7,16 a	5,87 a	7,66 a	6,66 a	43,22	0,85
ATT1A	4,59 a	4,43 a	4,01 a	4,36 a	19,84	0,24
ATT2A	2,00 a	1,74 a	1,97 a	1,99 a	22,09*	0,12
pH1A	5,68 a	5,67 a	5,27 a	5,70 a	15,48	0,24
pH2A	2,35 a	2.04 a	2,35 a	2,35 a	24,68*	0,16
CA	2693,20 a	2758,90 a	2758,90 a	2758,90 a	4,15	32,84
CEes	0,381 a	0,296 a	0,388 a	0,354 a	25,85	0,02
pHes	7,01 a	7,01 a	7,07 a	7,04 a	4,02	0,08
P	23,12 a	23,65 a	25,35 a	24,77 a	14,93	1,04
Ca	2,68 a	2,54 a	2,82 a	2,70 a	19,15	0,14
Mg	1,44 a	1,33 a	1,45 a	1,38 a	27,41	0,11
pH	6,07 a	6,04 a	6,25 a	6,11 a	5,27	0,09