

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
ENGENHARIA AGRÍCOLA
MESTRADO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CULTIVO DE COUVE-FLOR EM FUNÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE
ÁGUA RESIDUÁRIA, SISTEMAS DE GOTEJAMENTO E
COBERTURAS DO SOLO

André Luiz Milhardes Mendes

ANÁPOLIS - GOIÁS
NOVEMBRO DE 2012

**CULTIVO DE COUVE-FLOR EM FUNÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE
ÁGUA RESIDUÁRIA, SISTEMAS DE GOTEJAMENTO E
COBERTURAS DO SOLO**

ANDRÉ LUIZ MILHARDES MENDES
Engenheiro Agrícola

Orientador: Profa. Dra. Anamaria Achtschin Ferreira
Co-Orientador: Prof. Dr. Sebastião Avelino Neto

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Goiás –
UEG, Unidade Universitária de
Ciências Exatas e Tecnológicas de
Anápolis como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola – Recursos
Hídricos e Saneamento Ambiental,
para obtenção do título de
MESTRE.

ANÁPOLIS - GOIÁS
NOVEMBRO DE 2012

**CULTIVO DE COUVE-FLOR EM FUNÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE
ÁGUA RESIDUÁRIA, SISTEMAS DE GOTEJAMENTO E
COBERTURAS DO SOLO**

Por

ANDRÉ LUIZ MILHARDES MENDES

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: ____/____/____

Prof. Dra. Anamaria Achtschin Ferreira
Orientadora
UEG / UnUCET

Prof. Dr. Alexander Seleguini
UFG / Escola de Agronomia e Engenharia
de Alimentos

Prof. Dr. André Jose de Campos
UEG / UnUCET

Prof. Dr. Honorato Ccalli Pacco
UEG / UnUCET

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, obrigado por mais essa conquista.

Em especial a minha esposa Adélia Souza Lobo, que está sempre ao meu lado me apoiando.

Ao meu filho querido Gabriel Souza Milhardes.

Aos meus pais, Dalton de Oliveira Mendes e Lucia Helena Doro Oliveira, pois sem eles eu não chegaria até aqui, obrigado por tudo.

Aos Professores do curso de Engenharia Agrícola da UEG e do PME A - UEG, em especial a Profa. Dra. Anamaria Achtschin Ferreira e ao Prof. Dr. Sebastião Avelino Neto, pela oportunidade e confiança de realizar este trabalho.

Aos amigos que ao longo dessa caminhada sempre me ajudaram e em especial ao Allan, Bruno, Rafael, João Maurício, Igor, Sr. José e Sr. Valdeir que participaram diretamente deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior - CAPES e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela bolsa concedida.

A Eliete, secretária do programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, pela grande dedicação a nós, alunos do mestrado.

A todos os outros que contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
2.1 GERAL.....	4
2.2 ESPECÍFICOS.....	4
3 REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1 RECURSOS HÍDRICOS.....	5
3.2 REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA.....	6
3.2.1 Regulamentação do reúso para a agricultura.....	6
3.2.2 Reúso de água residuária para irrigação.....	7
3.3 QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUÁRIA PARA IRRIGAÇÃO.....	8
3.4 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA E FERTIRRIGAÇÃO.....	11
3.5 COBERTURAS DO SOLO.....	13
3.6 CARACTERÍSTICAS DA CULTURA DE COUVE-FLOR.....	14
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1 ÁREA EXPERIMENTAL.....	16
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	17
4.3 PREPARO DO SOLO.....	19
4.3.1 Coberturas do solo.....	20
4.3.2 Análise do solo.....	20
4.4 CULTIVAR DE COUVE-FLOR.....	20
4.5 TRATOS CULTURAIS.....	21
4.6 ADUBAÇÃO FOLIAR.....	21
4.7 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO.....	21
4.8 MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	22
4.9 MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO.....	24
4.10 TIPOS DE ÁGUA.....	24
4.10.1 Água residuária.....	24
4.10.2 Água natural.....	25

4.11 AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO.....	26
4.12 ANÁLISE DE ÁGUA RESIDUÁRIA E ÁGUA NATURAL	27
4.13 FERTIRRIGAÇÃO	29
4.13.1 Água residuária	29
4.13.2 Água natural	29
4.14 VARIÁVEIS DA CULTURA	29
4.14.1 Área foliar da planta	30
4.14.2 Altura de planta.....	30
4.14.3 Leitura Spad	30
4.14.4 Número de folhas por planta.....	30
4.14.5 Peso médio da inflorescência.....	30
4.14.6 Diâmetro transversal da inflorescência.....	31
4.14.7 Análise microbiológica da inflorescência	31
4.15 ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 ANÁLISE DA ÁGUA RESIDUÁRIA E ÁGUA DO POÇO PROFUNDO UTILIZADAS NO EXPERIMENTO.....	33
5.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUANTITATIVOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA.....	34
5.3 ANÁLISE DE SOLO PARA INCORPORAÇÃO DE NUTRIENTES.....	38
5.4 ANÁLISE DA TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO.....	39
5.4 VARIÁVEIS QUANTITATIVAS DA CULTURA.....	40
5.4.1 Área Foliar	40
5.4.2 Altura de plantas de couve-flor	42
5.4.3 Leitura Spad - Teor de clorofila.....	44
5.4.4 Número de folhas por planta de couve-flor	45
5.4.5 Peso médio da inflorescência de couve-flor.....	46
5.4.6 Diâmetro transversal da inflorescência.....	49
5.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA INFLORESCÊNCIA.....	51
5.6 UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	52
CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS	54

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Qualidade microbiológica de águas residuárias para uso na agricultura....	9
QUADRO 2. Concentrações máximas recomendáveis de alguns elementos químicos em água de irrigação.....	10
QUADRO 3. Critérios adotados na interpretação da qualidade das águas de irrigação.	10
QUADRO 4. Salinidade de água, condutividade elétrica e concentração de sais solúveis.	11
QUADRO 5. Risco do potencial de entupimento de emissores pela água de irrigação.	12
QUADRO 6. Coeficiente de cultura (Kc) em diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo das brássicas.....	23
QUADRO 7. Índices de uniformidade estatística (US) e uniformidade de emissão (UE) para o sistema de irrigação por gotejamento.	27
QUADRO 8. Índices de uniformidade de Christiansen – CUC.	27
QUADRO 9. Parâmetros analisados para água residuária e métodos de análise.....	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Valores médios dos parâmetros quantitativos da água residuária e da água natural.	33
TABELA 2. Valores médios da análise quantitativa da água residuária antes do plantio, equação de calibração da reta e valores dos coeficientes de correlação (R^2).	35
TABELA 3. Quantidade total de nutrientes comerciais utilizados na adubação de plantio	36
TABELA 4. Resultados da análise do solo antes e após o experimento.	39
TABELA 5. Análise de variância para a variável tensão da água no solo.	40
TABELA 6. Análise de variância para a variável “área foliar”.	40
TABELA 7. Valores médios de área foliar (cm^2) em função do tipo de água utilizado.	41
TABELA 8. Valores médios de área foliar (cm^2) oriundos da interação “água x irrigação”.	41
TABELA 9. Valores médios de área foliar oriundos da interação “irrigação x cobertura”.	42
TABELA 10. Resumo da análise de variância realizada para a variável “altura de plantas” aos 3, 18, 33, 48 e 63 DAT (A1, A2, A3, A4 e A5, respectivamente).	42
TABELA 11. Valores médios da altura de plantas de couve-flor (cm) oriundos da interação “água x irrigação”.	43
TABELA 12. Resumo da análise de variância realizada para a variável “teor de clorofila” aos 3, 18, 33, 48 e 63 DAT (C1, C2, C3, C4 e C5, respectivamente).	44
TABELA 13. Teor de clorofila em função do tipo de água utilizada.	44
TABELA 14. Teor de clorofila em função do tipo de irrigação utilizado aos 3 e aos 18 DAT (C1 e C3, respectivamente).	44
TABELA 15. Resumo da análise de variância realizada para a variável “número de folhas por planta” aos 3, 18, 33, 48 e 63 DAT (N1, N2, N3, N4 e N5, respectivamente).	45
TABELA 16. Valores médios da altura de plantas oriundos da interação “água x irrigação”.	46
TABELA 17. Análise de variância para a variável “peso médio da inflorescência”.	47
TABELA 18. Valores médios do peso de inflorescência(g) oriundos da interação “água x irrigação”.	47
TABELA 19. Valores médios do peso de inflorescência(g) oriundos da interação “água x cobertura”.	48
TABELA 20. Valores médios do peso de inflorescência(g) oriundos da interação “irrigação x cobertura”.	48
TABELA 21. Valores médios do peso de inflorescência (g) oriundos da interação “água x irrigação x cobertura”.	49
TABELA 22. Análise de variância para a variável “diâmetro transversal da inflorescência”.	49
TABELA 23. Valores médios de diâmetro transversal da inflorescência oriundos do tipo de água utilizada.	50
TABELA 24. Valores médios do diâmetro de inflorescência(g) oriundos da interação “irrigação x cobertura”.	50
TABELA 25. Valores médios do diâmetro da inflorescência (cm) oriundos da interação “água x irrigação x cobertura”.	51
TABELA 26. Valores médios das análises microbiológicas da inflorescência de couve-flor híbrida Júlia irrigados com água residuária.	51

TABELA 27. Índices de CUC, US e UE obtidos no início e no final do experimento para os sistemas de irrigação.	52
--	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Localização da ETE/UEG/UnUCET e local onde realizou-se o experimento	17
FIGURA 2. Croqui da distribuição das parcelas experimentais.....	18
FIGURA 3. Área experimental para o cultivo de couve-flor.	19
FIGURA 4. Visão geral da caixa de controle para automação do sistema de irrigação – UEG – UNUCET – Anápolis – 2012	22
FIGURA 5. Tanque Classe A para determinação evapotranspiração de referência - ET_0	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA: Agência Nacional de Águas
APHA: American Public Health Association
AR: Água Residuária
AN: Água Natural
CE: Condutividade Elétrica
cm: Centímetros
CNRH: Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONERH: Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CUC: Coeficiente de variação de Christiansen (%)
CV: Cavalo Vapor
DAT: Dias após o transplante
DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias
DQO: Demanda Química de Oxigênio
dS m⁻¹: Decímens por metro
ETE: Estação de Tratamento de Esgoto
SnC: Solução nutritiva convencional
g: Gramas
ISO: International Organization for Standardization
kPa: Quilopascal
L: Litros
L h⁻¹: Litros por hora
m: Metro
mg L⁻¹: Miligramas por litro
mL: mililitro
mm: Milímetros
m³: Metros Cúbicos
NBR: Norma Brasileira de Regulamentação
OMS: Organização Mundial da Saúde
OD: Oxigênio dissolvido
Org: Organismos
O₂: oxigênio

pH: Potencial Hidrogeniônico

PVC: Poli Cloreto de Vinila

RAS: Razão de adsorção de sódio

R: Coeficiente de correlação

SDT: Sólidos Dissolvidos Totais

SST: Sólidos Solúveis Totais

TSM: Tanques Sépticos Modificados

UE: Coeficiente de uniformidade emissão

ufc: Unidades formadoras de colônias

US: Coeficiente de uniformidade estatístico

USEPA: United States Environmental Protection Agency

WHO: World Health Organization

µm: Micrometro

RESUMO

MILHARDES, A. L. M. **Cultivo de couve-flor em função da utilização de água residuária, sistemas de gotejamento e coberturas do solo.** 2012. 73 p. (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis.

O crescimento da população, a expansão da agricultura, indústria, a degradação do meio ambiente, a disponibilidade e a má distribuição de água, motivam a reutilização de água para fins agrícolas principalmente em culturas que não são consumidas cruas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento da cultura de couve-flor irrigada por gotejamento superficial e subsuperficial utilizando água residuária como fertirrigação em diferentes coberturas de solo. O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Goiás - UnUCET entre os meses de abril a julho de 2012 em Anápolis, Goiás. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2 x 2 x 3, em blocos casualizados, com três repetições, totalizando 36 parcelas experimentais, sendo 2 tipos de água, 2 tipos de sistemas de irrigação localizada e 3 tipos de cobertura de solo. As parcelas experimentais (tratamentos) são as águas (natural de poço profundo e residuária), os sistemas de irrigação (gotejamento superficial e subsuperficial) e as coberturas de solo (*Mulching*, TNT e solo descoberto). Para a verificação da qualidade da água residuária e da água natural, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez. Para as análises quantitativas da água residuária foram analisados ainda: nitrato, nitrito, amônia, potássio, manganês, fosfato total, sódio, ferro total, ferro²⁺, ferro³⁺, dureza total, dureza de cálcio, dureza de magnésio, cálcio, magnésio, DQO, DBO, sólidos totais, coliformes totais e *Escherichia coli*. Como forma de analisar a cultura foram utilizados os seguintes parâmetros: área foliar da planta, altura de planta, teor de clorofila na folha, número de folhas por planta, peso médio da inflorescência, diâmetro transversal da inflorescência e análise microbiológica da inflorescência para verificar possíveis contaminações. Os sistemas de irrigação foram avaliados quanto à eficiência de aplicação e distribuição da água. A tensão de água no solo foi determinada por um tensímetro digital de punção. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F a 5% de significância e quando pertinente realizou-se o teste de Tukey para comparação de médias com mesmo nível de significância. Os resultados mais significativos apontaram a interação entre os tipos de água e o sistema de irrigação localizada por gotejamento superficial foram os que mais influenciaram as variáveis analisadas. O uso da água residuária resultou em economia de nutrientes comerciais. Os índices de uniformidade de distribuição da água de irrigação pelos gotejadores no início e no final do ciclo foram excelentes em todos os tratamentos. A tensão de água no solo foi mantida dentro de intervalo aceitável para o cultivo de couve-flor. A água residuária pode ser aplicada como fertirrigação na produção de couve-flor.

Palavras – chave: Fertirrigação; *Mulching*; TNT; Brassica Oleracea var. Botrytis.

ABSTRACT

MILHARDES, A. L. M. **Growing cauliflower for the use of wastewater, drip systems and ground covers.** 2012. 73 p. (Masters in Agricultural Engineering). State University of Goias, Anapolis.

Population growth, the expansion of agriculture, industry, environmental degradation, availability and poor water distribution, motivate the reuse of water for agricultural purposes especially in cultures that are not eaten raw. The aim of this study was to evaluate the development of the culture of cauliflower irrigated by surface and subsurface drip fertigation using wastewater as different cover crops. The experiment was conducted at the State University of Goiás-UnUCET between the months of April to July 2012 in Anapolis, Goias. The experiment was conducted in a factorial 2 x 2 x 3 randomized block design with three replications, totaling 36 plots, 2 types of water, 2 types of drip irrigation systems and 3 types of ground cover. The experimental plots (treatments) are the water (deep well of natural and wastewater), irrigation systems (surface and subsurface drip) and cover crops (Mulching, TNT and bare soil). To check the quality of wastewater and natural water, we analyzed the following parameters: pH, electrical conductivity, temperature, dissolved oxygen, turbidity. For quantitative analyzes of wastewater were analyzed further: nitrate, nitrite, ammonia, potassium, manganese, total phosphate, sodium, total iron, ferro²⁺, ferro³⁺, total hardness, calcium hardness, magnesium, calcium, magnesium, COD, BOD, total solids, total coliform and *Escherichia coli*. As a way of analyzing culture we used the following parameters: plant leaf area, plant height, leaf chlorophyll content, number of leaves per plant, inflorescence weight, transverse diameter of the inflorescence and the inflorescence microbiological analysis to check for possible contamination. Irrigation systems were evaluated for application efficiency and distribution of the water. The tension of water in the soil was determined by a digital tensiometer puncture. Data were subjected to analysis of variance by F test at 5% significance and where relevant realized the Tukey test for comparison of means with the same level of significance. The most significant results indicated the interaction between types of water system and surface drip irrigation were most influenced variables. The use of wastewater resulted in commercial nutrient economy. The indices of uniformity of distribution of the drip irrigation water at the beginning and end of the cycle were excellent in all treatments. The tension of water in the soil was maintained within acceptable range for the cultivation of cauliflower. The wastewater can be applied as fertigation in the production of cauliflower.

Key Words: Fertigation; Mulching; TNT; Brassica oleracea var. Botrytis.

1 INTRODUÇÃO

As Brassicáceas (crucíferas) constituem a família botânica que abrange o maior número de culturas oleráceas, ocupando lugar de destaque na olericultura do centro-sul do país (FILGUEIRA, 2008).

O estado de Goiás conta com 272 ha de área cultivada de couve-flor de verão e 91 ha cultivados no inverno. Além disso, a cultura é considerada de consumo indireto podendo ser cultivada com águas de qualidade inferior e o reúso com efluente tratado pode reduzir os seus custos de produção (EMBRAPA, 2011).

A água é um recurso natural indispensável para os processos ambientais, o bem estar social, as atividades produtivas e o desenvolvimento econômico, o que justifica ser considerada como um bem escasso e que possui valor econômico, devendo, portanto, ser gerida sustentavelmente, de forma a atender às gerações presentes e futuras (DENARDIN, 2007).

Como consequência do crescimento da população humana, a escassez de recursos hídricos e a mudança na distribuição de água na forma de precipitação, tanto o Brasil como outros países enfrentam problemas de disponibilidade de água doce para o uso em suas atividades econômicas. Dentre elas, o setor agrícola é o responsável pelo maior consumo de água, cerca de 70% do volume total, sendo que no Brasil a agricultura irrigada faz uso de 63 % da oferta total de água doce (FAO, 2011).

Segundo a ANA (2009), será necessário mais água para produzir alimentos o bastante para os 3 bilhões de novos habitantes que o planeta terá nas próximas décadas. Futuramente, a produção de alimentos provavelmente ficará ameaçada pela progressiva concorrência ao uso da água e práticas de irrigação. Neste sentido, é de extrema importância desenvolver e aplicar novas formas de práticas de irrigação como o reúso de água na agricultura, uma vez que esta pode amenizar a competição pela água.

Entretanto a agricultura irrigada pode tolerar águas de qualidade inferior, quando comparada as necessidades das indústrias ou para o uso doméstico (TRENTIN, 2005). A OMS assegura que o tratamento primário de esgotos domésticos já é suficiente para torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto (OMS, 1989 *apud* SANTOS et al., 2006).

Como forma de substituir a água doce utilizada na agricultura, pode-se utilizar efluentes tratados de esgotos domésticos, pois a composição destes efluentes evidencia o grande potencial para substituição ou complementação na irrigação, que além do suprimento de água pode atender também à demanda nutricional das plantas. Dessa

forma, é inevitável que haja tendência crescente para se encontrar na agricultura a solução dos problemas relacionados com o reúso de efluentes (SOARES et al., 2005).

A reutilização de águas residuárias oferece, ainda, vantagens do ponto de vista da proteção do ambiente, na medida em que proporciona a redução ou mesmo a eliminação da poluição dos meios hídricos habitualmente receptores dos efluentes. Paralelamente, dá-se a recarga dos aquíferos, beneficiada com a melhoria de qualidade da água derivada da depuração proporcionada aos efluentes através da percolação no solo (MIRANDA, 1995).

O tratamento de esgotos domésticos, visando ao seu aproveitamento na agricultura, é uma boa alternativa. O reúso consiste no aproveitamento de água previamente utilizada, uma ou mais vezes em alguma atividade humana, podendo ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não (BREGA FILHO e MANCUSO, 2003).

Sousa et al. (2001) relataram que a adequação da água para irrigação ainda é muito subjetiva, no entanto, deve-se sempre tentar identificar e avaliar alguns parâmetros que poderão produzir efeitos desagradáveis na relação água, planta e solo. Dessa forma, sempre é importante analisar as características físico-químicas, a qualidade sanitária da água, as características do solo, a tolerância das culturas a serem utilizadas, os parâmetros do clima local, o manejo da irrigação e drenagem.

A eficiência da irrigação localizada, combinada com a fertirrigação, promove a melhoria da eficiência do uso dos fertilizantes, reduzindo perdas dos nutrientes por lixiviação, condicionando a um melhor controle da concentração de nutrientes no solo e economizando mão-de-obra e energia, quando comparado com outros sistemas de fornecimento de água e fertilizantes às plantas (PIZARRO, 1990).

A irrigação localizada por gotejamento pode ser usada tanto na superfície do solo, quanto enterrada, recebendo neste caso o nome de irrigação por gotejamento subsuperficial. Este método aperfeiçoa a eficiência de aplicação uma vez que o volume armazenado pode ser maior do que nos outros sistemas de irrigação. A irrigação por gotejamento subsuperficial vem sendo comparada com outros sistemas de irrigação para diferentes tipos de cultura sendo que em todos os casos a produção é igual ou maior que nos outros sistemas (SMAJSTRA, 2011).

O modo de aplicação dos fertilizantes é tão importante para a produtividade das culturas quanto a dose utilizada, motivo pelo qual a fertirrigação é mais eficiente que a adubação convencional, sobretudo por não aplicar concentrações altas de nutrientes. No

entanto, para se realizar a fertirrigação através de sistemas localizados requer-se uma uniformidade de distribuição de água maior que 80%, podendo assim aplicar o nutriente de forma gradual e por igual em toda a área (SOUZA et al., 2003).

O avanço tecnológico e o aumento do uso de sistemas de irrigação localizada proporcionaram enorme estímulo no desenvolvimento de materiais e equipamentos que possam melhorar o desempenho nestes sistemas de irrigação. Um dos fatores que elevam o custo de operação e manutenção do sistema e, em certos casos inviabiliza a utilização desse método, é a obstrução de emissores (RIBEIRO et. al., 2005).

A técnica da cobertura do solo, também conhecida como *mulching* apresenta vários efeitos benéficos na produção de hortaliças, incluindo a manutenção da umidade, manutenção da temperatura mais constante e conservação da estrutura do solo, evitando a compactação e erosão, redução da perda de adubos e corretivos por lixiviação, permitindo melhor aproveitamento destes pelo sistema radicular e sua proteção contra danos por equipamentos, dispensa nas capinas ou redução da aplicação de herbicidas, influência direta sobre as pragas e doenças, proteção dos frutos do contato direto com o solo e maior precocidade das colheitas (CÂMARA et al., 2007).

A cobertura do solo com filme plástico (*mulch*) em espécies olerícolas torna-se prática importante porque aumenta a tolerância ao uso de água salina na irrigação (NASCIMENTO et al., 2000), evita o desenvolvimento de plantas daninhas, promove repelência a insetos e proporciona maior desenvolvimento vegetativo e produtividade. Isso ocorre provavelmente pelo maior aquecimento da camada superficial do solo proporcionado pela cobertura plástica em relação ao solo sem cobertura, propiciando maior absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, um maior crescimento vegetal. Também a cobertura do solo mantendo a umidade por mais tempo diminui a evapotranspiração da cultura (SILVA, 2002).

Outra cobertura do solo utilizada atualmente pelos produtores de hortaliças é o agrotêxtil, este é confeccionado a partir de longos filamentos de polipropileno que são colocados em camadas e soldados entre si por temperaturas apropriadas, constituindo-se um material muito leve e de resistência suficiente para sua utilização na agricultura (ABINT, 2011).

A utilização do agrotêxtil como proteção de plantas tem apresentado bons resultados, mostrando como vantagens de sua utilização, a precocidade de colheita, aumento de produção, melhoria da qualidade e da sanidade do produto final (HERNANDEZ e CASTILLA, 2003).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar o desenvolvimento da cultura da Couve-Flor irrigada por gotejamento superficial e subsuperficial, utilizando água residuária como fertirrigação em diferentes coberturas de solo.

2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a uniformidade de distribuição da água nos sistemas de irrigação;
- Monitorar a umidade do solo e verificar a tensão da água para as diferentes coberturas do solo;
- Avaliar a redução no uso de adubação mineral de plantio e cobertura nos tratamentos com água residuária;
- Avaliar a produtividade da cultura da couve-flor para os diferentes tratamentos;
- Determinar o número de folhas por planta, altura de planta, área foliar da planta e teor de clorofila na folha para os diferentes tratamentos.
- Analisar a qualidade microbiológica da inflorescência quanto aos coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.
- Analisar a incorporação de nutrientes no solo após o término do experimento em função da fertirrigação.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 RECURSOS HÍDRICOS

A água constitui-se no recurso natural mais importante para o desenvolvimento da agricultura no mundo, uma vez que as novas tecnologias para aumento de produtividade das áreas agrícolas são dependentes da sua disponibilidade. Tal importância reflete-se nos altos índices de produtividade de áreas irrigadas, em que apenas 18% do total de áreas agrícolas correspondem a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial (BROWN et al., 2000)

O incremento de áreas irrigadas no mundo tem permitido aumentar a produtividade das áreas cultivadas e o suprimento deve ser aplicado em momentos oportunos. A irrigação se caracteriza pelo conhecimento da necessidade hídrica e turno de rega necessário à cultura, sendo estes parâmetros determinados por fatores relacionados ao solo, clima e características próprias da planta (MEDEIROS, 2005).

Apesar de sua importância, esse recurso apresenta-se cada vez mais escasso, representando um problema ambiental de solução complexa (FAO, 2011).

O Brasil possui 12% das reservas de água doce do planeta, mas ainda enfrenta problemas crônicos por não ter, até hoje implantado uma política de uso racional e sustentável de seus recursos hídricos (ANA, 2009). O Brasil destaca-se por apresentar a maior disponibilidade hídrica do planeta, porém aparece em vigésimo sexto lugar com relação à disponibilidade hídrica social (em m^3 / hab. ano), decorrente da grande desigualdade na distribuição destes recursos no país, com 97 % da água doce disponível concentrado na bacia amazônica onde a densidade populacional é muito baixa, cerca de 5% (CENED).

O setor da economia que mais consome água doce no Brasil é a agricultura, este consumo se divide em: 2% rural, 7% industrial, 10% urbano, 12% animal e 69% irrigação (ANA, 2009).

Em função da diferença bastante significativa a favor do consumo de água na agricultura, é de grande importância a reutilização da água para irrigação.

3.2 REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

3.2.1 Regulamentação do reúso para a agricultura

Nos EUA, ainda em 1918, o Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia emitiu a primeira regulamentação oficial sobre a utilização agrícola de esgotos sanitários que se tem conhecimento (CROOK, 1978). Neste país, o reúso da água (utilização de esgotos sanitários tratados) em suas diversas modalidades (agrícola, urbano, industrial, etc.) é hoje objeto de regulamentação em todo o território nacional, complementada por legislações vigentes em vários estados. Organismos internacionais, como a Organização Mundial da Saúde (OMS), também têm se dedicado à recomendação de critérios de saúde para a utilização de esgotos sanitários. Em 1973 a OMS publicou suas primeiras diretrizes sanitárias sobre o uso de águas residuárias, constantemente atualizadas (WHO, 1989; WHO, 2006a).

É importante destacar que na formulação de marcos regulatórios para o reúso da água, o problema deve ser considerado em suas várias dimensões: de saúde pública, ambiental, econômica e financeira, social e cultural. A questão sócio-cultural incluindo crença religiosa, hábitos locais e situação sócio-econômica devem ser adequadamente dimensionados, pois pode determinar a aceitação ou rejeição pública (WHO, 2006a).

No Brasil, desde a promulgação da Lei N 9433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), a gestão dos recursos hídricos é respaldada em um moderno aparato normativo e institucional, em fase crescente de implementação. Por sua vez, a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005a), define diretrizes de qualidade da água a serem observadas de acordo com os usos preponderantes dos cursos d'água. Entretanto, as referidas legislações dispõem essencialmente sobre o uso direto da água, ainda que na Lei 9433/97 se percebam vários dispositivos que apontam na direção do reúso como um processo importante para a racionalização do uso da água.

Mais recentemente, o Projeto de Lei nº 5296/2005 (que institui as diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e a Política Nacional de Saneamento Básico)

já se refere diretamente ao reúso da água, por exemplo em seu Artigo 10, Inciso III (BRASIL, 2005b):

“São diretrizes relativas ao esgotamento sanitário: incentivar o reúso da água, a reciclagem dos demais constituintes dos esgotos e a eficiência energética, condicionado ao atendimento dos requisitos de saúde pública e de proteção ambiental pertinentes”.

Também em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) promulgou a Resolução nº 54 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água no Brasil, remetendo para regulamentação complementar os padrões de qualidade e os códigos de práticas para as diversas modalidades de reúso: (i) reúso para fins agrícolas e florestais; (ii) reúso para fins urbanos; (iii) reúso para fins ambientais, (iv) reúso para fins industriais, (v) reúso na aquicultura (BRASIL, 2006) .

Portanto, a regulamentação do reúso da água encontra-se em pleno curso no Brasil, até mesmo pelo reconhecimento (explicitado nos considerandos da Resolução CNRHN 54/2005) de que práticas de reúso já são uma realidade no país. É importante salientar que a Resolução CNRH 54/2005 coloca a atividade de reúso da água como integrante das políticas de gestão de recursos hídricos vigentes no país.

3.2.2 Reúso de água residuária para irrigação

No Brasil, as reservas de água utilizável estão cada vez mais escassas, especialmente onde são mal distribuídas, como na região semi-árida do nordeste e porções do cerrado brasileiro (TRENTIN, 2005). Nestas regiões a irrigação tem sido alvo de interesse por ser de fundamental importância para a produção agrícola (LIMA et al., 2004). No entanto, nestas áreas, a demanda agrícola pode competir acentuadamente com outras modalidades de uso, inclusive para o abastecimento humano.

A irrigação não pode e não deve competir com o uso da água destinada ao abastecimento doméstico, que sempre será prioridade. Pela constituição brasileira, a ordem de prioridade do uso da água é a seguinte: consumo humano, indústria e, por fim, irrigação. Assim, as águas utilizadas em irrigação são cada vez mais escassas e de pior qualidade. Essa realidade demanda uma busca de adaptação das técnicas de irrigação existentes e amplamente difundidas às condições atuais e futuras de escassez de água. Diante desse panorama é clara a necessidade de se utilizar esse recurso natural com maior racionalidade, seja através de técnicas que permitam um aproveitamento mais

eficiente da água em diversas atividades humanas, entre elas, a irrigação localizada, ou através da busca de fontes alternativas de água (DUARTE, 2006).

Assim, a reutilização de águas residuárias para irrigação é uma prática amplamente estudada e recomendada, por diversos pesquisadores, em todo o mundo, como alternativa viável para suprir as necessidades hídricas e, em grande parte, nutricionais das plantas (CAPRA e SCICOLONE, 2004).

Apesar do reúso planejado ser amplamente difundido no mundo, no Brasil, mesmo com a escassez dos recursos hídricos em algumas regiões, essa prática não tem sido utilizada intensivamente. Existem poucos registros do reúso planejado de efluentes tratados em diversas atividades, principalmente, na agricultura. Entretanto, sabe-se que existe uso indiscriminado de águas de má qualidade, sobretudo, para a irrigação de produtos agrícolas (MAROUELLI e SILVA, 1998).

Obviamente que o uso de águas residuárias também representa risco ao meio ambiente, uma vez que contêm uma série de produtos de origem orgânica, sólidos em suspensão, microorganismos patogênicos, macronutrientes e apresentam salinidade. Este último é um parâmetro fundamental para a determinação da viabilidade do reúso de efluentes tratados, já que os processos de dessalinização são muito mais onerosos quando comparados aos tratamentos usuais. Essas propriedades físicas, químicas e biológicas, podem causar danos ao meio ambiente, à saúde humana, aos solos, aos aquíferos e às culturas (DUARTE, 2006).

Quanto menor o custo de tratamento da água residuária, maior a lucratividade e atratividade desta fonte de água para a agricultura. O esgoto urbano deve ser tratado para ser utilizado na irrigação, mas seu tratamento também é obrigatório para disposição direta nos corpos d'água. Os benefícios do reúso da água na agricultura são expressos quando a produção agrícola é mantida, enquanto as fontes de água e o meio ambiente são preservados (HARUVY, 1997).

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUÁRIA PARA IRRIGAÇÃO

Em 1978 o Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia, EUA, publicou a norma "*Wastewater Reclamation Criteria*" e determinou que efluentes de estação de tratamento de esgotos que passassem a ser utilizados com fins de irrigação de culturas para serem consumidas por seres humanos contivessem número de coliformes fecais menor que $2,2 \text{ ufc } 100 \text{ mL}^{-1}$ (STATE OF CALIFORNIA, 1978). Quanto às

pastagens para animais leiteiros, a utilização de água residuária não deveria conter mais de 23 coliformes fecais por 100 mL.

Em 1989 a OMS, sustentados por estudos epidemiológicos, publicou as recomendações “Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture” nas quais os modelos microbiológicos mostrados no Quadro 1 foram sugeridos (WHO, 1989).

QUADRO 1. Qualidade microbiológica de águas residuárias para uso na agricultura.

Condição de reuso	Ovos de nematóides intestinais L ⁻¹	Coliformes fecais 100 mL ⁻¹	Tratamento de esgotos sugerido para se atingir tal padrão microbiológico
Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos esportivos e parques públicos	≤ 1	≤ 1000	Uma série de lagoas de estabilização projetada para atingir o padrão desejado ou tratamento equivalente
Irrigação de culturas cerealíferas, a serem industrializadas, forrageiras, pastoris e arbóreas	≤ 1	---	Uma série de lagoas de estabilização com tempo total de 8-10 dias ou tratamento equivalente
Irrigação localizada de culturas da categoria anterior quando não ocorre exposição humana	---	---	Não menos que sedimentação primária

Fonte: WHO (1989).

Conforme Metcalf e Eddy (1991), os elementos químicos podem ser tóxicos ou não. É importante a determinação dos elementos presentes na água de reuso, pois dependendo da concentração, a presença de alguns destes elementos podem ser prejudiciais. O Quadro 2 apresenta as concentrações recomendadas de alguns elementos químicos em água de irrigação.

QUADRO 2. Concentrações máximas recomendáveis de alguns elementos químicos em água de irrigação.

Elemento Químico	Concentração (mg L ⁻¹)	Observações
Alumínio (Al)	5,00	Em solos ácidos (pH < 5,5) podem se tornar improdutivos; porem em solos com pH > 7,0, o alumínio precipita eliminando a fitotoxicidade.
Cobre (Cu)	0,2	Entre 0,1 e 1 mg L ⁻¹ , em soluções nutritivas, promove o aparecimento de sintomas de toxicidade.
Ferro (Fe)	5,00	Não e tóxico em solos bem aerados, embora contribua para tornar P e Mo não disponíveis as plantas.
Manganês (Mn)	0,20	De alguns décimos ate poucos mg L ⁻¹ pode ser tóxico em solos ácidos
Molibdênio (Mo)	0,01	Normalmente não e tóxico as plantas. Entretanto, pode causar toxicidade ao gado em casos de pastagens com alto teor de molibdênio.
Zinco (Zn)	2,00	Níveis tóxicos variam amplamente. Sua toxicidade e reduzida em pH > 6 em solos de textura fina.

Fonte: Adaptada de Metcalf e Eddy (1991).

Ayers e Westcost (1985) apresentam alguns critérios de elementos químicos específicos para irrigação de plantas consumidas cruas e cozidas (Quadro 3). Tais critérios são usados para avaliação da qualidade da água utilizada ou reutilizada para irrigação.

QUADRO 3. Critérios adotados na interpretação da qualidade das águas de irrigação.

Parâmetro	Unidade	Restrições de uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Nitrogênio	mg L ⁻¹	< 5	5,0 – 2,9	< 2,9
DBO (plantas consumidas cruas)	mg L ⁻¹	--	--	10
DBO (plantas consumidas cozidas)	mg L ⁻¹	--	--	30

Fonte: Adaptada de Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992).

Em se tratando de água residuária, atenção especial deve ser dada para alguns parâmetros de monitoramento do reúso, como a salinidade. A salinidade da água de reúso pode ser medida pela condutividade elétrica (CE), sendo diretamente relacionada com a concentração de sais solúveis. Os valores da CE são expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}$ ou dS m^{-1} , os quais podem ser convertidos para miligramas por litro (mg L^{-1}) de sais dissolvidos totais (TSD) no líquido, conforme o Quadro 4 (PAGANINI, 2003).

QUADRO 4. Salinidade de água, condutividade elétrica e concentração de sais solúveis.

Classe	Descrição	TSD (mg L^{-1})	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	CE (dS m^{-1})
1	Salinidade baixa	0 – 175	0 – 270	0 – 0,3
2	Salinidade Média	125 – 500	270 – 780	0,3 – 0,8
3	Salinidade Alta	500 – 1500	780 – 2340	0,8 – 2,3
4	Salinidade muito alta	1500 – 3500	2340 – 5470	2,3 – 5,5
5	Salinidade extremamente alta	> 3500	> 5470	> 5,5

Fonte: Adaptado EPA – Austrália (1999) citado por PAGANINI, 2003.

3.4 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA E FERTIRRIGAÇÃO

A irrigação localizada por gotejamento destaca-se como a tecnologia de irrigação e fertilização mais racional para o setor, visto ser o método que possibilita maior eficiência no uso da água e que apresenta a menor demanda de energia e de mão-de-obra. A eficiência de aplicação deste método de irrigação varia entre 80% e 100% (MANFRINATO, 1985). Este tipo de irrigação, combinado com a fertirrigação, promove a melhoria da eficiência do uso dos fertilizantes. Dessa forma, quando comparado com outros sistemas de fornecimento de água e fertilizantes às plantas, reduzem-se perdas dos nutrientes por lixiviação, condicionando a um melhor controle da concentração de nutrientes no solo e economizando mão-de-obra e energia. (PIZARRO, 1990).

A irrigação localizada é o método mais utilizado na fruticultura irrigada e na produção de hortaliças no Rio Grande do Norte e em outros estados brasileiros e se caracteriza por aplicar, pontualmente, pequenas quantidades de água ao pé da planta,

quantidades ideais para seu bom desenvolvimento, variando os volumes com as fases fenológicas e com a demanda evapotranspirativa. O umedecimento de apenas uma porção da superfície do solo reduz substancialmente a evaporação da mesma, principalmente quando a cultura ainda não cobriu a superfície do solo (ALLEN et al., 1998).

Com o avanço tecnológico e o aumento do uso de sistemas de irrigação localizada, proporcionou enorme estímulo no desenvolvimento de materiais e equipamentos que possam melhorar o uso da fertirrigação. Um dos fatores que elevam o custo de operação e manutenção do sistema e, em certos casos inviabiliza a utilização desse método, é a obstrução de emissores (RIBEIRO et. al., 2005).

Os efeitos do entupimento em gotejadores foram estudados e simulados, apresentando também uma classificação de caráter quantitativo para alguns parâmetros da água (QUADRO 5) que indicam risco de entupimento de emissores, sendo que resultados referentes a uniformidade de distribuição de água foi reduzida em até 10%, quando 1% a 5% dos gotejadores estavam obstruídos, operando com dois a oito gotejadores por planta, segundo (NAKAYAMA & BUKS, 1986).

QUADRO 5. Risco do potencial de entupimento de emissores pela água de irrigação.

Tipo de problema	Reduzido	Médio	Alto
FÍSICOS			
Sólidos suspensos, mg L ⁻¹	< 50	50 a 100	> 100
QUÍMICOS			
pH	< 7,0	7,0 a 8,0	> 8,0
Sólidos dissolvidos, mg L ⁻¹	< 500	500 a 2000	> 2000
Manganês, mg L ⁻¹	< 0,1	0,1 a 1,5	> 1,5
Ferro total, mg L ⁻¹	< 0,2	0,2 a 1,5	> 1,5
Sulfeto de hidrogênio, mg L ⁻¹	< 0,2	0,2 a 2,0	> 0,2
Dureza, mg L ⁻¹ de CaCO ₃	< 150	150 a 300	> 300
BIOLÓGICOS			
População bacteriana (UFC cm ⁻³)	< 10.000	10.000 a 50.000	> 50.000

Fonte: NAKAYAMA & BUCKS (1986).

Os parâmetros que determinam a uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação podem identificar problemas que ocorrem durante a irrigação em campo. Sua medida é utilizada como indicador de problemas de distribuição de água para os diferentes métodos de irrigação (NETO, 2000).

A irrigação por gotejamento deve promover, do ponto de vista hidráulico, uma distribuição de água em múltiplas saídas, o mais uniforme ao longo do comprimento da

linha, o que nem sempre é possível (GOMES et al., 2003). Por isto é desejável uma pequena variação de vazão nos emissores do sistema. Quanto menor a variação da vazão entre os emissores, maior será a uniformidade. A uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação é influenciada pelos fatores construtivos que determina o coeficiente de variação de fabricação, pelos fatores hidráulicos, pelas obstruções dos emissores e até mesmo pela temperatura da água.

3.5 COBERTURAS DO SOLO

Em 1951, começou-se a utilizar no Japão o filme de PVC na agricultura e hoje é o país que mais utiliza essa técnica, mantendo oferta constante de produtos agrícolas, apesar de suas limitações de áreas agricultáveis e de seu clima adverso (SGANZERLA, 1991). No Brasil, esta técnica só ganhou repercussão no início dos anos 70 com a utilização de filme de polietileno na cultura do morango em São Paulo (GOTO, 1997).

O teor de umidade constante e a temperatura mais elevada dos solos com cobertura plástica favorecem a atividade microbiana e maior mineralização do nitrogênio orgânico, aumentando a disponibilidade deste nutriente para as plantas nas camadas mais superficiais do solo (SAMPAIO et al., 1999). Coberturas que apresentem maior refletância à luz solar tendem a apresentar maior efeito repelente a pulgões, trips e mosca branca (ZAPATA et al., 1989).

Na região produtora de hortaliças do Ceará e Rio Grande do Norte, começou a utilizar o agrotêxtil em 2001, associado à cobertura do solo com plástico manta de tecido não tecido (TNT), visando inicialmente ao controle da mosca branca. Entretanto, nestes últimos anos, a manta tem sido adotada na região com a finalidade de controlar principalmente a mosca minadora, que se tornou a principal praga da cultura (GREGOIRE, 1989).

O uso de cobertura do solo (*mulching*) como os polímeros plásticos, vem sendo utilizado na agricultura em todo o mundo, principalmente fora do Brasil, em hortaliças, com ganhos notórios tanto na produção como na diminuição dos custos de produção (OROZCO-SANTOS et al., 1995).

Baker et. al. (1998) afirmam que a cobertura do solo pode reduzir perdas de nutrientes por lixiviação, melhorar a eficiência do uso da água e a absorção de fertilizantes. Em muitos trabalhos, tem sido verificado que os resultados variam de

acordo com os materiais de cobertura empregados e com as condições edafoclimáticas em que a cultura está sendo conduzida.

3.6 CARACTERÍSTICAS DA CULTURA DE COUVE-FLOR

Pertencente à família Brassicaceae, anteriormente denominada Cruciferae, a couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) é uma variedade botânica da couve-silvestre (*B. oleracea* var. *silvestris*), da qual descende também o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), a couve-brócolos (*B. oleracea* var. *italica*), a couve manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*), a couve-tronchuda (*B. oleracea* var. *tronchuda*), a couve-de-bruxelas (*B. oleracea* var. *gemmifera*) e a couve-rábano (*B. oleracea* var. *gongylodes*) (FILGUEIRA, 2008).

Possui folhas alongadas, com limbo elíptico e raízes concentradas na profundidade de 20 cm em função do sistema de cultivo. A parte comestível é composta por uma inflorescência imatura inserida sobre um caule curto, podendo ter coloração branca, creme, amarela, e mais recentemente roxa e verde. É uma planta originária de clima frio, cujas cultivares necessitam de baixas temperaturas para a passagem da fase vegetativa para a reprodutiva, porém graças aos programas de melhoramento genético, produziram-se cultivares e híbridos adaptados à altas temperaturas (FILGUEIRA, 2008).

O nitrogênio na planta possui função estrutural, participa dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação, diferenciação celular e estimula a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas. Em geral, sua deficiência causa o amarelecimento inicialmente das folhas mais velhas das plantas entre outros sintomas e o seu excesso causa o atraso no florescimento (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995), aspecto importante a ser considerado para a cultura da couve-flor, que tem como parte comercial a “inflorescência”.

Os macronutrientes potássio e nitrogênio são extraídos em maiores quantidades pela couve-flor, mas, experimentalmente, nitrogênio e fósforo são os nutrientes que têm fornecido maiores respostas em produtividade. Após o transplante, o fornecimento parcelado de nitrogênio promove crescimento vegetativo vigoroso, favorecendo a produtividade, existindo correlação direta entre a superfície foliar e o desenvolvimento da “cabeça”, de forma que plantas maiores originam “cabeças” de maior tamanho

(FILGUEIRA, 2008). Conforme Marschner (1995), o nitrogênio é o nutriente que pode alterar a composição da planta mais do que qualquer outro nutriente mineral.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás - UEG, na Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – UnUCET, na cidade de Anápolis, GO, situado no Campus Henrique Santillo, BR 153, nº 3.105. A área está localizada a 16°20'34”S e 48°52'51”W, a 997 m de altitude (MOURA et al., 2005).

Segundo a classificação de Köppen, o município de Anápolis-GO apresenta clima Aw, com características climáticas quentes, úmidas a semi-árido, sendo o clima tropical sazonal, com regime pluvial bem definido, ou seja, período chuvoso de outubro a março e período seco de abril a setembro. A temperatura média anual do ar é de 25,0 °C, e o mês de junho apresenta a menor média de temperatura mínima do ar (20,5 °C), enquanto o mês de setembro, a maior média de temperatura máxima do ar (31,4 °C). A precipitação média anual é 1750 mm, e a umidade relativa do ar, média anual, é de 61% (SEPIN, 2009).

O desenvolvimento do experimento ocorreu entre os meses de abril a julho de 2012, com o transplante das mudas no dia 12 de maio.

As análises qualitativas e quantitativas da couve-flor e as análises das águas de irrigação utilizadas foram realizadas nos Laboratórios de Engenharia Agrícola e Química Inorgânica da Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – UnUCET, Campus Henrique Santillo, da Universidade Estadual de Goiás – UEG, enquanto que as análises de contaminação dos frutos foram realizadas no laboratório da Embrapa Cerrados em Planaltina-DF.

A Figura 1 apresenta a localização da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE da UEG/UnUCET, onde foi tratado esgoto gerado na unidade universitária e posteriormente utilizada no preparo da solução nutritiva enriquecida com nutrientes comerciais. A ETE está localizada a 700 metros do local do experimento, sendo a água utilizada bombeada por uma motobomba de 3 CV para outro reservatório no interior da casa de vegetação.

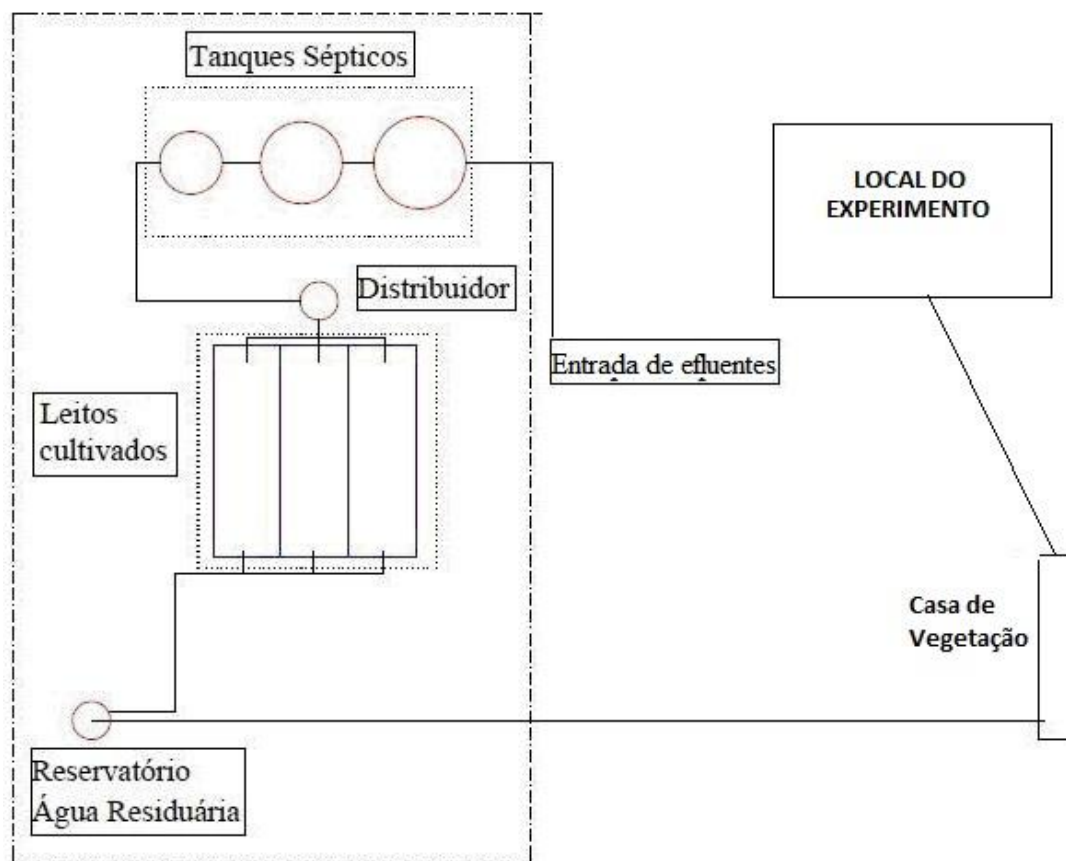


FIGURA 1. Localização da ETE/UEG/UnUCET e local onde realizou-se o experimento

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com arranjo fatorial 2 X 2 X 3 e três repetições, totalizando 36 parcelas experimentais, sendo 2 tipos de água, 2 sistemas de irrigação localizada por gotejamento e 3 tipos de cobertura de solo. As parcelas experimentais (tratamentos) são as águas (natural de poço profundo e residuária), os sistemas de irrigação (gotejamento superficial e subsuperficial) e as coberturas de solo (*Mulching*, TNT e solo descoberto). Cada tratamento (parcela) foi composta por 16 plantas, das quais sempre as quatro plantas centrais em cada tratamento foram utilizadas para as análises. O espaçamento da cultura foi de 0,8 m entre linhas e 0,4 m entre plantas, totalizando 576 plantas para o experimento, conforme Figura 02 e 03.

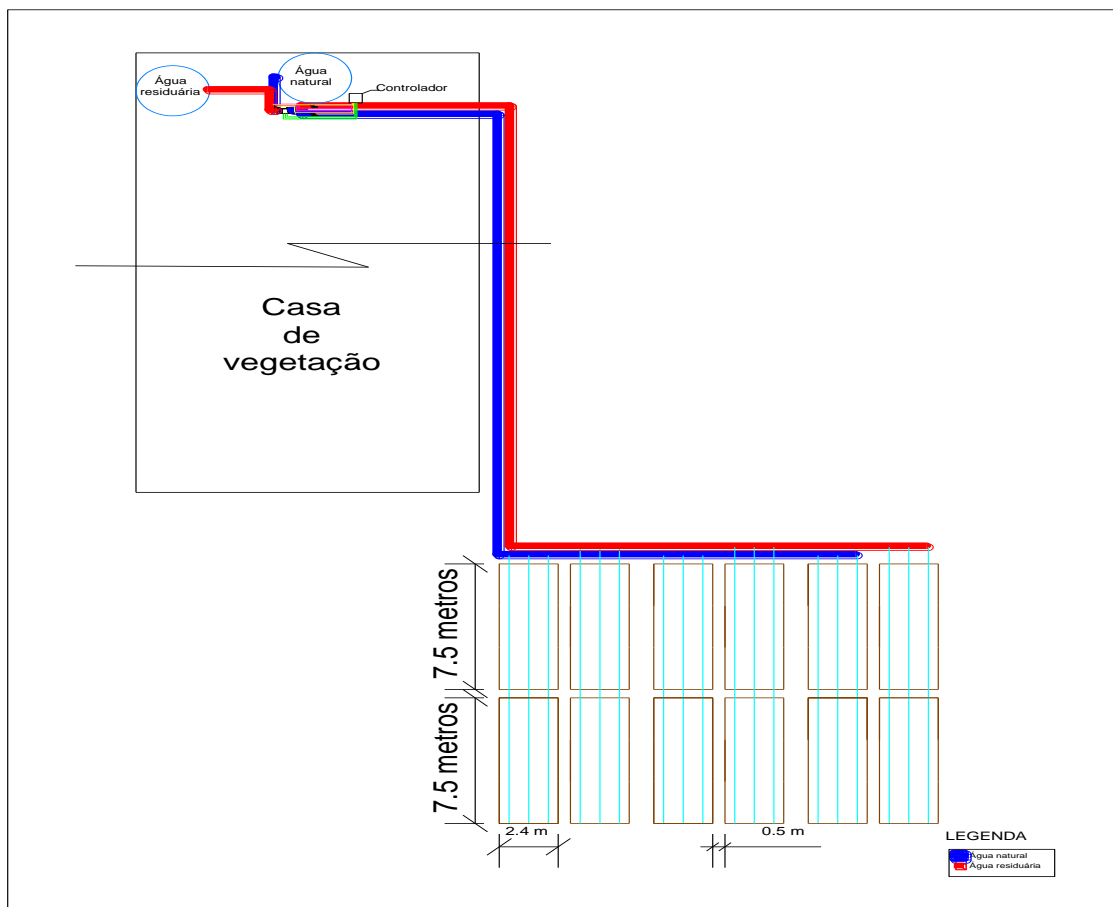


FIGURA 2. Croqui da distribuição das parcelas experimentais.



FIGURA 3. Área experimental para o cultivo de couve-flor.

4.3 PREPARO DO SOLO

Foi feita uma aração profunda utilizando arado de aiveca marca Tatu Marchesan AAH e posterior passagem de grade aradora marca Tatu Marchesan ATCR para melhor revolvimento do solo. Por último foi feito a passagem de uma grade destorroadora niveladora marca Tatu Marchesan GH em toda a área, com objetivo de nivelar e incorporar o adubo orgânico superficialmente no solo. Em seguida foram feitos 06 canteiros de 15 m de comprimento por 3,5 m de largura e 20 cm de altura.

A adubação orgânica foi feita conforme recomendação de cultivo proposto por Trani et. al. (1996) que sugerem a aplicação de 40 a 60 t ha⁻¹ de esterco de curral, ou a quarta parte dessa quantidade em esterco de galinha. Sendo assim, foram necessários 800 kg de esterco de curral na área total.

As sementes da cultura foram semeadas em substrato nas bandejas de isopor em um viveiro especializado em Campo Limpo de Goiás e foram transplantadas com 25 dias após a semeadura.

4.3.1 Coberturas do solo

As coberturas do solo foram implantadas após o sistema de irrigação ser instalado nos canteiros e depois foi necessário fazer os orifícios para o transplante das mudas. As coberturas são compostas por *Mulching* de 0,25 micra (Filme de Polietileno de Baixa Densidade e aditivo ultra violeta), adquiridos da empresa Nortene Plásticos LTDA, de 1,5 m de largura, sendo que o espaçamento da cultura entre linhas foi de 0,8 m, havendo a necessidade de usar duas larguras do filme de polietileno, totalizando 3 m de filme, com 20 cm de sobreposição no canteiro e 20 cm de cada lado do canteiro para fazer sua fixação. A segunda cobertura do solo foi com agrotêxtil preto de 40g m⁻² (TNT – Tecido não Tecido) com 1,5 m de largura, sendo utilizadas duas larguras do agrotêxtil, conforme descrito acima para o *mulching*. O solo exposto foi o tratamento controle para o experimento.

4.3.2 Análise do solo

Antes do transplante das mudas, foram coletadas amostras para análise do solo, sendo utilizadas na interpretação e recomendação das adubações de plantio e de cobertura. Ao término do experimento foi feita nova coleta para análise do solo, com objetivo de determinar possíveis acumulações de nutrientes provenientes principalmente da fertirrigação com água residuária.

A amostragem para análises físicas e químicas do solo foram feitas a uma profundidade de 0 – 20 cm, sendo retiradas amostras simples, uma de cada canteiro para compor então a amostra composta que foi representativa da área total do experimento, sendo encaminhada ao Laboratório SoloCria em Goiânia-Go.

4.4 CULTIVAR DE COUVE-FLOR

A cultivar utilizada para o experimento foi *Brassica oleracea var. botrytis* híbrido Júlia de distribuição da Sementes Sakata Seed Ltda com ciclo médio de 100 dias e resistente a variações climáticas diárias. As plantas são vigorosas, com folhas semi eretas e inflorescências, com peso médio variando entre 1,2 e 1,6 kg, de formato arredondado, coloração creme-branca e moderado nível de resistência a *Xanthomonas campestris pv. campestris*.

4.5 TRATOS CULTURAIS

Para a prevenção de doenças foram aplicados agrotóxicos uma vez por semana como fungicidas: kocide, midas e tairrel e inseticidas: lorsban, danimen. Carências de nutrientes foram controladas, bem como aplicações foliares de aminonutri quinzenalmente e plantin intercalando-os entre as aplicações. Demais problemas ou irregularidades em relação aos tratamentos culturais foram detectados durante a condução da cultura, observados e controlados devidamente.

4.6 ADUBAÇÃO FOLIAR

Em todas as plantas utilizadas no experimento foram feitas pulverizações para o suprimento de B e Mo. As concentrações foram de 1 g L^{-1} de ácido bórico em três aplicações, sendo uma na época de formação das mudas (no viveiro) e as outras duas 15 e 30 DAT (dias após o transplante). Para o suprimento de Mo foi feita uma única aplicação 15 DAT na concentração de $0,5\text{ g}$ de molibdato de amônio L^{-1} de água.

4.7 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Os sistemas de irrigação foram compostos por gotejamento superficial e subsuperficial e os tubos gotejadores foram da marca Plastro modelo Hydrogol, com vazão de 4 L h^{-1} e pressão máxima de serviço de 30 mca, diâmetro interno de 16 mm, espessura da parede de 35 mm e espaçamento entre gotejadores de 0,4 m.

A automação do sistema de irrigação foi composta por um quadro de comando contendo um controlador Hunter, 8 estações XC 201 IE (Figura 04), quatro válvulas solenóides Hunter SRV 6.8 m^3h H BSP, uma chave de partida com circuito de proteção 3.0 cv e um conjunto motobomba Thebe TH 16 AL 3.0 cv. Os tubos para a irrigação foram da marca Amanco de diâmetro nominal de 32 mm PN 60.



FIGURA 4. Visão geral da caixa de controle para automação do sistema de irrigação – UEG – UNUCET – Anápolis – 2012

4.8 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

No manejo da irrigação, foi utilizado para a determinação da ET_0 (Evapotranspiração de Referência) um tanque “Classe A” (Figura 05), sendo este valor corrigido por um fator K_p (coeficiente do tanque) igual a 0,65 (BERNARDO et.al.,2006). Com os valores de ET_0 foi possível repor a água evaporada para a atmosfera, através da irrigação. Sendo assim as equações de um a quatro a seguir permitem determinar a quantidade de água para cada irrigação e o tempo que o sistema permanece ligado.



FIGURA 5. Tanque Classe A para determinação evapotranspiração de referência - ET_0

$$ET_0 = ET_{0t} \cdot k_p \quad (1)$$

onde:

$$k_p = 0,65;$$

ET_{0t} = leitura feita no tanque

ET_0 = Evapotranspiração de Referência

$$ETP_c = ET_0 \times K_c \quad (2)$$

onde:

ETP_c = Evapotranspiração potencial da cultura

K_c = coeficiente de cultura, Quadro 6.

QUADRO 6. Coeficiente de cultura (K_c) em diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo das brássicas.

K_c	I	II	III	IV
Brássicas	0,5	0,85	1,1	0,95

Fonte: Adaptado de Doorenbos & Pruitt (1977).

$$V=A*LL*(FC/100)/(Ef/100) \quad (3)$$

onde:

V = volume de água aplicada por planta em litros por dia

A = área ocupada pela planta

LL = lâmina líquida em mm

Ef = eficiência de aplicação (95% para gotejamento)

FC = fator de cobertura = 40%

O tempo de aplicação (T_a) foi definido em função da vazão do gotejador, e do número de emissores por planta que foi calculado dividindo-se o espaçamento entre plantas pelo espaçamento entre gotejadores (BERNARDO et. al., 2006).

$$T_a = V / NEp * q_a \quad (4)$$

onde:

NEp = número de emissores por planta = 1

q_a = vazão do gotejador ($L h^{-1}$)

4.9 MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO

O monitoramento da umidade do solo foi realizado a partir das medições de 32 tensiômetros instalados nas parcelas experimentais, sendo um tensiômetro para cada cobertura do solo na profundidade de 20 cm, para monitorar o potencial matricial do solo. Para a leitura das tensões foi utilizado um tensímetro digital de punção que representa o valor do potencial matricial de água no solo.

4.10 TIPOS DE ÁGUA

4.10.1 Água residuária

A água residuária da UnUCET/UEG é composta de dejetos domésticos e sanitários dos laboratórios, dos prédios das salas de aula, da cozinha do restaurante e da área administrativa. Estas instalações ocupam uma área construída de 12.296 m². No Campus existem 11 cursos de graduação e 2 de mestrado, e estima-se que no período

das aulas a população média diária da Unidade Universitária é de aproximadamente 3.200 pessoas, concentradas no período diurno.

Os tanques sépticos modificados (TSM) foram montados acima do solo sendo usadas três caixas de polietileno 15.000, 10.000 e 5.000 L de volume total, com entrada do efluente na superfície das mesmas. Devido a localização das entradas nos tanques sépticos, o volume útil do primeiro tanque com capacidade total de 15.000 litros, se reduziu para aproximadamente 12.500 L, para o segundo tanque séptico utilizou-se aproximadamente 8000 L e no terceiro 4.000 L, totalizando 24.500 L.

Em seguida aos tanques sépticos modificados o efluente foi derivado para uma caixa de passagem de cimento amianto de 100 L e um registro de gaveta de 25 mm, de onde saí um tubo de PVC de 40 mm, que se divide em 3 saídas, sendo, um para cada leito cultivado. Os três leitos são retangulares (12 m x 1 m x 1 m) construídos em alvenaria de tijolos comuns, com base em concreto, além de revestimento interno com cimento impermeabilizante, com funcionamento em paralelo.

Em cada leito foi instalado um dreno com tubo de PVC de 100 mm, com furos de 10 mm de diâmetro espaçados entre si de 10 cm. Os mesmos foram instalados no fundo de cada leito de cultivo, ligado em outro tubo de 50 mm externamente ao tanque, tendo a mesma altura de até cerca de 10 cm abaixo da altura máxima dos leitos, de forma que serviu também, para manter o nível da água nos leitos. Foi desenvolvido um sistema de drenagem com registro de abertura tipo esfera, com tubos de PVC de 50 mm em cada leito, possibilitando a coleta do efluente tratado de onde foi conduzido a um reservatório com capacidade para 3.000 L.

Utilizou-se como meio de suporte em cada leito de cultivo de fluxo subsuperficial, brita #2, cascalho lavado e cascalho natural, com porosidade de 50%, 43% e 56%, e volume útil de 5.400 L, 4.644 L e 6.048 L, respectivamente.

4.10.2 Água natural

Foi utilizado como fonte da água natural proveniente de um poço semi-artesiano, localizado na Universidade Estadual de Goiás. A água do poço foi armazenada na casa de vegetação, em caixa de água com capacidade de 2000 litros de polietileno.

4.11 AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Para a avaliação dos sistemas de irrigação foram utilizados os parâmetros de uniformidade de distribuição de Christiansen (1942), dado pela Equação 5, o coeficiente de uniformidade de emissão (UE) proposto por Karmeli & Keller (1974), dado pela Equação 6 e o coeficiente de uniformidade estatístico (US), dado pela Equação 7, sendo que essas análises foram feitas para os dois sistemas de irrigação localizada por gotejamento.

$$CUC = 100 \times \left[1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_{med}|}{n \times q_{med}} \right) \right] \quad (5)$$

Onde:

CUC - coeficiente de variação de Christiansen (%);

n - número de observações;

q_i - lâmina coletada em cada observação i ($L h^{-1}$);

q_{med} - lâmina média coletada ($L h^{-1}$).

$$UE = 100 \times \left[1 - \left(\frac{q_{25\%}}{q_{med}} \right) \right] \quad (6)$$

Onde:

UE – coeficiente de uniformidade de emissão (%);

$q_{25\%}$ - média de 25% de total de emissores com as menores vazões ($L h^{-1}$);

q_{med} - média das vazões coletadas de todos os emissores ($L h^{-1}$).

$$US = 100 \times [1 - CVT] \quad (7)$$

Onde:

US – coeficiente de uniformidade estatístico (%);

CVT – coeficiente de variação total de vazão.

Para a determinação do CVT, foi utilizada a Equação 8.

$$CVT = \frac{S_q}{q_{med}} \quad (8)$$

Onde:

S_q – desvio padrão da vazão dos emissores ($L h^{-1}$);

q_{med} - vazão média dos emissores ($L h^{-1}$).

Os valores obtidos dos três índices de uniformidade de distribuição de água para os sistemas de irrigação foram classificados segundo os Quadros 7 e 8.

QUADRO 7. Índices de uniformidade estatística (US) e uniformidade de emissão (UE) para o sistema de irrigação por gotejamento.

Classe	US (%)	UE (%)
Excelente	> 90	> 90
Bom	90 – 80	90 – 80
Aceitável	80 – 70	80 – 70
Ruim	70 – 60	< 70
Inaceitável	< 60	

Fonte: ASAE (1994).

QUADRO 8. Índices de uniformidade de Christiansen – CUC.

Classificação	CUC %
Excelente	90 – 100
Boa	80 – 90
Razoável	70 – 80
Ruim	60 – 70
Inaceitável	-----

Fonte: MANTOVANI et. al., (2002)

4.12 ANÁLISE DE ÁGUA RESIDUÁRIA E ÁGUA NATURAL

Para a verificação da qualidade da água residuária e da água natural, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez. Para as análises quantitativas da água residuária foram analisados ainda: nitrato, nitrito, amônia, potássio, manganês, fósforo total, sódio, ferro total, ferro²⁺, ferro³⁺, dureza total, dureza de cálcio, dureza de magnésio, cálcio, magnésio, DQO, DBO, sólidos totais, coliformes totais e *E. coli*.

As análises para a água residuária foram feitas de acordo com os métodos citados no Quadro 9, determinando a quantidade de nutrientes presentes na mesma,

sendo essas análises realizadas antes do transplante para avaliar a qualidade da água residuária utilizada para a irrigação e verificar possíveis causas de obstrução dos gotejadores.

QUADRO 9. Parâmetros analisados para água residuária e métodos de análise.

Parâmetro Analisado	Unidade	Métodologia para Análise
pH	-	pHmetro
Condutividade elétrica	$\mu\text{S cm}^{-1}$	Condutivímetro
Oxigênio dissolvido	mg L^{-1}	Oxímetro
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Termômetro
Turbidez	NTU	Turbidímetro
Nitrito	mg L^{-1}	Método da Naftilamina (Standard Methods-1999)
Nitrato	mg L^{-1}	Método da Brucina (Standard Methods-1999)
Amônia	mg L^{-1}	Método de Nessler (Standard Methods-1999)
Potássio	mg L^{-1}	Fotometria de Chama (Standard Methods-1999)
Manganês	mg L^{-1}	Método do Paraformaldeído (Standard Methods-1999)
Fosfato total	mg L^{-1}	Método do Ácido Ascórbico (APHA-1995)
Sódio	mg L^{-1}	Fotometria de Chama (Standard Methods-1999)
Ferro total, Fe^{2+} e Fe^{3+}	mg L^{-1}	Método do Tiocianato (Standard Methods-1999)
Dureza total	mg L^{-1}	Titulação por Complexação (APHA-1995)
Dureza de Cálcio e Magnésio	mg L^{-1}	Titulação por Complexação (APHA-1995)
Cálcio	mg L^{-1}	(Dureza de Cálcio e Magnésio)x0,4
Magnésio	mg L^{-1}	(Dureza de Cálcio e Magnésio)x0,24
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg L^{-1}	Método do Dicromato (APHA-1995)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg L^{-1}	Método de Titulação Iodométrica (APHA-1995)
Sólidos Totais	mg L^{-1}	Método Gravimétrico
Coliformes totais e <i>E. coli</i>	$\text{org } 100\text{mL}^{-1}$	Substrato Cromogênico (APHA-1995)

*Metodologia segundo APHA (1999).

4.13 FERTIRRIGAÇÃO

4.13.1 Água residuária

As análises feitas na semana antecedente ao transplântio das mudas de couve-flor tiveram o objetivo de verificar a necessidade de complementação da adubação de plantio. Esses nutrientes foram adicionados conforme recomendações de Filgueira (2008) para a cultura da couve-flor, sendo esta complementação feita via água de irrigação utilizando adubos minerais de alta solubilidade.

Para a adubação de cobertura as análises da água residuária foram feitas aos 15, 30 e 45 DAT, e sua complementação foi via água de irrigação. Nestas análises, foi dado ênfase aos nutrientes utilizados na adubação mineral para a água natural, ou seja o NO_3^- e K_2O , o que diminuiu o número de análises feitas anteriormente e permitiu quantificar a redução no uso da adubação mineral.

4.13.2 Água natural

Para os canteiros irrigados com água natural foi feita adubação de plantio utilizando adubos minerais na linha de plantio de acordo com a interpretação da análise do solo e recomendação para a cultura (FILGUEIRA, 2008). Na adubação de cobertura, os nutrientes foram aplicados via água de irrigação, utilizando se $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N e $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O , conforme recomendação para a cultura (TRANI et al, 1996).

4.14 VARIÁVEIS DA CULTURA

Como forma de analisar a cultura foram utilizados os seguintes parâmetros: área foliar e altura de planta, teor de clorofila na folha, número de folhas por planta, peso médio da inflorescência, diâmetro transversal de inflorescência e análise microbiológica da inflorescência.

4.14.1 Área foliar da planta

A área foliar da cultura de couve-flor foi obtida aos 60 DAT, coletando todas as folhas de 02 plantas por parcela (tratamento), essas plantas foram uma da linha da direita e outra da esquerda na parcela, ou seja, a retirada dessas plantas não interferiu nas plantas úteis para as outras análises. Após a coleta das folhas essas foram fotografadas e as fotos utilizadas para calcular a área foliar através do programa IMAGEJ 1.44.

4.14.2 Altura de planta

A altura da planta foi obtida de 15 em 15 dias medindo-se com uma trena a altura do solo ao ápice da folha mais nova totalmente desenvolvida nas quatro plantas úteis de cada tratamento incluindo as repetições e obtida uma média geral para cada tratamento.

4.14.3 Leitura Spad

Foram feitas 05 determinações de 15 em 15 dias do teor de clorofila das folhas das 04 plantas úteis em cada tratamento incluindo as repetições, para essa determinação foi utilizado um Clorofilômetro digital CFL 1030 - Falker, sendo as medidas realizadas na folha mais nova totalmente desenvolvida e a mais próxima possível do centro da inflorescência.

4.14.4 Número de folhas por planta

O número de folhas foi contado de 15 em 15 dias nas 04 plantas úteis de cada tratamento incluindo as repetições e obtido uma média geral para cada tratamento, com o objetivo de avaliar o desenvolvimento da mesma e compará-las entre os tratamentos.

4.14.5 Peso médio da inflorescência

As inflorescências das plantas úteis foram colhidas aleatoriamente dentro de cada parcela e foram pesadas. As mesmas representam uma amostra da produtividade,

num total de quatro inflorescências por parcela, totalizando 144 plantas pesadas. A balança utilizada foi da marca GEHAKA modelo BG-4000RS e precisão de 0,01 g. A colheita para a pesagem foi quando as inflorescências apresentaram totalmente desenvolvidas, com os botões florais ainda unidos (cabeça compacta e firme), sendo realizado um corte reto no colo da planta. O peso médio das inflorescências utilizadas para essa análise determinará a produtividade na área do experimento.

4.14.6 Diâmetro transversal da inflorescência

Após serem pesadas, as inflorescências foram medidas transversalmente com uma fita métrica com precisão de 1 mm.

4.14.7 Análise microbiológica da inflorescência

Com o intuito de realizar a análise de contaminação da cultura em função desta ser fertirrigada com água residuária, as inflorescências utilizadas na determinação de peso e diâmetro foram encaminhadas à EMBRAPA Cerrados (CPAC), Planaltina – DF, para as análises microbiológicas realizadas segundo metodologia de Silva et al. (2000), na qual a contagem total de microrganismo aeróbios mesófilos foi feita em plaqueamento em profundidade, e a contagem total de bolores e leveduras em plaqueamento em superfície. A contagem foi realizada em aparelho contador de colônias digital e os resultados expressos em Unidades Formadoras de Colônias por grama de amostra (UFC g⁻¹). Os coliformes totais e *E. coli* foram determinados pela técnica dos tubos múltiplos e o resultado expresso um Número Mais Provável por grama de amostra (NMP g⁻¹).

4.15 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos da qualidade das águas foram analisados utilizando os padrões de lançamento recomendados pela OMS (1989), USEPA (1992), Ayers e Westcost (1985), recomendações do estado da Califórnia para reúso em irrigação de parques e jardins, descritos em BRASIL (2005a; 2005b e 2011) e CONERH (2010).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F a 5% de significância e quando pertinente realizou-se o teste de Tukey de comparação de médias com mesmo nível de significância, utilizando o software SISVAR 5.1.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DA ÁGUA RESIDUÁRIA E ÁGUA DO POÇO PROFUNDO UTILIZADAS NO EXPERIMENTO.

A tabela 1 representa as análises para água residuária e água natural utilizada no experimento, sendo sua coleta feita nas caixas d'água que armazenam essas águas no interior da casa de vegetação, sendo então bombeadas para a área experimental. As datas de coletas foram: um dia antes do transplântio das mudas (11/05/2012) e no dia das adubações de cobertura (30/05/12 – 15/06/12 – 30/06/12).

TABELA 1. Valores médios dos parâmetros quantitativos da água residuária e da água natural.

Parâmetros analisados	Unidade	Água Natural (AN)	Água Residuária (AR)
pH	-	6,5	7,82
O.D	mg L ⁻¹	6,30	2,09
Condutividade Elétrica	dS m ⁻¹	0,03	2,07
Temperatura	°C	27,52	27,12
Turbidez	NTU	2	6,49
Coliformes totais	(NMP 100 mL ⁻¹)	NR	64,25 x 10 ⁴
<i>E. coli</i>	(NMP 100 mL ⁻¹)	NR	46,6 x 10 ⁴

NR – Não realizado.

Para o oxigênio dissolvido na água residuária (AR) o valor de 2,09 mg L⁻¹ de O₂ está abaixo do permitido para lançamento de efluentes em águas de classe 2, que deve ser maior ou igual a 5 mg L⁻¹. Já a água natural (AN) de 6,30 mg L⁻¹ de O₂ os valores estão acima dos padronizados (BRASIL, 2005b).

Os valores de turbidez da AR de 6,49 NTU e AN de 2 NTU estão dentro dos padrões propostos por BRASIL (2005b), que indicam turbidez de até 40 NTU para água classe 2 e 100 NTU para emissão de efluentes.

Este parâmetro indica que há materiais em suspensão, sendo assim os valores de baixa turbidez indicam uma água onde existe uma facilidade à penetração da luz e a realização da fotossíntese pelos seres autotróficos presentes no ambiente.

O valor da análise para AR para coliformes totais estão acima dos valores sugeridos por WHO (1989) e CONERH (2010). No que se refere a coliformes

totais, o CONERH (2010) indica valores de 10.000 NMP 100 mL⁻¹ para irrigação de produtos alimentícios não consumidos crus, produtos não alimentícios, forrageiras, pastagens, árvores, cultivos usados em revegetação e recuperação de áreas degradadas.

É importante observar que é facultado o uso de efluentes (primários e secundários) de técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos, desde que associado ao método de irrigação subsuperficial.

De acordo com EPA (1992) apud Paganini (2003), com relação ao risco de salinidade em função do valor de 269 mg L⁻¹ de SDT classifica a AR com risco médio de salinidade, já o valor de condutividade elétrica (CE) de 2,7 dS m⁻¹ classifica a AR com risco alto de salinidade. Para a AN o valor de CE de 0,03 dS m⁻¹ classifica a água de irrigação como baixo risco de salinidade.

5.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUANTITATIVOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA.

A Tabela 2 apresenta os valores médios da análise quantitativa da água residuária antes do plantio, sendo que para os elementos: Nitrato, Nitrito, Amônia, Potássio e Fosfato Total representam também seus valores médios das análises feitas aos 15 DAT, 30 DAT e 45 DAT.

Na discussão dos parâmetros quantitativos para água residuária será dado ênfase no nitrogênio, fósforo, potássio, ferro, SDT, DBO e DQO em função de influenciar a adubação de cobertura e a possibilidade de obstrução de emissores.

TABELA 2. Valores médios da análise quantitativa da água residuária antes do plantio, equação de calibração da reta e valores dos coeficientes de correlação (R^2).

Parâmetro analisado	Resultado (mg L^{-1})	Equação da reta**	R^2
Nitrato	67,09	$A = -0,005 + 0,016C$	0,9908
Nitrito	0,60	$A = -0,004 + 0,001C$	0,9437
Amônia	0,04	$A = 0,252 + 16,486C$	0,9667
Potássio	44,30	$A = 0,012 + 0,010C$	0,9968
Manganês	0,25	---	---
Fosfato total	8,29	$A = 0,094 + 0,073C$	0,9689
Sódio	179,90	$A = 3,92 + 1,351C$	0,9430
Ferro total	0,13	$A = -0,104 + 4,328C$	0,9954
Dureza total	54,36	---	---
Dureza de Cálcio	54,08	---	---
Dureza de Magnésio	0,28	---	---
Cálcio	135,20	---	---
Magnésio	1,20	---	---
DQO	92,50	$A = -0,111 + 0,002C$	0,9917
DBO ₅	47,78	---	---
Sólidos Dissolvidos Totais	269,00	---	---

A Tabela 3 apresenta os dados da quantidade total de nutrientes requerida para o cultivo de couve-flor para água natural, quantidade de nutrientes presentes na água residuária, quantidade requerida para complementação na água residuária e o percentual de economia de nutrientes devido ao uso de nutrientes presentes na água residuária durante todo o ciclo da cultura de couve-flor.

TABELA 3. Quantidade total de nutrientes comerciais utilizados na adubação de plantio e cobertura para água natural, quantidade de nutrientes presentes na água residuária, quantidade de complemento com adubo mineral na água residuária (CAM) e redução de nutrientes comerciais com o uso de água residuária durante o ciclo da cultura na área do experimento.

Nutrientes	Água Natural + quantidade de adubo normalmente aplicados (KG)	Água Residuária (KG)	CAM (KG)	Redução de nutrientes comerciais a serem aplicados (%)
Nitrato	5,2	3,76	1,44	72,30
Fósforo	8,0	0,37	7,63	4,62
Potássio	6,0	2,47	3,53	41,16

O nitrogênio e potássio são extraídos em grande quantidade pela couve-flor, mas, experimentalmente, nitrogênio e fósforo são os nutrientes que têm fornecido maiores respostas em produtividade, segundo Filgueira (2008), sendo economizada uma quantidade grande de nitrato e potássio, conforme tabela 3, e são estes os que mais interferem nos custos com aquisição de nutrientes comerciais. Desta forma, a redução de gastos com fertilizantes foi em média 39,36%.

NITROGÊNIO

O valor da amônia na Tabela 2 está abaixo do permitido BRASIL (2005b) para lançamento em corpos hídricos de classe 2; entretanto, a concentração de nitrogênio de 67,09 mg L⁻¹, é alta, devido ao tratamento secundário nos leitos não possuir macrófitas que poderiam retirar grande quantidade deste nutriente no efluente tratado. Segundo Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992) o valor de nitrato deve ser, para qualidade de água de irrigação sem nenhuma restrição de uso, em torno de 5 mg L⁻¹, sendo obtido um valor muito acima do recomendado em função do efluente ser proveniente de tratamento de um leito onde não houve a remoção deste elemento.

POTÁSSIO

A concentração de potássio presente na água residuária foi de 2,47 kg em média, porém a couve-flor exige grande quantidade deste nutriente, sendo assim em função da recomendação para adubação de cobertura foi complementado via fertirrigação mais 3,53 kg.

Os valores encontrados para água residuária por Henrique (2006) estão próximos do encontrado no presente estudo ($44,30 \text{ mg L}^{-1}$), sendo o valor de potássio encontrado para o efluente tratado citado pelo autor de 40 mg L^{-1} , que objetivou tratar esgoto sanitário para irrigação de hortaliças em Campina Grande, PB.

Este fato é explicado, em parte, pela origem do efluente tratado, que possui maior carga orgânica e, por conseguinte maior quantidade de potássio. Verifica-se uma concentração máxima de potássio nas folhas, no início da emissão da inflorescência, diminuindo até a colheita (SILVA et al. 1995).

FÓSFORO

O fósforo é fundamental na nutrição da couve-flor, pois favorece a formação da inflorescência, porém na couve-flor é o macronutriente absorvido em menor quantidade (SILVA et al., 1995).

O efluente apresentou grande quantidade de fósforo total $8,29 \text{ mg L}^{-1}$, mas quando comparado sua concentração com a redução em adubação mineral comercial foi de apenas 4,62%. Os resultados observados por Bastos et al. (2003) de 4 a 7 mg L^{-1} , estes valores estão próximos do presente estudo.

FERRO TOTAL

Segundo Nakayama e Bucks (1986) o risco de entupimento de gotejadores em função do valor encontrado neste trabalho para esse elemento é reduzido. Metcalf e Eddy (1991) observaram que o ferro, até 5 mg L^{-1} não é tóxico em substratos bem aerados, embora contribua para tornar o fósforo e molibdênio não disponíveis as plantas.

SDT – SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

Nakayama e Bucks (1986) determinam que o risco de entupimento de emissores pela água de irrigação é reduzido quando o valor da dureza da água é menor que 150 mg L^{-1} , sendo assim os valores analisados de $54,08 \text{ mg L}^{-1}$ para dureza de cálcio não trazem risco de entupimento ao sistema de irrigação. O valor de SDT do presente estudo 269 mg L^{-1} é classificado como reduzido risco de entupimento de emissores.

DBO – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO e DQO - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

Os valores de DBO_5 (em cinco dias) estão abaixo do recomendado por Brasil (2011), que pode ser de até 120 mg L^{-1} para lançamento em corpos de água de classe 2.

Para Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992) a DBO deve ser de 10 a 30 mg L^{-1} para irrigação de plantas consumidas cruas e cozidas, abaixo do valor encontrado neste trabalho ($47,78 \text{ mg L}^{-1}$).

Enquanto que o valor obtido por Mazzola et al. (2003) para DQO foi de $42,8 \text{ mg L}^{-1}$ quando verificaram o tratamento de esgoto doméstico com reator UASB e leito cultivado com macrófitas. O valor obtido por ele está muito abaixo ao deste trabalho ($92,50 \text{ mg L}^{-1}$), isto aconteceu provavelmente em função da decomposição de matéria orgânica pelas macrófitas, já neste trabalho o leito não foi cultivado com macrófitas justificando o aumento no valor de DQO.

Entretanto, nas situações de utilização do reúso de esgotos sanitários para fins agrícolas não há restrição de DBO e DQO (CONERH, 2010).

5.3 ANÁLISE DE SOLO PARA INCORPORAÇÃO DE NUTRIENTES.

Conforme a Tabela 4 para os nutrientes extraídos em maior quantidade pela planta, principalmente o fósforo e o potássio houve um aumento desses elementos no solo, fato este explicado pela incorporação de nutrientes presentes na água residuária distribuídos pela irrigação localizada. Houve incremento na concentração de Cálcio, Magnésio, Zinco, Boro, Cobre e diminuição nas concentrações de Sódio, Ferro e Enxofre presentes no solo.

TABELA 4. Resultados da análise do solo antes e após o experimento.

ANTES DO PLANTIO																
Prof.	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P	M.O	CTC	V%	Zn	B	Na	Cu	Fe	S	pH
0-20	1,6	0,7	0	3,1	37	1,8	27	5,5	43,64	0,8	0,2	2,4	0,4	57,3	5,9	5,3

TÉRMINO DO EXPERIMENTO																
Prof.	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P	M.O	CTC	V%	Zn	B	Na	Cu	Fe	S	pH
0-20	3,7	0,8	0	4,2	88	4	30	7,5	53	2	0,4	2	2,7	57	6,2	5,2

Fonte: SOLOCRIA – Laboratório Agropecuário Ltda

* Os elementos químicos K, P, M.O, Zn, B, Na, Cu, Fe, S estão expressos em mgdm^{-3} e os elementos químicos Ca, Mg, Al, H+Al em cmolcdm^{-3}

5.4 ANÁLISE DA TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO

Após a realização da análise de variância do potencial matricial do solo (tensão), foi observado, como pode ser visto na Tabela 5, que não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados (água, irrigação e cobertura) e as combinações destas variáveis.

Apesar desta variável não ser influenciada pelos tratamentos, as médias obtidas das tensões de água no solo foram iguais a 37 Kpa (AN) e 40 Kpa (AR). Segundo Silva e Marouelli (1998) as hortaliças cultivadas em solo, e manejadas por gotejamento, de modo geral, apresentam melhor desempenho quando submetidas a tensões da água no solo mais próximas à capacidade de campo, isto é, entre 10,0 kPa e 30,0 kPa. Por outro lado Andrade et. al. (2001), desenvolvendo trabalho com hortaliças na região de Botucatu - SP, obteve máxima produção com a tensão da água no solo variando de 20,5 kPa a 38,2 kPa ao longo do ciclo da cultura, valores este que se aproximam do obtido no presente estudo.

TABELA 5. Análise de variância para a variável tensão da água no solo.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	0,216	0,108	1,001	0,383
Água (A)	1	0,003	0,003	0,032	0,860
Irrigação (I)	1	0,427	0,428	3,959	0,059
Cobertura (C)	2	0,210	0,105	0,975	0,392
A x I	1	0,164	0,164	1,518	0,230
A x C	2	0,058	0,030	0,271	0,765
I x C	2	0,621	0,310	2,877	0,077
A x I x C	2	0,067	0,034	0,311	0,735
Resíduo	22	2,376	0,108	-	-
Total	35	4,146	-	-	-

5.4 VARIÁVEIS QUANTITATIVAS DA CULTURA

5.4.1 Área Foliar

Os resultados da análise de variância realizados para a variável “área foliar” mostram (Tabela 6) que esta variável foi influenciada significativamente pelo tipo de água utilizada e pelas combinações “Água x Irrigação” e “Irrigação x Cobertura”.

Rodrigues (2010) em trabalho realizado com tomate industrial encontrou influência da cobertura do solo com o agrotêxtil preto (TNT) que afetaram o crescimento do tomateiro e os índices de área foliar.

TABELA 6. Análise de variância para a variável “área foliar”.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	1831,56	915,78	0,118	0,889
Água (A)	1	288247,29	288247,29	37,280	0,000**
Irrigação (I)	1	530,02	530,02	0,069	0,795
Cobertura (C)	2	13979,77	6989,88	0,904	0,419
A x I	1	54863,69	54863,69	7,096	0,014**
A x C	2	46490,89	23245,44	3,006	0,703
I x C	2	85160,82	42580,41	5,507	0,011**
A x I x C	2	68621,60	34310,80	4,438	0,024
Resíduo	22	170103,52	7731,97	-	-
Total	35	729829,20	-	-	-

**Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

A Tabela 7 apresenta as médias de área foliar em função do tipo de água utilizado. Observa-se que o uso de água residuária promoveu folhas maiores, isso pode ser explicado pela grande concentração de nutrientes presentes na água residuária, principalmente o nitrogênio que favorece o desenvolvimento foliar e na fase vegetativa da cultura. O mesmo foi observado quando variado o tipo de irrigação (Tabela 8).

TABELA 7. Valores médios de área foliar (cm²) em função do tipo de água utilizado.

Água	Ária foliar (cm ²)
Natural	750,20B
Residuária	929,16A

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 8. Valores médios de área foliar (cm²) oriundos da interação “água x irrigação”.

Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	785,40Ba	715,00Ba
Residuária	886,29Aa	972,04Aa

* Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na interação “irrigação x cobertura” observa-se (Tabela 9) que a cobertura de solo com *mulching* quando associada com o gotejo superficial promoveu menor valor médio de área foliar. Por outro lado a cobertura com *mulching* quando associada com o gotejo subsuperficial acarretou folhas maiores, isso por que a cobertura com *mulching* e o uso de gotejo subsuperficial ajudaram a manter a umidade do solo e assim promoveram um melhor desenvolvimento para a cultura de couve-flor.

Segundo BRAGA et.al. (2009) em pesquisa realizada com melão irrigado por gotejamento, objetivando avaliar a influência de diferentes tipos de cobertura do solo (*mulching*), na produção e qualidade dos frutos não encontrou influência estatística no uso da manta agrotêxtil TNT para estes fatores.

TABELA 9. Valores médios de área foliar oriundos da interação “irrigação x cobertura”.

Irrigação	Cobertura		
	<i>Mulching</i>	Solo exposto	TNT
Gotejo superficial	783,27Ba	891,65Aa	832,10Aa
Gotejo Subsuperficial	926,80Aa	812,65Aab	791,10Ab

* Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.2 Altura de plantas de couve-flor

Em relação à altura de plantas, percebe-se na Tabela 10 que esta variável não foi influenciada nos dois primeiros períodos de realização dos testes 3, 18 DAT (A1 e A2 respectivamente). Por outro lado, nas demais avaliações realizadas aos 33, 48 e 63 DAT (A3, A4 e A5, respectivamente) foi observado para esta variável a influência significativa dos tipos de água e irrigação utilizados quando analisados separadamente ou combinados entre si.

TABELA 10. Resumo da análise de variância realizada para a variável “altura de plantas” aos 3, 18, 33, 48 e 63 DAT (A1, A2, A3, A4 e A5, respectivamente).

FV	GL	QM				
		A1	A2	A3	A4	A5
Bloco	2	0,015	0,049	1,856	7,718	72,743
Água (A)	1	0,765	0,174	78,766**	155,003**	93,606**
Irrigação (I)	1	2,126	0,840	42,793**	55,503**	39,879**
Cobertura (C)	2	0,618	0,632	1,856	1,628	4,904
A x I	1	0,028	1,174	40,841**	68,062**	129,390**
A x C	2	0,939	3,049	5,849	18,248	26,622
I x C	2	1,177	0,465	4,085	7,218	2,473
A x I x C	2	0,445	3,882	3,286	11,078	13,332
Resíduo	22	0,588	1,155	6,121	6,921	14,427
Total	35	-	-	-	-	-

**Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Na Tabela 11 pode-se observar que a interação “água x irrigação” não influenciou significativamente a altura das plantas nos períodos de 3 e 18 DAT. Por outro lado, nos demais períodos (33, 48 e 63 DAT) a água residuária quando associada com a irrigação por gotejamento subsuperficial acarretou plantas mais altas, segundo Silva et al., (1995) os nutrientes nitrogênio e potássio são absorvidos em maior

quantidade após os 60 dias de emergência, esse período coincide com os últimos três períodos analisados, sendo assim a fertirrigação com água residuária proporciona maior quantidade desses nutrientes disponíveis a planta e aliado ao gotejo subsuperficial a disponibilidade destes nutrientes a planta aumenta o que promove uma altura de plantas maior em comparação com os outros tratamentos.

Hamada (1995) não observou, em seu estudo com alface, diferença significativa na altura de planta em nenhuma das datas de amostragem, considerando variação da lâmina de irrigação utilizando tanque “Classe A”.

TABELA 11. Valores médios da altura de plantas de couve-flor (cm) oriundos da interação “água x irrigação”.

Altura de plantas (cm) aos 3 DAT - A1		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	9,28Aa	8,85Aa
Residuária	9,62Aa	9,08Aa
Altura de plantas (cm) aos 18 DAT - A2		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	12,28Aa	11,83Aa
Residuária	12,50Aa	12,33Aa
Altura de plantas (cm) aos 33 DAT - A3		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	19,17Aa	19,22Ba
Residuária	20,00Ab	24,30Aa
Altura de plantas (cm) aos 48 DAT - A4		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	23,33Aa	23,07Ba
Residuária	24,73Ab	29,97Aa
Altura de plantas (cm) aos 63 DAT - A5		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	27,77Aa	26,08Ba
Residuária	27,20Ab	33,10Aa

* Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.3 Leitura Spad - Teor de clorofila

Para o teor de clorofila, observa-se na tabela 12 que o tipo de água influenciou significativamente esta variável em todos os períodos de realização dos testes, ou seja, aos 3 (C1), 18(C2), 33(C3), 48(C4) e 63(C5) DAT. O tipo de irrigação interferiu significativamente no teor de clorofila aos 3 e aos 18 DAT (C1 e C2, respectivamente).

TABELA 12. Resumo da análise de variância realizada para a variável “teor de clorofila” aos 3, 18, 33, 48 e 63 DAT (C1, C2, C3, C4 e C5, respectivamente).

FV	GL	QM				
		C1	C2	C3	C4	C5
Bloco	2	0,650	1,903	2,157	4,892	5,795
Água (A)	1	28,516**	29,666**	48,651**	85,170**	94,058**
Irrigação (I)	1	17,741**	42,423**	6,208	6,547	4,909
Cobertura (C)	2	0,972	0,670	0,977	0,389	0,356
A x I	1	0,375	15,106	0,153	0,918	0,165
A x C	2	3,847	4,443	1,249	2,783	6,353
I x C	2	16,559	11,761	14,699	12,753	14,299
A x I x C	2	28,203	41,7501	38,034	48,876	73,794
Resíduo	22	3,709	3,549	9,495	9,244	14,631
Total	35	-	-	-	-	-

**Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

O uso de água natural promoveu maior teor de clorofila quando comparado com o uso da água residuária em todas as épocas de realização dos testes (Tabela 13). Quanto ao tipo de irrigação, o gotejo superficial ocasionou maior teor de clorofila aos 3 e aos 18 DAT (Tabela 14).

TABELA 13. Teor de clorofila em função do tipo de água utilizada.

Água	C1	C2	C3	C4	C5
Natural	41,85A	46,27A	57,96A	66,66A	79,83A
Residuária	40,07B	44,45B	55,64B	63,59B	76,70B

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 14. Teor de clorofila em função do tipo de irrigação utilizado aos 3 e aos 18 DAT (C1 e C3, respectivamente).

Irrigação	C1	C2
Gotejo Superficial	41,66A	46,45A
Gotejo Subsuperficial	40,26B	44,28B

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.4 Número de folhas por planta de couve-flor

Como pode ser observado na Tabela 15, o tipo de água utilizado influenciou significativamente a quantidade de folhas presentes nas plantas em todos os períodos em que as mesmas foram quantificadas, ou seja, aos 3 (N1), 18(N2), 33(N3), 48(N4) e aos 63 (N5) DAT. O número de folhas quantificado aos 48 DAT (N4) não foi influenciado significativamente pela interação “água e irrigação”. O contrário foi observado para os demais períodos de quantificação das folhas.

TABELA 15. Resumo da análise de variância realizada para a variável “número de folhas por planta” aos 3, 18, 33, 48 e 63 DAT (N1, N2, N3, N4 e N5, respectivamente).

FV	GL	QM				
		N1	N2	N3	N4	N5
Bloco	2	1,075	0,231	0,244	0,601	3,573
Água (A)	1	17,640**	41,710**	33,485**	34,028**	87,765**
Irrigação (I)	1	0,490	1,265	0,035	0,090	4,216
Cobertura (C)	2	0,113	0,491	0,270	0,667	0,893
A x I	1	1,960**	6,043**	18,432**	9,201**	12,912**
A x C	2	0,099	0,032	0,113	0,977	0,102
I x C	2	0,569	1,421	1,576	1,593	2,598
A x I x C	2	0,446	1,324	0,897	0,720	2,795
Resíduo	22	0,282	0,492	0,890	2,184	1,597
Total	35	-	-	-	-	-

**Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Ao se utilizar a irrigação por gotejamento subsuperficial e superficial foi observado que as maiores médias foram obtidas com o uso da água natural em todos os períodos de quantificação da variável número de folhas (Tabela 16).

Em estudo realizado por Sandri et. al. (2007) utilizando diferentes sistemas de irrigação com água residuária na produção de alface, foi verificada pouca influência da água residuária no número de folhas por planta, o mesmo observado no presente estudo.

TABELA 16. Valores médios da altura de plantas oriundos da interação “água x irrigação”.

Número de folha aos 3 DAT - N1		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	5,3Aa	5,5Aa
Residuária	4,4Ba	3,7Bb
Número de folha aos 18 DAT - N2		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	7,8Aa	8,2Aa
Residuária	6,4Ba	5,2Bb
Número de folha aos 33 DAT - N3		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	8,1Ab	9,5Aa
Residuária	7,6Aa	6,1Bb
Número de folha aos 48 DAT - N4		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	10,1Aa	11,2Aa
Residuária	9,1Aa	8,2Ba
Número de folha aos 63 DAT - N5		
Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	11,8Aa	12,3Aa
Residuária	9,9Ba	7,8Bb

* Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.5 Peso médio da inflorescência de couve-flor

Como pode ser observado na Tabela 17, todos os tratamentos aplicados e as interações entre eles influenciaram o peso médio da inflorescência, sendo que a média dos pesos para os tratamentos foi de 0,735 Kg por inflorescência, abaixo do valor médio indicado pelo fornecedor de sementes de couve-flor, este valor representa uma produtividade média de 423,36 Kg em 270m² de área total para o experimento e em média 15,7 t ha⁻¹, valores estes abaixo do esperado, pois comercialmente a cultura pode superar 30 t ha⁻¹ (FILGUEIRA, 2008).

TABELA 17. Análise de variância para a variável “peso médio da inflorescência”.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	36634,19	18317,10	4,610	0,021**
Água (A)	1	137615,29	137615,29	34,638	0,000**
Irrigação (I)	1	80458,33	80458,33	20,251	0,000**
Cobertura (C)	2	237240,10	118620,05	29,857	0,000**
A x I	1	166040,19	166040,19	41,792	0,000**
A x C	2	199603,55	99801,78	25,120	0,000**
I x C	2	164689,15	82344,58	20,726	0,000**
A x I x C	2	176252,62	88126,31	22,181	0,000**
Resíduo	22	87405,75	3972,99	-	-
Total	35	4,146	-	-	-

**Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Ao observar a Tabela 18 observa-se que a combinação de água natural com gotejo subsuperficial ocasionou a ocorrência de inflorescência com menor peso. O uso de água residuária independentemente do tipo de irrigação utilizada teve menores variações no valor desta variável. O fato das inflorescências irrigadas com água residuária terem seu peso médio maior do que a água natural pode ser explicado pela maior oferta de nutrientes, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio, importantes na formação da inflorescência possibilitando um maior aproveitamento para o desenvolvimento da cultura de couve-flor.

TABELA 18. Valores médios do peso de inflorescência(g) oriundos da interação “água x irrigação”.

Água	Irrigação	
	Gotejo Superficial	Gotejo Subsuperficial
Natural	770,09Aa	539,71Bb
Residuária	757,92Aa	799,39Aa

* Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à interação “água x cobertura”, observa-se (Tabela 19) que o menor peso médio de inflorescência foi obtido ao utilizar água residuária e cobertura TNT. Por outro lado o uso de água residuária promoveu maior peso quando associada com a cobertura mulching. O uso de água natural ocasionou menor variação no peso ao variar as coberturas.

TABELA 19. Valores médios do peso de inflorescência(g) oriundos da interação “água x cobertura”.

Água	Cobertura		
	<i>Mulching</i>	Solo exposto	TNT
Natural	659,03Ba	664,38Ba	641,29Aa
Residuária	976,65Aa	762,14Ab	596,88Ac

* Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Através da Tabela 20 observa-se que o gotejo superficial combinado com a cobertura *mulching* promoveu o maior peso médio de inflorescência, levando em consideração a interação “irrigação x cobertura”.

TABELA 20. Valores médios do peso de inflorescência(g) oriundos da interação “irrigação x cobertura”.

Irrigação	Cobertura		
	<i>Mulching</i>	Solo exposto	TNT
Gotejo Superficial	960,32Aa	704,92Ab	626,76Ab
Gotejo Subsuperficial	675,36Bab	721,59Aa	611,41Ab

* Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando as médias apresentadas na Tabela 21, observa-se que houve diferenças significativas entre todas as médias, considerando o tipo de água utilizada, com maiores valores obtidos nos tratamentos com água residuária, com exceção da cobertura com TNT, em sistema de gotejamento superficial. Com relação ao tipo de cobertura, em água natural e entre sistemas de irrigação, houve diferença significativa entre *mulching* e TNT, com maiores valores médios observados em sistema de gotejo superficial. Com relação à água residuária, não houve diferença entre os dois sistemas de irrigação na condição de solo exposto, indicando menor resposta deste aos tratamentos aplicados. O solo exposto não respondeu ainda com relação aos demais tipos de cobertura em água natural e sob sistema de gotejamento superficial, porém em gotejamento subsuperficial, apresentou boa resposta representada pela maior média em relação aos demais tipos de cobertura do solo. Com relação à água residuária, a cobertura *mulching* demonstrou melhor resposta tanto sob gotejamento superficial quanto subsuperficial.

TABELA 21. Valores médios do peso de inflorescência (g) oriundos da interação “água x irrigação x cobertura”.

Irrigação	Gotejo Superficial			Gotejo Subsuperficial		
	Cobertura	<i>Mulching</i>	Solo exp.	TNT	<i>Mulching</i>	Solo exp.
Água						
Natural	862,10Aa2	642,12Aa1	805,99Aa2	455,96Ab1	686,60Aa2	476,57Ab1
Residuíria	1058,53Ba1	767,69Ba2	447,53Ba3	894,76Bb1	756,57Ba2	746,24Bb2

* Médias seguidas de mesmo(a): letra maiúscula – comparações entre médias em relação ao tipo de água (dados em colunas); minúscula- comparações entre médias em relação o tipo de cobertura entre sistemas de irrigação; números – comparações entre médias em relação à cobertura dentro de cada sistema de irrigação. Letras e números iguais não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O peso da inflorescência é um parâmetro que o consumidor observa na hora de comprar a couve-flor, sendo assim a água residuíria promoveu inflorescências com peso médio de 757,92g para o sistema de irrigação por gotejamento superficial e de 799,39g para o gotejamento subsuperficial, esses valores estão próximos dos encontrados para água natural, permitindo então o cultivo de couve-flor com água residuíria.

5.4.6 Diâmetro transversal da inflorescência

O diâmetro transversal da inflorescência não foi influenciado significativamente pelas interações duplas “água x irrigação” e “água x cobertura” (Tabela 22). Por outro lado todos os demais tratamentos influenciaram esta variável. No presente estudo o diâmetro transversal médio da inflorescência foi de 21,65 cm.

TABELA 22. Análise de variância para a variável “diâmetro transversal da inflorescência”.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	53,47	26,73	18,470	0,000**
Água (A)	1	18,83	18,83	13,011	0,002**
Irrigação (I)	1	12,76	12,76	8,814	0,007**
Cobertura (C)	2	23,72	11,86	8,194	0,002**
A x I	1	3,99	3,99	2,759	0,111
A x C	2	2,81	1,41	0,971	0,394
I x C	2	49,95	24,97	17,255	0,000**
A x I x C	2	10,34	5,17	3,573	0,045**
Resíduo	22	31,84	1,45	-	-
Total	35	4,146	-	-	-

**Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

O uso de água residuária promoveu inflorescência de maior diâmetro, como pode ser visto na Tabela 23.

TABELA 23. Valores médios de diâmetro transversal da inflorescência oriundos do tipo de água utilizada.

Água	Diâmetro (cm)
Natural	20,99B
Residuária	22,43A

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação a interação “irrigação x cobertura”, pode-se observar (Tabela 24) pouca variação do diâmetro em função dos tratamentos. A cobertura *mulching* combinada com o gotejo superficial ocasionou maior diâmetro, por outro lado esta mesma cobertura combinada com o gotejo subsuperficial promoveu menor valor médio desta variável, isso pode ser explicado pela maior disponibilidade de nutrientes e uma maior manutenção da umidade do solo próxima a zona radicular da cultura favorecem o desenvolvimento vegetativo da cultura o que influenciou e atrasou a formação da inflorescência, reduzindo seu diâmetro.

TABELA 24. Valores médios do diâmetro de inflorescência(g) oriundos da interação “irrigação x cobertura”.

Irrigação	Cobertura		
	<i>Mulching</i>	Solo exposto	TNT
Gotejo Superficial	23,66Aa	22,13Aab	21,13Ab
Gototejo Subssuperficial	19,32Bb	23,46Aa	20,56Ab

* Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Camargo et al. (2006) em trabalho realizado com couve-flor híbrida Júlia analisando o peso e diâmetro da inflorescência influenciadas pelo nitrogênio e boro, encontraram peso médio de 0,782 kg, e diâmetro de 17,74 cm em média, valores estes próximo do encontrado no presente estudo.

Observando a Tabela 25, podemos perceber que não houve diferenças significativas para o diâmetro médio das inflorescências, com exceção da cobertura *mulching*, com maior valor médio obtido para água residuária sob sistema de gotejo subsuperficial e TNT sob mesmas condições. Com relação à comparação entre sistemas de gotejo utilizando água natural, houve diferença significativa entre as médias obtidas sob cobertura utilizando *mulching* e TNT, ambos com maior média utilizando o sistema

de gotejo superficial. Sob o regime de irrigação utilizando água residuária e cobertura com *mulching* foi obtido maior valor médio utilizando o sistema superficial. Entre os demais não foram observadas diferenças significativas. Dentro de cada sistema de irrigação, não foram observadas diferenças significativas, considerando o tratamento água natural e os vários tipos de cobertura. Nas mesmas condições, sob sistema de gotejo superficial, houve diferença significativa no diâmetro médio da inflorescência em solo exposto. Com relação às mesmas condições submetidos à irrigação com água residuária, sob sistema de gotejo superficial, podemos observar valores semelhantes entre *mulching* e solo exposto e solo exposto e TNT. Com relação ao gotejo subsuperficial, houve semelhança entre os valores médios das coberturas *mulching* e TNT e entre este último e solo exposto.

TABELA 25. Valores médios do diâmetro da inflorescência (cm) oriundos da interação “água x irrigação x cobertura”.

Irrigação	Gotejo Superficial			Gotejo Subsuperficial		
	Cobertura	<i>Mulching</i>	Solo exp. TNT	<i>Mulching</i>	Solo exp. TNT	TNT
Água						
Natural	23,04Aa1	21,50Aa1	21,19Aa1	18,16Ab1	23,42Aa2	18,55Ab1
Residuária	24,27Aa1	22,74Aa12	21,06Aa2	20,48Bb1	23,50Aa2	22,52Ba12

* Médias seguidas de mesmo(a): letra maiúscula – comparações entre médias em relação ao tipo de água (dados em colunas); minúscula- comparações entre médias em relação o tipo de cobertura entre sistemas de irrigação; números – comparações entre médias em relação à cobertura dentro de cada sistema de irrigação. Letras e números iguais não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA INFLORESCÊNCIA.

As análises microbiológicas da inflorescência para avaliar as condições higiênicas da couve-flor estão apresentadas na Tabela 26.

TABELA 26. Valores médios das análises microbiológicas da inflorescência de couve-flor híbrida Júlia irrigados com água residuária.

Coliformes totais (NMP g ⁻¹)	Coliformes termotolerantes (NMP g ⁻¹)
0	0

A Resolução nº 12/01 estabelece padrões microbiológicos sanitários para alimentos e, no caso das hortaliças, prevê até 10^2g^{-1} NMP para coliformes termotolerantes após a incubação da amostra a 45°C (BRASIL, 2001).

Na inflorescência houve ausência de coliformes termotolerantes e totais, estando aptos para o consumo de acordo com a legislação vigente.

5.6 UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.

Os índices de uniformidade de distribuição de água para irrigação localizada utilizada no experimento teve uma variação média de 0,34%, mantendo estes índices favoráveis a utilização de fertirrigação, conforme mostrado na tabela 27.

TABELA 27. Índices de CUC, US e UE obtidos no início e no final do experimento para os sistemas de irrigação.

Período	CUC (%)		US (%)		UE (%)	
	AN	AR	AN	AR	AN	AR
Início	98,16	97,25	97,51	96,40	97,91	97,06
Término	98,00	97,13	97,10	95,98	97,33	96,70
Variação (%)	- 0,16	- 0,12	- 0,41	- 0,42	- 0,58	- 0,36

Segundo recomendação ASAE (1994) valores com uniformidade estatística e emissão acima de 90% são considerados excelentes para irrigação por gotejamento. Mantovani et. al. (2002) também consideram Índice de Uniformidade de Christiansen maiores que 90% são excelentes, valores estes obtidos no presente trabalho.

O valor de ferro de $0,13\text{ mg L}^{-1}$ e de 269 mg L^{-1} de SDT encontrado na água residuária neste experimento, contribui para não reduzir os índices de uniformidades analisadas, outro fator que influencia é o tempo utilizado pelo sistema de irrigação, sendo o período de 65 dias em campo utilizados durante o experimento pouco para promover entupimento em tubos gotejadores. Como demonstrado por Sandri et. al. (2003) o volume de água aplicado pode ser relacionado ao entupimento dos gotejadores, isto é, quanto maior o volume de água aplicado, maiores são as chances de ocorrer entupimento dos emissores.

CONCLUSÕES

Nas condições em que o estudo foi conduzido, pode-se concluir que:

A cultura de couve-flor pode ser cultivada, utilizando água residuária como fertirrigação, com maiores valores médios nas seguintes variáveis em relação à água natural: área foliar, altura nas fases mais tardias do DAT, peso e diâmetro das inflorescências, sendo estes dois últimos aspectos importantes na aceitação do produto pelo consumidor. Não foram observadas contaminações de couve-flor com os microrganismos analisados. Segundo que neste estudo, a variável peso da couve-flor apresentou melhor resposta se cultivada sob cobertura *mulching* combinada com fertirrigação sob sistema de gotejamento superficial.

O uso da água residuária para produção de couve-flor gerou redução na quantidade de nutrientes comerciais, sendo variáveis para os diferentes nutrientes, com valores de 72,30% para o nitrato, 4,62% para o fósforo, 41,16% para o potássio e 39,36% em gastos totais com fertilizantes.

Os índices para a uniformidade de distribuição de água de irrigação foram considerados excelentes tanto no início quanto no término do experimento, podendo o sistema de irrigação localizada por gotejamento superficial ou subsuperficial ser utilizado com água residuária.

A tensão de água no solo ficou entre 37 Kpa para a água natural e para água residuária em torno de 40 Kpa, valores aceitáveis conforme literatura para hortaliças.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO, 1998, 297p.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Água: fatos e tendências**. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). 2º Ed., Brasília: ANA, 2009. 29 p.

ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p.225-230.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington D.C. USA, American Public Health Association, 1999.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. **Field evaluation of irrigation systems**. In: ASAE Standards, St. Joseph: ASAE, 1994. p.760-765.

ABINT - Associação Brasileira das Indústrias de Não Tecidos e Tecidos Técnicos. **O que são os não tecidos**. São Paulo, [200-?]a. Disponível em: <<http://www.abint.org.br>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

AYERS, R. S.; WESTCOST, D. W. **Water quality for agriculture (Revised)**. Rome. FAO: Irrigation and Drainage Paper n° 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985. 174 p.

BAKER JT; EARHART DR; BAKER ML; DAINELLO FJ; HABY VA. Interactions of poultry litter, polyethylene mulch, and floating row covers on triploid watermelon. **Hortscience**. v. 33: p. 810-813. 1998.

BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e psicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa. Projeto PROSAB. 2003, 264 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, C.E.. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

BRAGA MB; RESENDE GMde; MOURA MSB; COSTA ND; DIAS, RCS; CORREIA, JS.; SILVA FZda. Produtividade e qualidade do melão em função da cobertura do solo no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**. v.27: S3939-S3945. 2009.

BRASIL. Lei Federal n° 9.433 de 08 de janeiro de 1997 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n°

8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, janeiro de 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Propõe o Regulamento Técnico sobre Padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, jan. 2001. Seção 1, p.6.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005 – Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, novembro de 2005a.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, março de 2005b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Propõe o Regulamento Técnico sobre Padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, jan. 2001. Seção 1, p.6.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 – Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, maio de 2011.

BREGA FILHO, D.B.; MANCUSO, P.C.S. **Conceito de reúso de água**. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos. (Ed.). Reúso de água. Barueri: Manole, 2003. p. 21-36.

BROWN, L.R.; RENNER, M.; HALWEIL, B. **Sinais vitais 2000: as tendências ambientais que determinarão nosso futuro**. Salvador: UMA, 2000. 196 p.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management, Amsterdam**. v. 68, p.135–149, 2004.

CÂMARA, M.J.T.; NEGREIROS, M.Z; MEDEIROS, J.F; BEZERRA NETO, F; BARROS JÚNIOR, A.P.. Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**, v.37, p.58-63. 2007.

CAMARGO, M. S.; MELLO, S.C.; FOLTRAN, D. E.; CARMELLO, Q. A. C. Produtividade e podridão parda em couve-flor de inverno influenciadas pelo nitrogênio e boro. **Bragantia**. 2008, vol.67, n.2.

CENED. **Centro Nacional de Educação a Distância**. Disponível em <<http://www.cenedcursos.com.br>>. Acesso em 20/08/2012.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: California Agricultural Station. (Bulletin 670), 1942. 212 p.

CONERH. Resolução Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 75, de 29 de julho de 2010 – Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. **Diário Oficial da União**. Salvador – BA.

CROOK, J. **Health aspects of water reuse in California**. Journal of ASCE Environmental Engineering Division, v.104 (EE4), p.601-610, 1978.

DENARDIN, V.F. Teoria e Evidência Econômica, Passo Fundo, v. 14, n. 28, maio 2007.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1977. 194p. Riego y Drenaje, n.24.

DUARTE, A. S. **Reúso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (Capsicum annun L.)**. Piracicaba, 2006. 187 p.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em <www.cnph.embrapa.br>. Acesso em: 10/06/2012.

EPA. **Guidelines for Water Reuse**, EPA, 625/R. 1992.

FAO AQUASTAT: **Base de dados**. [<http://www.fao.org/ag/aquastat>] Roma, 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 421p. 2008.

GOMES, E. P.; MARQUES, S. R.; CAMPOS, M. A.; BERTOLUCCI, A. C. F.; MATSURA, E. E. **Avaliação da uniformidade de irrigação por gotejamento na cultura do tomate de mesa**. In: Workshop Tomate na Unicamp: perspectivas e pesquisas. Campinas, 28 de maio de 2003.

GOTO R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira** v.15: 163-65, Suplemento 1997.

GREGOIRE P. Los tejidos y la protección de los productos hortícolas. **Horticultura Brasileira**. v.44: p. 61-64. 1989.

HARUVY, N. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v.23, p.57-66, 1998.

HAMADA, E. **Desenvolvimento e produtividade da alface submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.9, n.30, p.1201-1209, 1995.

HENRIQUE, I. N. **Tratamento de água residuária doméstica e sua utilização na agricultura**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente – Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2006, 123 p.

HERNÁNDEZ, J.; ROMERO, L.; CASTILLA, N. Análisis comparativo del riego. In: Romero, L. (Eds.) **Valoración agronómica y análisis microclimático de la técnica de semiprotección de cubiertas flotantes sobre col china**. Imp. Plácido Cuadros S. L., Granada, Spain, 2003. p. 139-146.

LANNA, A. E. A. **economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso**. Revista Estudos Avançados. São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

KARMELI, D.; KELLER, J. **Evaluation of a trickle irrigation system**. In: Congresso Internacional de Irrigação por Gotejamento, 2, 1974, Riverside. Proceedings... Riverside, 1974. 287-292 p.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. Disponível em: <<http://www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc>>. Acesso em: 26 abr. 2004.

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

MANFRINATO, H. A. **A irrigação por gotejamento**. Irrigação Tecnologia Moderna, n.22, p.21-25, 1985.

MANTOVANI, E.C. **Avalia: manual do usuário**. Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 2002.

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

MARQUELLI, W.A., SILVA, H. R. da. **Aspectos Sanitários da água para fins de irrigação**. Comunicado Técnico da EMBRAPA Hortaliças, Brasília, 1998. 7p.

MAZZOLA, M.; ROSTON, D. M.; VALENTIM, M. A. A. **Leito cultivado ("constructed wetland") de fluxo vertical por batelada no tratamento de efluente de reator anaeróbico compartimentado**. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville, Santa Catarina, set. 2003.

MEDEIROS B. S. A. de F. **Necessidade hídrica do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades e cultivado com ou sem cobertura do solo**. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.234-238, 2005.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater engineering: Treatment and reuse**. 2 ed. Metcalf e Eddy Inc. New York: McGraw – Hill Inc., 1991. 1334 p.

MIRANDA, T.L. **Reúso de efluentes domésticos na irrigação de alface (*Lactuca sativa* L.)**, Porto Alegre: UFRGS, 1995, 111p. Dissertação Mestrado.

MOURA, N. G.; LARANJEIRAS, T. O.; CARVALHO, A. R.; SANTÁNA, C. E. R. Composição e diversidade da avifauna em duas áreas de cerrado dentro do campus da Universidade Estadual de Goiás - Anápolis. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 6, n. 1, 2005. 34-40 p.

NASCIMENTO, I. B. et al. **Desenvolvimento vegetativo do melão cultivado sob diferentes intensidades de preparo de solo com e sem mulching**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza: SBEA, 2000.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickles irrigation for crop production** U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, U.S. Water Conservation Laboratory, Phoenix, Arizona - U. S. A., 1986. 383 p.

NETO, S.A. **Desempenho hidráulico de tubos de emissão em módulos de irrigação sob adubação por gravidade**. CAMPINAS – SP, 2000.

OROZCO-SANTOS M; PREZE-ZAMORA O; LOPEZ-ARRIAGA, O. Effect of transparent mulch on insect populations, virus diseases, soil temperature, and yield of cantaloup in the tropical region. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 23:199-204 1995.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura**. (Serie Informes Tecnicos, 78). Ginebra: OMS, 1989. 90 p.

RODRIGUES, Gardênia Silvana de Oliveira. **Crescimento de tomate ‘Mariana’ em função dos diferentes tipos de coberturas do solo**. Mossoró, UFERSA, 2010.53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2010.

PAGANINI, W. S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, 2003, 339-401 p.

PIZARRO, F. C. **Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersion, exudacion**. 2.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1990. 471 p.

RIBEIRO, T. A. P. et al. **Variação temporal da qualidade da água no desempenho de filtros utilizados de origem biológica em sistemas de irrigação por gotejamento, no município de Atibaia, SP**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.4, p. 450-456, 2005. Disponível em: <www.agriambi.com.br>. Acesso em: 05/06/2012.

SANDRI, D.; MATSURA E. E.; TESTEZLAF, R. Entupimento de gotejadores usando água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, vol. 23, N. 2; 2003.

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

SANTOS, K. D.; HENRIQUE, I. N.; SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Suplemento Especial, n. 1, 2º Semestre 2006, 7 p.

SAMPAIO, R. A; FONTES PCR; SEDIYAMA C. S. **Resposta do tomateiro a fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34: 21-30 1999.

SEPIN – **Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação**. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/anuario/2009/SITUACAOFISICA/tabela11.htm>>. Acesso em: 17 nov. 2009.

SGANZERLA E. Nova Agricultura: **A fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 4 ed., Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha, 303p 1991.

SILVA, A.V.C.; SOUSA, C.B.R.; SANTOS, R.A. **Absorção de nutrientes pela couveflor (Brassica oleracea var. botrytis)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1995, Viçosa, MG, v.3, p.1247-1248.

SILVA EC; MACHADO AS; SOUZA RJ; CALDERÓN JFT. Efeito de doses de potássio (cloreto de potássio) e nitrogênio (sulfato de amônio) em alho proveniente de cultura de tecidos. **Ciência Agrotecnologia**. v.24: 917-923 2000.

SILVA, M. C. C. **Crescimento, produtividade e qualidade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e cobertura do solo**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró 2002.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. **Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. 2005. p.311-348.

SMAJSTRA, D; **Irrigação por gotejamento em batata**, São Paulo: Disponível em : <<http://www.batata.net>> acesso em 03/08/2011.

SOARES, A. A.; BATISTA, R. O.; SOUZA, J. A. A. **Aspectos técnicos da irrigação com águas de qualidade inferior**. WORKSHOP USO E REÚSO DE AGUAS DE QUALIDADE INFERIOR: REALIDADES E PERSPECTIVAS. Campina Grande, 2005.

SOUZA, V. F.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; Corrêa, R. A. L.; Alencar, C. M. Distribuição de fertilizantes em um sistema de fertirrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.186-189, 2003.

SOUSA, J.T. et al. Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 107- 110, 2001.

STATE OF CALIFORNIA. **Water Reclamation Criteria, An Excerpt from the California Code of Regulations, Title 22, Div. 4.** Environmental Health, Department of Health Services, Sacramento, CA, USA. 1978.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; AZEVEDO, J.A.; TAVARES, M. Brócolos, couve-flor e repolho. In: RAIJ, B. VAN; ANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p.175. (Boletim Técnico, 100).

TRENTIN, C. V. **Diagnóstico voltado ao planejamento do uso de águas residuárias para irrigação, nos cinturões verdes da região metropolitana de Curitiba-PR.** 2005. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse.** Technical Report Nº EPA/625/R-92/004. Washington, DC: USEPA, 1992.

WHO (1989). **Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture.** World Health Organisation Technical Report Series, No 778. World Health Organization, Geneva.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater.** Volume 2: Wastewater use in agriculture. Geneva: WHO. 2006a.213p.

ZAPATA M; CABRERA P; BAÑON S; ROTH P. **El melon.** Madrid, Mundi-Prensa, 174p 1989.