



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

ALLANA RAYRA HOLANDA SOTERO

CULTIVO DE MILHETO FERTIRRIGADO COM ÁGUA CINZA

MOSSORÓ

2019

ALLANA RAYRA HOLANDA SOTERO

CULTIVO DE MILHETO FERTIRRIGADO COM ÁGUA CINZA

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição, irrigação, Propagação de plantas e tecnologia de sementes.

Orientador: Prof. Dr. Nildo da Silva Dias

Co-orientadora: Dra. Mychelle Karla Teixeira de Oliveira

MOSSORÓ

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

R717c RAYRA HOLANDA SOTERO, ALLANA .
CULTIVO DO MILHETO FERTIRRIGADO COM ÁGUA CINZA
/ ALLANA RAYRA HOLANDA SOTERO. - 2019.
56 f. : il.

Orientador: NILDO DA SILVA DIAS.
Coorientador: MYCHELLE KARLA TEIXEIRA DE
OLIVEIRA.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2019.

1. PENNISETUM GLAUCUM. 2. FORRAGEM. 3. REUSO.
4. AGUA RESIDUARIA. I. DA SILVA DIAS, NILDO,
orient. II. KARLA TEIXEIRA DE OLIVEIRA, MYCHELLE
, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ALLANA RAYRA HOLANDA SOTERO

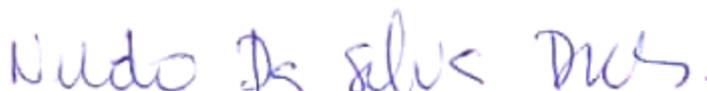
CULTIVO DE MILHETO FERTIRRIGADO COM ÁGUA CINZA

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

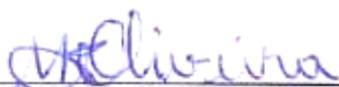
Linha de Pesquisa: Nutrição, irrigação, propagação de plantas e tecnologia de sementes

Defendida em: 15/02/2019

BANCA EXAMINADORA



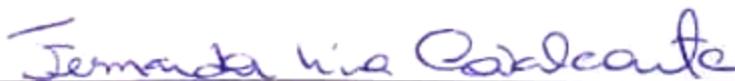
Nildo da Silva Dias, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Mychelle Karla Teixeira de Oliveira, Dra. (UFERSA)
Membro Examinador



Ketson Bruno da Silva, Dr. (PMA)
Membro Examinador



Fernanda Lima Cavalcante, Profa. Dra. (IFRN)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e da sabedoria.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e à CAPES, que me proporcionaram a oportunidade de estudar para aprimorar meus conhecimentos em minha área profissional.

À minha família, que me sempre me apoiou e acreditou em mim, me incentivando e ajudando a passar por pelos desafios necessários para alcançar meus objetivos.

Ao meu orientador, Nildo da Silva Dias, e aos professores Rafael Oliveira Batista, Francisco de Assis e Mychelle Karla, por me auxiliarem ao longo do curso, estando sempre à disposição e confiando em meu potencial.

Aos meus Amigos Marlenildo Melo e Hérick Claudino, por terem sido tão prestativos ao longo de minha estada na Universidade, dando-me suporte e estímulo para prosseguir, além de auxílio em minhas tarefas.

À senhora Alvanir, por permitir a utilização da água cinza de sua residência para a execução do experimento; ao grupo de pesquisa tratamento e manejo de resíduos para o desenvolvimento sustentável do semiárido, pelo auxílio com as atividades de campo e a todos os laboratoristas que me orientarem nas análises laboratoriais.

À Banca Examinadora, por aceitar o convite e se disponibilizar com tanta dedicação.

A Deus, minha família e amigos, pelo suporte ao longo da minha jornada.

OFEREÇO

SOTERO, Allana Rayra Holanda. **Cultivo de milho fertirrigado com água cinza**. 2019. 55f (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2019.

RESUMO

O reuso da água é uma alternativa de convivência com o semiárido que minimiza os efeitos dos longos períodos de estiagem e assim contribui para a produção agrícola familiar. Devido à água cinza constituir-se em uma importante fonte hídrica e nutricional, torna-se necessário avaliar o desempenho de diversas culturas quando fertilizadas com água cinza na forma bruta ou diluída. O milho, por ser uma cultura bastante rústica, se adapta às condições adversas do ambiente e apresenta boa produtividade de forragem. O objetivo deste trabalho foi analisar o desenvolvimento, a produção, o estado nutricional e a qualidade bromatológica do milho fertirrigado com água cinza tratada e água de abastecimento em diferentes proporções (T1 - 100% água de abastecimento - testemunha; T2 - 25% água cinza tratada + 75% água de abastecimento; T3 - 50% água cinza tratada + 50% água de abastecimento; T4 - 75% água cinza tratada + 25% água de abastecimento e T5 - 100% água cinza tratada). O experimento foi conduzido em vasos preenchidos com substratos em condições protegidas. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e seis repetições (5 x 6), totalizando 30 parcelas experimentais. Os resultados mostram que o uso de água cinza na fertirrigação viabilizou a produção do milho, contendo na diluição de 50% de água de abastecimento mais 50% de água cinza tratada melhor qualidade nutricional e bromatológica. Não foram encontrados elementos que limitassem a utilização de água cinza para a fertirrigação.

Palavras-chave: Água residuária, *Pennisetum glaucum*, Reuso, Forragem.

SOTERO, Allana Rayra Holanda. **Millet cultivation fertirrigated with graywater.** 2019. 55p. (Masters in Crop Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2019.

ABSTRACT

Reuse water is an alternative that allows the coexistence with the semi-arid, minimizing the effects of the long periods of drought and contributes for familiar agriculture. Being graywater an important source of water and nutrients, it is necessary to evaluate many cultures development when fertirrigated with raw or diluted graywater. Millet, for being a fairly rustic crop, adapts to the adverse environment conditions and presents good fodder productivity. The aim of this work was to analyze development, production, nutritional status and bromatological quality of millet fertirrigated with gray water and well water in different proportions (T1 - 100% well water; T2 - 25% treated gray water plus 75% well water; T3 - 50% treated gray water plus 50% well water; T4 - 75% treated gray water plus 25% well water and T5 – 100% treated gray water). The experiment was carried out in vases filled with substrate in a greenhouse. The experimental design was randomized blocks with five treatments and six replicates (5 x 6), totaling 30 experimental plots. The results show that the use of treated gray water on fertirrigation was viable for millet's production, having on the dilution of 50% of treated gray water plus 50% of well water better nutritional and bromatological quality. It was not found elements that could limit the use of gray water for fertirrigation.

Key words: Wastewater, *Pennisetum glaucum*, Reuse, Forage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Região semiárida brasileira. Fonte: Medeiros et al. (2014).	15
Figura 2. Localização da casa de vegetação utilizada no experimento, pertencente ao DCAF/CCA/UFERSA, Mossoró - RN. Fonte: Autoria própria (2018) e elaborada no QGIS.....	26
Figura 3. Croqui da área experimental cultivada com milho e irrigada com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento. Fonte: Autoria própria (2018). ...	27
Figura 4. Esquema da estação de tratamento de água cinza destacando o tanque de equalização, tanque séptico, filtro orgânico e reservatório. Fonte: Autoria própria (2018) e elaborada no Google SketchUp Free (2012).	29
Figura 5. Valores de temperatura (A), umidade relativa do ar (B), radiação solar (C) e evapotranspiração de referência - Eto (D) obtidos na estação meteorológica da casa de vegetação durante o experimento. Fonte: Autoria própria (2018).	32
Figura 6. Massa fresca (A) e massa seca (B) de plantas de milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.....	36
Figura 7. Altura de planta (A), número de folhas totais (B), número de perfilhos (C) e diâmetro do colmo (D) de milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.....	38
Figura 8. Massa seca (A) e massa fresca (B), número (C) e comprimento (D) de panículas de milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.	39
Figura 9. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) em milho fertirrigado com água cinza tratada diluída em água de abastecimento.	41
Figura 10. Teores de sódio (A), ferro (B), manganês (C), zinco (D) e cobre (E) em milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.	43
Figura 11. Matéria seca (A), cinzas (B), fibra em detergente neutro (C), fibra em detergente ácido (D), proteína insolúvel em detergente ácido (E), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (F) extrato etéreo (G) e proteína bruta (H) de milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índice de coleta e tratamento de esgoto nos municípios do semiárido brasileiro.....	16
Tabela 2. Valor médio e desvio padrão de características físico-químicas e microbiológicas de nove amostras de água cinza bruta e tratada.....	18
Tabela 3. Teores de macro e micronutrientes de folhas de milho fertirrigado com doses de biofertilizante de suíno (100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅).	20
Tabela 4. Teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) de tifton 85 e aveia preta irrigados com água residuária de bovinocultura (ARB).	20
Tabela 5. Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu fertirrigada com água residuária de suinocultura.....	20
Tabela 6. Teor de nutrientes em plantas de Arroz vermelho irrigado com água residuária doméstica (ARD).	21
Tabela 7. Teores adequados de macro e micronutrientes em folhas de milho cv. BN2.	23
Tabela 8. Condições e padrões de modalidades de reuso da água para o Estado do Ceará.	25
Tabela 9. Atributos químicos do Argissolo vermelho amarelo utilizado no preenchimento dos vasos, antes da aplicação das diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.	28
Tabela 10. Volume de diluições acumuladas em litros no período de 65 dias de aplicação das diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.	30
Tabela 11. Atributos físico-químicos da água de abastecimento-AA e da água cinza tratada-ACT e respectivos valores médios e desvios padrão (DP).	34
Tabela 12. Resumo da análise de variância da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), altura das plantas (ALT), número de folhas (NFT), perfilhos (NPER) e panículas (NPAN), diâmetro do colmo (DC), comprimento da panícula (COMPAN) e massa fresca (MFPAN) e massa seca da panícula (MSPAN) de milho produzido com água cinza tratada.	36
Tabela 13. Resumo da análise de variância para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, manganês, zinco e cobre de plantas de milho com efluente de água cinza tratada diluída em água de abastecimento.	40

Tabela 14. Resumo da análise de variância para matéria seca (MS), cinzas (CIN), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio não digerível em detergente ácido (NIDA), proteína não digerível em detergente ácido (PIDA), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) de milho produzido com diluições de água cinza tratada com água de abastecimento. 44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	Água cinza tratada
AA	Água de abastecimento
Dr	Doutor
EE	Extrato etéreo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente Neutro
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Me	Mestre
MS	Matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NIDA	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
PB	Proteína bruta
PIDA	Proteína insolúvel em detergente ácido
PMA	Prefeitura Municipal de Assú
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 A escassez hídrica e a condição do saneamento no semiárido brasileiro	15
2.2 Impactos ambientais pela destinação inadequada de esgotos sanitários	16
2.3 Técnica de tratamento de água cinza para o reuso no semiárido brasileiro	18
2.4 Efeitos da aplicação de água residuária de diversas fontes na produção de forrageiras	19
2.5 Uso de diluições de águas residuárias domésticas na produção agrícola	21
2.6 Milheto	22
2.7 Legislação aplicada ao reuso da água no semiárido brasileiro	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Descrição da área de estudo.....	26
3.2 Delineamento experimental e condução	27
3.3 Origem da água cinza e da água de abastecimento utilizadas no experimento	29
3.4 Manejo da irrigação	30
3.5 Determinação das características produtivas e morfológicas do milheto	32
3.6 Determinação das características nutricionais e bromatológicas do milheto ...	32
3.7 Análises estatísticas	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Caracterização físico-química das águas cinza e de abastecimento	34
4.2 Crescimento e produção do milheto	35
4.3 Composição mineral do milheto	40
4.4 Análise bromatológica do milheto produzido com água cinza tratada	44
5 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

No semiárido, a escassez hídrica é recorrente e dificulta a prática da agricultura, na medida em que as precipitações pluviométricas são bastante irregulares e mal distribuídas. Além da escassez quantitativa das águas superficiais, há problemas com a qualidade das águas subterrâneas devido aos elevados teores de sais e a qualidade da água superficial tem sido comprometida pela destinação de resíduos diretamente nos corpos hídricos, agravando ainda mais a situação.

Algumas alternativas à escassez de recursos hídricos têm sido apontadas e estudadas por vários pesquisadores, como, por exemplo, o uso de água de abastecimento e de efluentes de esgotos domésticos (DEON et al., 2010; JAVAREZ JÚNIOR et al., 2010; ALVES et al., 2014; BRITO et al., 2014; SANTOS et al., 2016), que normalmente devem estar associados à eficiência do uso da água com reduzidos impactos ambientais negativos. Deste modo, o reuso da água tornou-se uma tecnologia social de convivência com o semiárido, uma vez que minimiza os efeitos dos longos períodos de estiagem e, assim, contribui para a produção agrícola familiar e a soberania alimentar.

Em virtude de a água cinza constituir importante fonte hídrica e nutricional, torna-se necessário avaliar o desempenho de diversas culturas quando fertilizadas com solução contendo água cinza na forma bruta ou diluída.

O milho é uma cultura de baixo investimento e rápido desenvolvimento em condições adversas, sendo uma opção para pequenos produtores do semiárido brasileiro, principalmente na produção de alimento para os animais em épocas de estiagem.

O uso contínuo de água residuária sem o devido manejo, por outro lado, pode causar aumento na salinidade do solo e prejudicar o crescimento e a produtividade de culturas como a cevada, conforme reportado por Rusan et al. (2007), que sugeriram a diluição dos efluentes como estratégia de manejo para evitar ou minimizar os efeitos da salinização do solo.

A utilização de água cinza na irrigação pode ser viável, uma vez que apresenta menor contaminação por agentes patogênicos e é produzida nas residências urbanas e rurais em grandes quantidades. Para a agricultura, o uso da água cinza seria de grande contribuição na irrigação, podendo substituir parcialmente ou até totalmente o uso da água doce ou salobra.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho verificar se a água cinza tratada pode ser utilizada em substituição à água de abastecimento na fertirrigação do milho destinado à forragicultura, a partir da caracterização das águas de abastecimento e cinza obtidas e verificando seus efeitos no crescimento e produção, na qualidade nutricional e na qualidade bromatológica do produto, uma vez que a água limpa está se tornando escassa para atender aos múltiplos usos antrópicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A escassez hídrica e a condição do saneamento no semiárido brasileiro

A escassez hídrica pode ocorrer por quantidade ou por qualidade da água. A região semiárida (Figura 1) apresenta precipitação pluviométrica bastante irregular tanto entre os meses do ano quanto entre os anos, havendo anos de intensa precipitação pluviométrica e anos de escassez hídrica, com risco de seca maior que 60%. Devido às altas temperaturas encontradas na região, a taxa evaporativa é bastante elevada e nem sempre é compensada pelas precipitações pluviométricas. Com a má distribuição de água na região, o abastecimento hídrico para a população torna-se um grande desafio e a água que se encontra disponível pode não apresentar a qualidade adequada, devido à sua contaminação (BRASIL, 2005; GNADLINGER, 2011; GONÇALVES, 2011; ANDRADE; NUNES, 2014).

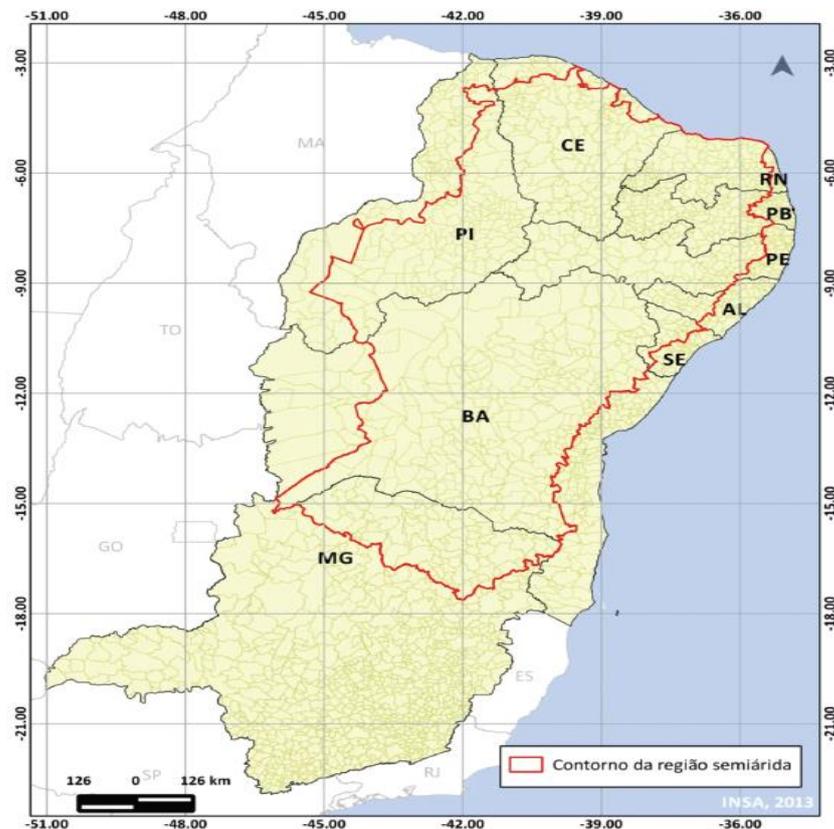


Figura 1. Região semiárida brasileira. Fonte: Medeiros et al. (2014).

O esgotamento sanitário está definido na lei 11.445/07 como todas as atividades realizadas para a destinação adequada dos esgotos produzidos pela

sociedade, tais como coleta, transporte e tratamento, antes de sua disposição no meio ambiente (BRASIL, 2007).

Segundo Medeiros et al. (2014), das 1.135 sedes municipais localizadas na região semiárida que deveriam atender uma população urbana de 14,1 milhões de habitantes com sistema de coleta de esgoto sanitário, apenas 243 possuem o sistema de coleta, beneficiando 3,2 milhões de pessoas e deixando mais de 77% da população desfavorecida. Apenas 22,1% do esgoto produzido são coletados e menos de 80% são tratados antes de serem lançados no ambiente semiárido. Das sedes com sistema de coleta de esgoto, 79% apresentam sistema de tratamento de esgoto, predominantemente em lagoas facultativas, de maturação e anaeróbicas; o restante (21%) não apresenta estações de tratamento e destina o esgoto coletado diretamente aos corpos hídricos receptores ou em valas a céu aberto (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de coleta e tratamento de esgoto nos municípios do semiárido brasileiro.

Região semiárida	Municípios	Municípios com sistema de coleta de esgoto	Municípios com sistema de tratamento de esgoto	Índice de coleta de esgoto (%)	Índice de coleta e tratamento de esgoto (%)
Alagoas	38	2	2	10	94,4
Bahia	266	51	33	23,6	82,3
Ceará	150	68	64	20,2	78,5
Minas Gerais	85	35	29	27,8	46,2
Paraíba	170	22	16	31,3	77
Pernambuco	122	16	8	21,1	68,7
Piauí	128	5	2	7,3	67,3
Rio Grande do Norte	147	40	37	23,2	89
Sergipe	29	4	1	8,6	9,9
Total	1135	243	192	22,1	76,3

Fonte: Medeiros et al. (2014).

2.2 Impactos ambientais pela destinação inadequada de esgotos sanitários

Segundo Barreto et al. (2013), o lançamento de esgoto não tratado nos corpos hídricos pode causar diversos problemas ao meio ambiente e à saúde da população.

Um dos maiores problemas relacionados à contaminação dos corpos hídricos é o processo de eutrofização, que corresponde ao enriquecimento da água com nutrientes tais quais nitrogênio e fósforo. Esses nutrientes são importantes na manutenção da cadeia alimentar aquática, porém, quando em excesso e combinados com a luminosidade, causam alterações nas características da água, tais como cor, odor, sabor e turbidez, além da produção excessiva de algas, que causa redução no teor de oxigênio dissolvido, resultando na mortandade da vida aquática (BARRETO et al., 2013).

Com o enriquecimento dos cursos d'água pelo incremento de matéria orgânica, pode ocorrer a floração de algas potencialmente tóxicas, comprometendo a qualidade da água e elevando o custo do tratamento da água para o abastecimento público, demandando maior quantidade de água para a limpeza dos filtros obstruídos. O tratamento da água eutrofizada consiste no uso de diversas substâncias, tais como cloro, coagulantes, alcalinizantes e polímeros, que podem formar componentes organoclorados, potencialmente prejudiciais à saúde humana (BARRETO et al., 2013).

Há registros de intoxicação pelo consumo de água contaminada por cepas de cianobactérias em todos os continentes, em países tais como África do Sul, Austrália, Brasil, China e Inglaterra. No Brasil, foram registrados um caso em Itaparica (BA) – em 1988, no qual se acredita que 44% das pessoas que beberam a água de um reservatório morreram, por estar contaminada com florações de cianobactérias – e outro em Caruaru (PE), com a morte de cem pessoas que faziam hemodiálise, devido à presença de microcistina na água, em 1996 (TUNDISI, 2006).

Outro grande problema ocasionado pela destinação de esgoto nos corpos hídricos é a possível adição de metais, que contaminam o sistema aquático e a cadeia alimentar ao se bioacumularem nos organismos. Os efluentes domésticos podem contribuir com a adição de cromo, cobre, manganês (essenciais aos seres vivos) e níquel (não essencial). O cromo nos seres humanos é cofator da insulina, porém sua forma hexavalente é tóxica; o cobre é essencial em pequenas quantidades e seu excesso pode causar imunodeficiência, e o manganês pode provocar doenças degenerativas. O níquel é um metal com efeito carcinogênico, causando problemas respiratórios e dérmicos (MARIANI, 2006).

2.3 Técnica de tratamento de água cinza para o reuso no semiárido brasileiro

No ambiente doméstico, diversos tipos água residuária são geradas: água amarela é a água derivada de mictórios e vasos sanitários que possuem coleta de fezes e urina em compartimentos separados; água negra é a proveniente de vasos sanitários, contendo material fecal; e água cinza é definida como a água residuária residencial proveniente de lavatórios, chuveiros, pias, máquinas de lavar e outras, com exceção do vaso sanitário, portanto sua contaminação por material fecal é bastante reduzida em relação à água negra (GONÇALVES, 2011). Segundo Teodoro et al. (2017), a composição e o volume da água cinza são altamente variáveis, pois dependem de padrões sanitários e de condições específicas de vida dentro de um lar, como a idade dos residentes, tamanho da família, hábitos alimentares e tipos de detergentes usados. Na Tabela 2, estão apresentadas características físico-químicas e microbiológicas de amostras de água cinza bruta e tratada, conforme apresentado no trabalho de Benami; Gillor; Gross (2015).

Tabela 2. Valor médio e desvio padrão de características físico-químicas e microbiológicas de nove amostras de água cinza bruta e tratada.

Características	Tipos de água cinza	
	Bruta	Tratada
Turbidez (UNT)	68,9±51,1	11,4±16,9
Sólidos suspensos totais (mg L ⁻¹)	85,0±55,6	6,5±7,4
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	122,8±34,4	3,2±2,3
DQO (mg L ⁻¹)	184,3±116,0	40,5±37,5
P _{total} (mg L ⁻¹)	2,7±2,1	2,1±1,8
N _{total} (mg L ⁻¹)	25,0±8,2	17,3±8,4
B _{total}	0,4±0,1	0,4±0,1
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	1,1±0,2	0,9±0,2
pH	8,3±0,8	8±0,5
Surfactantes (mg L ⁻¹)	0,4±0,4	1,8±1,5
Coliformes fecais (NMP 100 mL ⁻¹)	55,5±6,3	5141,8±6.8

Nota: DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO – Demanda Química de Oxigênio; e NMP – Número Mais Provável. Fonte: Benami, Gillor e Gross (2015).

Portanto, mesmo com fins não potáveis, a água cinza precisa passar por tratamento antes de sua utilização ou armazenamento de forma a garantir o bem-estar social e ambiental.

No trabalho desenvolvido por Feitosa (2016) foi proposto e monitorado um modelo de miniestação para tratamento e uso agrícola de água cinza dimensionada para operar nas condições do semiárido Potiguar. Esta era composta por um tanque de equalização, para homogeneizar a composição dos tipos de água cinza gerada na residência; um tanque séptico com duas câmaras, para sedimentação e digestão do lodo, bem como a remoção de óleos e graxas; e um filtro preenchido com brita nº 1, carvão vegetal e fibra de coco mais palha de carnaúba pensadas a $16,35 \text{ kN m}^{-2}$, com a finalidade de remover sólidos suspensos totais capazes de causar obstruções de emissores em sistemas de irrigação localizada. Os resultados do monitoramento indicaram que este modelo de miniestação atendeu à maioria dos padrões estabelecidos para reuso agrícola, exceto em relação aos níveis populacionais de *Eschericia Coli*. O referido autor, por fim, recomenda que o efluente necessite passar por uma etapa complementar de desinfecção, com vistas ao atendimento dos padrões microbiológicos exigidos pela legislação.

2.4 Efeitos da aplicação de água residuária de diversas fontes na produção de forrageiras

Experimentos mostram que a utilização da água residuária na agricultura apresenta-se vantajosa por fornecer, além da água, nutrientes para a cultura, melhorando também as propriedades físico-químicas e fertilidade do solo (ELFANSSI et al., 2018). O aumento na produção de biomassa é um dos principais objetivos da adubação de forrageiras, além de melhora na qualidade nutricional e bromatológica da forragem para a alimentação animal.

Ao pesquisar o milheto, Moreira (2013) identificou que as maiores biomassas foram obtidas com as maiores doses de aplicação de biofertilizante de suíno, assemelhando-se à adubação mineral, além de fornecer macro e micronutrientes para a cultura. Na Tabela 3, estão apresentados os teores de macro e micronutrientes presentes nas folhas de milheto fertirrigado com doses de biofertilizante de suíno.

Tabela 3. Teores de macro e micronutrientes de folhas de milho fertirrigado com doses de biofertilizante de suíno (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹				
16,5	2,3	17,4	3,4	1,8	11,6	89	25	10,3

Fonte: Adaptado de Moreira (2013).

Estudo utilizando água residuária de bovinocultura para fertirrigar tifton 85 e aveia preta proporcionou bom rendimento de matéria seca e aumento do teor de proteína bruta, conforme evidenciado na Tabela 4, apresentada por Erthal et al. (2010), evidenciando a viabilidade de uso da água residuária na substituição parcial ou total da adubação mineral.

Tabela 4. Teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) de tifton 85 e aveia preta irrigados com água residuária de bovinocultura (ARB).

Tifton 85	Testemunha	100% ARB	Aveia Preta	Testemunha	100% ARB
MS (Mg ha⁻¹)	11,1 ^{NS}	9,98 ^{NS}	MS (Mg ha⁻¹)	2,38 ^{NS}	2,86 ^{NS}
PB (g ha⁻¹)	104,5*	147,5*	PB (g ha⁻¹)	63,6*	111,2*

Nota: Valores seguidos de asterisco na linha diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade da testemunha, pelo teste de Dunnett. Fonte: Adaptado de Erthal et al. (2010).

Serafim (2010) identificou que o aumento nas doses de adubação utilizando água residuária de suinocultura provocou aumento no teor de proteína bruta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, redução nos teores de matéria seca e fibras em detergente neutro e ácido, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu fertirrigada com água residuária de suinocultura.

Doses (m³)	MS(%)	PB(%)	FDN	FDA
0	35,51*	8,43*	66,65*	32,72*
600	29,75*	14,39*	60,75*	28,8*

Nota: Valores seguidos de asterisco na linha diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade da testemunha, pelo teste de Tukey. Fonte: Adaptado de Serafim (2010).

Outro estudo realizado com cana-de-açúcar irrigada por gotejamento mostrou que a demanda por adubação nitrogenada pode ser reduzida nos cultivos de primeira e segunda socas mediante utilização de efluente de estação de tratamento de esgoto (DEON et al., 2010).

Utilizando água residuária de diferentes fontes para a irrigação de girassol e milho, Shilpi et al. (2018) identificaram potencial para uso como adubo líquido, potencializando o crescimento das culturas, porém com possíveis efeitos negativos ao solo e à planta, devido à presença de elementos tóxicos e/ou alta condutividade elétrica, tornando-se necessárias diluições para minimizar os efeitos negativos.

O reuso de água se mostra eficiente na agricultura ao substituir em parte o uso de fertilizantes, minimizando os custos de produção, porém seu uso irracional pode acarretar problemas ao meio ambiente, devendo-se estudar formas de aplicação da água residuária na agricultura de forma a aproveitar seus benefícios, minimizando seu potencial poluidor.

2.5 Uso de diluições de águas residuárias domésticas na produção agrícola

Em longo prazo, o uso de água residuária pode promover o acúmulo de sais e metais pesados no solo, ao ponto de prejudicar a o desenvolvimento e produção da cultura (RUSAN et al., 2007).

Brito et al. (2014) utilizaram em seu experimento quatro diluições de água residuária doméstica para a irrigação de arroz vermelho, justificadas pela necessidade de identificar o melhor manejo da irrigação de forma a minimizar problemas de salinização do solo, obtendo aumento no teor dos nutrientes em resposta ao aumento da dose de água residuária nos tratamentos, conforme evidenciado na Tabela 6.

Tabela 6. Teor de nutrientes em plantas de Arroz vermelho irrigado com água residuária doméstica (ARD).

Doses	N	P	K	Ca	Mg	Na
	g kg ⁻¹					
0% ARD	11,37	0,1	8,0	1,94	1,64	0,15
100% ARD	~31,7	0,3	15,7	2,8	2,8	0,5

Fonte: Adaptado de Brito et al. (2014).

A diluição da água residuária é recomendada para que se minimizem os possíveis impactos ambientais no longo prazo de aplicação. Um estudo realizado em Mossoró-RN avaliou os efeitos da irrigação de algodão com diferentes diluições de esgoto doméstico em dois tipos de solo. Ao fim do experimento, observou-se que ambos os solos apresentaram considerável aumento no teor de sódio, altamente prejudicial à estruturação do solo, dispersando as partículas e reduzindo sua permeabilidade (ANDRADE FILHO et al., 2013).

Apesar de a água cinza não conter nível de metais pesados relevante em comparação com outros tipos de água residuária, de forma a reduzir os riscos ao solo, Mzini; Winter (2015) recomendam sua diluição em água limpa para a redução desse conteúdo, melhorando, assim, a qualidade da água para fins de irrigação.

2.6 Milheto

A cultura do milheto (*Pennisetum glaucum* L.) tem origem africana. Apesar de três quartos da produção mundial do milheto estarem concentradas em cinco países (Índia - 34%, Nigéria - 24%, Níger - 9%, China - 6% e Burkina Faso - 4%), a África possui cerca de metade da área plantada com a cultura no mundo. Esta planta apresenta adaptação a condições adversas de clima e solo e certa rusticidade, como baixa demanda hídrica e adaptabilidade a solos nutricionalmente pobres, pois seu sistema radicular pode aprofundar-se bastante na busca de nutrientes, além de apresentar boa capacidade produtiva de forragem e ciclo curto, em torno de 60 a 90 dias (EMBRAPA, 2010).

Nas regiões áridas a semiáridas, que apresentam solos muitas vezes degradados, além de poder ser utilizado na recuperação dos solos dessas regiões, melhorando sua estrutura e reduzindo problemas de compactação com suas raízes vigorosas (MENEZES JUNIOR et al., 2010), o milheto apresenta-se como uma alternativa para a alimentação animal, uma vez que tem alto valor nutritivo, boa produção de grãos e forragem, responde bem a fertilização e possui crescimento rápido, sendo muito utilizado na produção de silagens.

O milheto é uma cultura vantajosa não somente por sua adaptabilidade a diversos ambientes, como também do ponto de vista econômico, sendo de manejo mais acessível do que o de outras culturas. De acordo com Silva (2014), para o nível

de produtividade de 7,1t ha⁻¹, as exigências nutricionais de nitrogênio, fósforo e potássio do milho são de 122, 16 e 24 kg t⁻¹ de grãos, respectivamente.

Tabela 7. Teores adequados de macro e micronutrientes em folhas de milho cv. BN2.

N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Na	Zn
g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹								
34	2,7	38	5	5	16	376	99	70	27

Fonte: Adaptado de Pereira Filho et al. (2003).

O teor de proteína bruta do milho é de 24%, podendo ser de 27 a 32% superior ao do milho, palatabilidade e digestibilidade entre 60 e 78%, podendo assemelhar-se à digestibilidade do milho ao ser colhido na fase de grãos pastosos (SILVA, 2014). Segundo Prado (2008) e Embrapa (2010), quando comparado com milho e sorgo, o milho demanda temperaturas mais elevadas em seu processo de germinação, porém apresenta menor demanda hídrica, consumindo cerca de 300g de água para produzir 1g de matéria seca, aproximadamente 20% menos do que o necessário à produção de milho.

2.7 Legislação aplicada ao reuso da água no semiárido brasileiro

O Brasil é o maior depositário natural de águas doces do planeta, porém a qualidade da água é comprometida pelo desmatamento, poluição, agricultura e indústria. O desperdício da água é muito notado individualmente em comércios e residências e o reuso apresenta-se como uma das soluções para mitigação da escassez hídrica, uma vez que, após passar por tratamento, a água pode ser novamente utilizada com fins não potáveis (AUGUSTO et al., 2012).

No que se refere ao reuso da água na região semiárida do Brasil, tem-se a Resolução COEMA nº 2, de fevereiro de 2017, do Estado do Ceará, que dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002 (CEARÁ, 2017). No Art. 4º da referida resolução, adotam-se as seguintes definições de grande importância para a área de reuso:

a) Disposição no solo: tipo de disposição de efluentes tratados localizados em áreas não dotadas de corpo hídrico receptor, bem como provenientes de tratamentos alternativos, com disposição controlada;

b) Reuso direto de água: uso planejado de água de reuso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;

c) Reuso externo: é o uso de efluentes tratados provenientes das estações administradas por prestadores de serviços de saneamento básico ou terceiros, cujas características permitam sua utilização;

d) Reuso interno: é o uso interno de água de reuso proveniente de atividades realizadas no próprio empreendimento;

e) Efluentes sanitários: denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcelas de efluentes industriais e efluentes não domésticos;

f) Efluentes tratados: efluentes submetidos a um tratamento parcial ou completo, com a finalidade de conseguir a remoção de substâncias indesejáveis e a estabilização da matéria orgânica;

No Artigo 37 do capítulo III da Resolução COEMA nº 02/2017 (CEARÁ, 2017), estão apresentadas as modalidades de reuso da água para o Estado do Ceará:

a) Reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate de incêndio dentro da área urbana;

b) Reuso para fins agrícolas e florestais: Aplicação de águas de reuso para a produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

c) Reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para a implantação de projetos de recuperação do meio ambiente; e

d) Reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou para o cultivo de vegetais aquáticos.

Nos Artigos 38 a 41 da Resolução COEMA nº 02/2017 (CEARÁ, 2017), resumidos na Tabela 8, estão apresentados as condições e os padrões de reuso para as modalidades previstas no Artigo 37.

Tabela 8. Condições e padrões de modalidades de reuso da água para o Estado do Ceará.

Finalidade do reuso	Artigo	Parâmetros	Valor
Urbano	38	Coliformes termotolerantes	Até 5000 100 mL ⁻¹
		Ovos helmintos	Até 1 ovo L ⁻¹
		Condutividade elétrica	Até 3,0 dS m ⁻¹
		pH	Entre 6,0 e 8,5
Irrigação paisagística	38 Parag. Único	Coliformes termotolerantes	Até 1000 100 mL ⁻¹
		Ovos helmintos	Até 1ovo L ⁻¹
		Condutividade elétrica	Até 3,0 dS m ⁻¹
		pH	Entre 6,0 e 8,5
Agrícola e Florestal	39	Coliformes Termotolerantes	Culturas consumidas cruas com parte consumida em direto com a água de irrigação Não detectado
			Demais culturas Até 1000 100 mL ⁻¹
		Ovos de helmintos	Culturas consumidas cruas com parte consumida em direto com a água de irrigação Não detectado
			Demais culturas Até 1ovo L ⁻¹
			Condutividade elétrica Até 3,0 dS m ⁻¹
			pH Entre 6,0 e 8,5
			Razão de adsorção de sódio (15 mmolcL ⁻¹) ^{0,5}
Ambiental	40	Coliformes termotolerantes	Até 10.000 100 mL ⁻¹
		Ovos helmintos	Até 1 ovo L ⁻¹
		Condutividade elétrica	Até 3,0 dS m ⁻¹
		pH	Entre 6,0 e 8,5
Aquicultura	41	Coliformes termotolerantes	Até 1000 100 mL ⁻¹
		Ovos helmintos	Não Detectado
		Condutividade elétrica	Até 3,0 dS m ⁻¹
		pH	Entre 6,0 e 8,0
		Temperatura	Até 40°C

Fonte: Adaptado da Resolução COEMA nº 02/2017 (CEARÁ, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O experimento foi conduzido de agosto a novembro de 2017, em casa de vegetação do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais (DCAF), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, latitude 5°12'04"S e longitude 37°19'38"O.

A casa de vegetação apresentava cobertura de polietileno tratada contra a ação de raios ultravioleta, paredes com tela antiafídica e rodapé de 0,3 m em concreto (Figura 2).

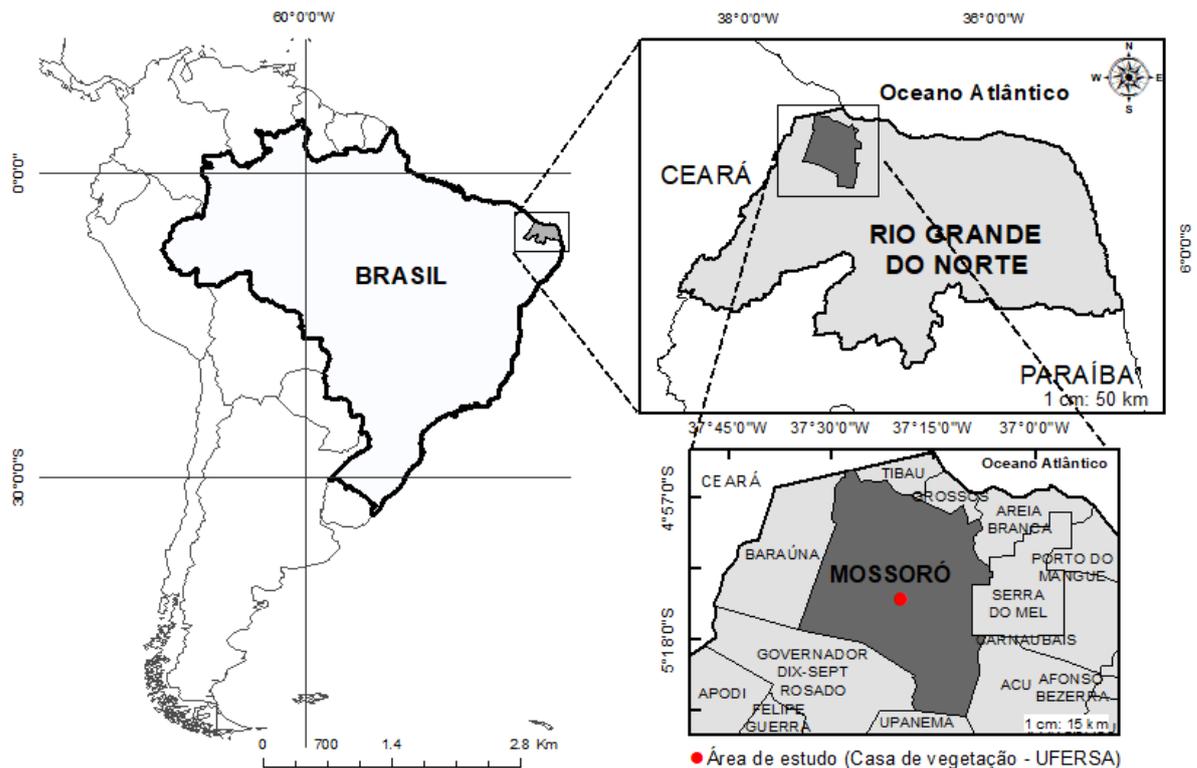


Figura 2. Localização da casa de vegetação utilizada no experimento, pertencente ao DCAF/CCA/UFERSA, Mossoró - RN. Fonte: Autoria própria (2018) e elaborada no QGIS.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado como BSh, que consiste em um clima de interior, semiárido, quente e seco, com baixas altitudes e latitudes, precipitação pluviométrica anual média inferior a

673,9 mm, temperatura anual média maior que 26,5°C e velocidade média do vento de 3,32 m s⁻¹ (DIAS et al., 2010; ALVARES et al., 2013; MORAIS et al., 2014).

3.2 Delineamento experimental e condução

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e seis repetições (5 x 6), totalizando 30 parcelas. Os tratamentos, ilustrados na Figura 3, foram os seguintes:

- T1 - Totalmente irrigado com água de abastecimento;
- T2 - 75% de água de abastecimento mais 25% de água cinza tratada;
- T3 - 50% de água de abastecimento mais 50% de água cinza tratada;
- T4 - 25% de água de abastecimento mais 75% de água cinza tratada; e
- T5 - Totalmente irrigado com água cinza tratada.

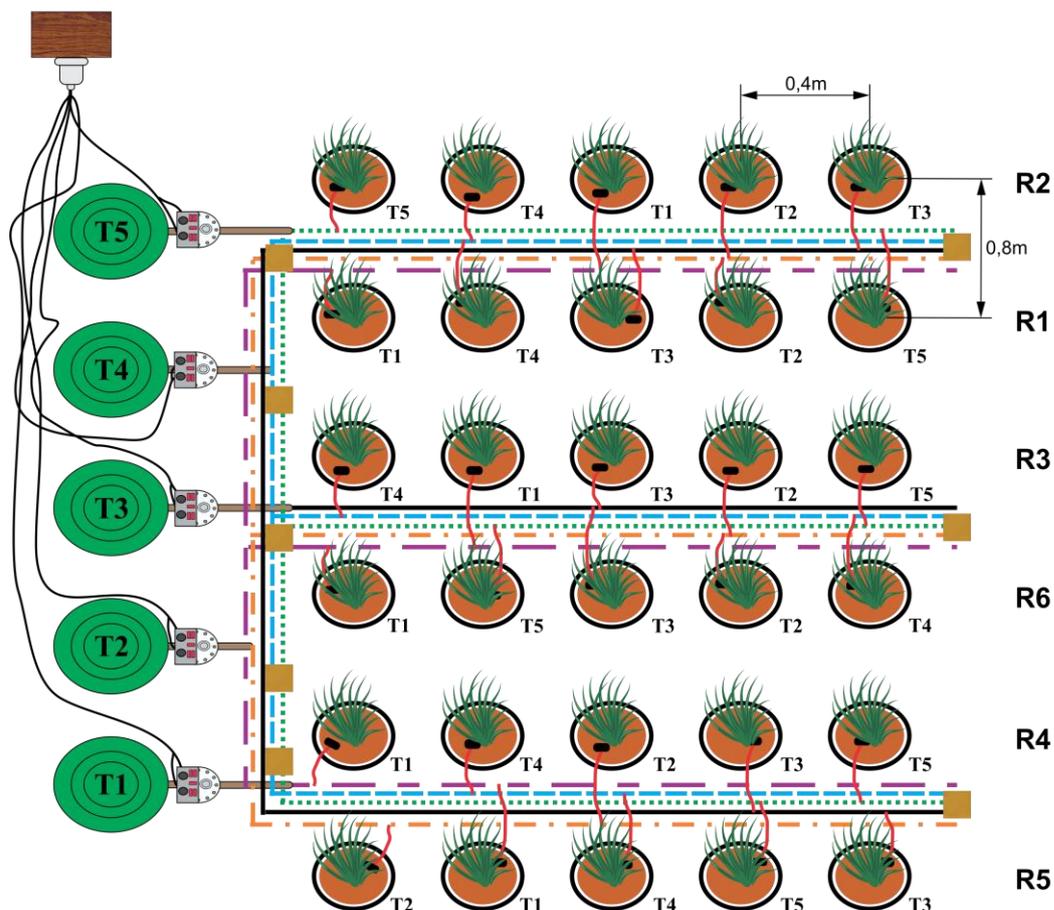


Figura 3. Croqui da área experimental cultivada com milho e irrigada com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento. Fonte: Autoria própria (2018).

Nota: T1 – 100% = água de abastecimento; T2 – 25% água cinza + 75% água de abastecimento; T3 – 50% água cinza + 50% água de abastecimento; T4 – 75% água cinza + 25% água de abastecimento; T5 – 100% água cinza; R1, R2, R3, R4, R5, R6 – repetições.

Os vasos espaçados de 0,8 m entre fileiras e 0,4 m dentro da fileira foram preenchidos com uma camada de 10 cm de brita e completados com material de solo Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013), coletado na fazenda experimental Rafael Fernandes da UFERSA. Na Tabela 9, estão apresentados os atributos físico-químicos do solo utilizado no preenchimento dos vasos, antes da aplicação das diluições de água cinza tratada, determinados com base na metodologia da Embrapa (2011).

Tabela 9. Atributos químicos do Argissolo vermelho amarelo utilizado no preenchimento dos vasos, antes da aplicação das diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.

Camada	pH	CE	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	CTC	V	PST
m		dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³					%			
0-0,2	6,1	0,41	3,31	1,9	26,9	4,7	1,1	0,7	0	1,49	1,89	1,89	3,37	56	1
0,2-0,4	4,8	0,03	2,07	1,7	26,9	4,7	0,4	1	0,15	1,98	1,49	1,64	3,47	43	1

Nota: pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; MO – matéria orgânica; P – fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - alumínio; H+Al – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade efetiva de troca de cátions; CTC – capacidade de troca de cátions; V – saturação por bases; PST – percentual de sódio trocável.

Fonte: Autoria própria (2018).

O plantio de milho (cultivar ceará) foi realizado no dia 12 de agosto de 2017, diretamente nos vasos de 25 l com quatro covas de 2 cm de profundidade por vaso, 6 sementes por cova. As sementes utilizadas foram da cultivar Ceará, obtidas na cidade Felipe Guerra – RN, por ser a cultivar mais utilizada na região.

As diluições da água cinza em água de abastecimento foram realizadas para a redução da concentração de sais de forma que a condutividade elétrica seja inferior ao limite de 3,0 dS m⁻¹ da Resolução COEMA nº 2/2017 (CEARÁ, 2017) para reuso agrícola e florestal.

3.3 Origem da água cinza e da água de abastecimento utilizadas no experimento

Na irrigação do milho cultivado em vasos, foram utilizadas diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.

A água cinza tratada foi proveniente da estação de tratamento instalada em uma residência do Projeto de Assentamento Monte Alegre I, localizado em Upanema-RN, latitude 5°30'13,06"S e longitude 37°27'23,27"O.

A residência é ocupada por cinco pessoas e tem produção média de 546 l de água cinza por dia (FEITOSA, 2016), que é utilizada para reuso agrícola. A cada 15 dias, a água cinza tratada era bombeada da estação da residência, sendo posteriormente acondicionada em um reservatório de 1.000 litros e transportada à casa de vegetação do CCA/UFERSA.

A estação de tratamento de água cinza consiste de uma caixa de inspeção, um tanque séptico, um filtro orgânico (fibra de coco e palha de carnaúba triturada) e um reservatório de efluente (Figura 4).

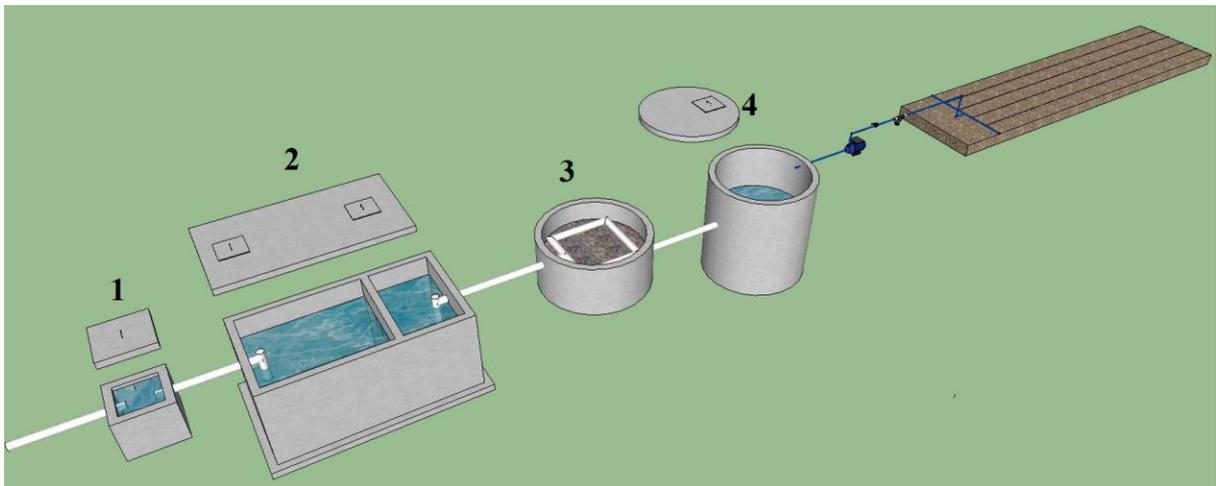


Figura 4. Esquema da estação de tratamento de água cinza destacando o tanque de equalização, tanque séptico, filtro orgânico e reservatório. Fonte: Autoria própria (2018) e elaborada no Google SketchUp Free (2012).

Por sua vez, a água de abastecimento foi proveniente da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

3.4 Manejo da irrigação

A irrigação nos primeiros 20 dias foi feita com água de abastecimento para evitar problemas de germinação e estabelecimento pela salinidade da água cinza. A irrigação foi realizada por microtubos com vazão de 8,5 l h⁻¹, sendo aplicada, diariamente, a lâmina necessária para que o solo permanecesse em sua capacidade de campo. A água dos tratamentos foi armazenada em reservatórios de PVC de 60 L, contendo um reservatório para cada tratamento e o sistema contendo uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle autoventilada, modelo EBD250076 e linhas laterais de 16 mm.

A demanda hídrica do milho foi obtida utilizando-se coeficiente de ajuste sobre a evapotranspiração de referência (ET₀). A lâmina bruta de irrigação foi estimada por meio de um balanço hídrico, em que a entrada de água foi a irrigação e a saída, a evapotranspiração da cultura (ET_c) (Tabela 10).

Tabela 10. Volume de diluições acumuladas em litros no período de 65 dias de aplicação das diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.

Tratamentos	AC	AA	Total (L)
T1	0,00	159,43	159,43
T2	22,92	136,50	159,43
T3	45,84	113,58	159,43
T4	68,77	90,66	159,43
T5	91,69	67,73	159,43

Nota: T1- 100% água de abastecimento; T2 – 75% água de abastecimento mais 25% água cinza tratada; T3 – 50% água de abastecimento mais 50% água cinza tratada; T4 – 25% água de abastecimento mais 75% água cinza tratada; T5 – 100% água cinza tratada. Fonte: Autoria própria (2018).

Utilizou-se a Equação 1, proposta por Doorenbos; Pruitt (1977), modificada por Mantovani; Costa (1998), para se estimar a ET_c:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \quad (1)$$

Em que:

ET_c - evapotranspiração da cultura, em mm d⁻¹;

ET₀ - evapotranspiração de referência, em mm d⁻¹; e

K_c - coeficiente de cultura, adimensional.

A necessidade hídrica do milho foi estimada com base na evapotranspiração de referência, empregando-se a equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006), descrita na Equação 2.

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (2)$$

Em que:

ET_0 - Evapotranspiração de referência, em mm d^{-1} ;

R_n - Saldo de radiação à superfície, em $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$;

G - Fluxo de calor no solo, em $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$;

T - Temperatura do ar a 2 m de altura, em $^{\circ}\text{C}$;

U_2 - Velocidade do vento à altura de 2 m, em m s^{-1} ;

e_s - Pressão de saturação de vapor, em kPa;

e_a - Pressão de vapor atual do ar, em kPa;

$(e_s - e_a)$ - Déficit de pressão de vapor, em kPa;

Δ - Declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$; e

γ - Constante psicrométrica, em $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Foram monitoradas quinzenalmente durante o período experimental, dentro da casa de vegetação vizinha, distanciada de 5m, as variáveis climáticas temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa do ar e velocidade do vento através de estação meteorológica automática ONSET, com sistema Data Logger para aquisição dos dados. Os dados de E_{to} foram calculados de acordo com a equação de Penman-Monteith (Figura 5).

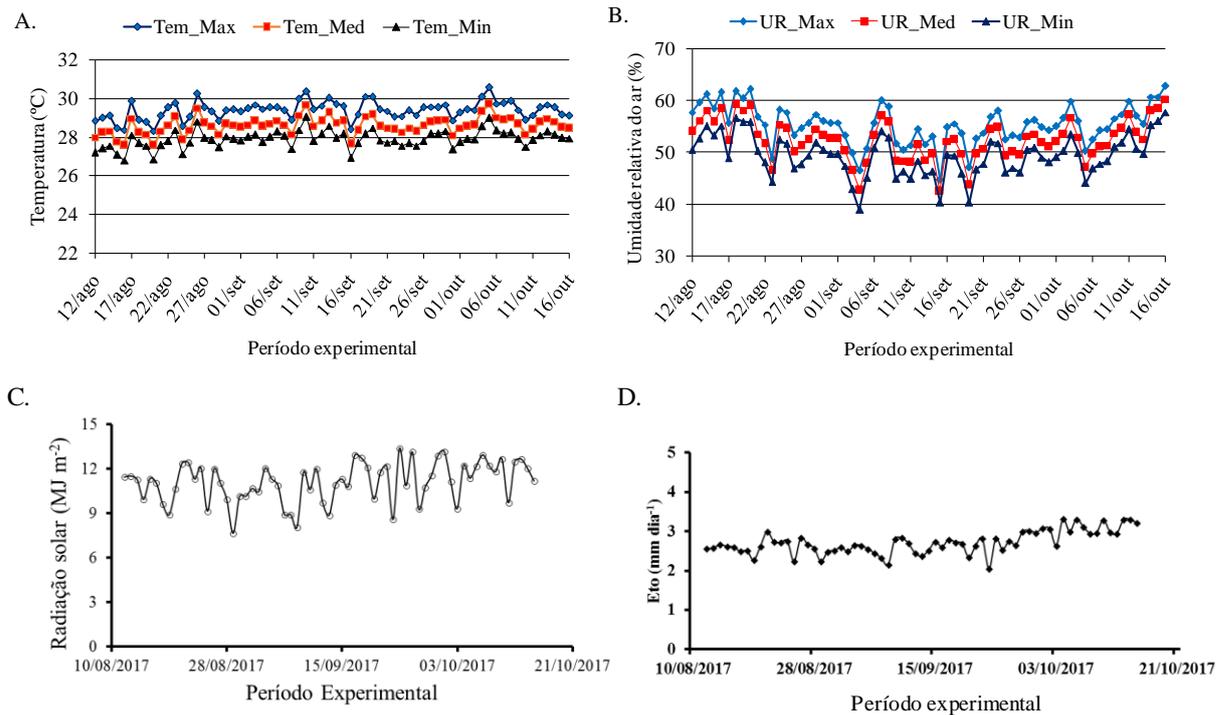


Figura 5. Valores de temperatura (A), umidade relativa do ar (B), radiação solar (C) e evapotranspiração de referência - Eto (D) obtidos na estação meteorológica da casa de vegetação durante o experimento. Fonte: Autoria própria (2018).

As plantas foram colhidas manualmente aos 65 dias após o plantio, ocasião em que se mensurou a altura a partir do colo da planta, peso fresco da parte aérea e, em seguida, o material coletado foi seco em estufa com circulação de ar forçada na temperatura de 65°C até massa constante e novamente pesada para a obtenção de matéria pré-seca. Em seguida, o material foi moído em moinho tipo Willey e acondicionado em sacos plásticos para serem submetidos às análises laboratoriais de nutrição e bromatologia.

3.5 Determinação das características produtivas e morfométricas do milho

Após o início dos tratamentos, foram realizadas semanalmente análises não destrutivas de crescimento, analisando-se as variáveis altura, número de folhas e de perfilhos, número e comprimento das panículas. Ao final do ciclo, foram analisados: produtividade, altura, número de folhas e de perfilhos, diâmetro de colo e número e comprimento das panículas, massa fresca e massa seca.

3.6 Determinação das características nutricionais e bromatológicas do milho

Para a determinação da nutrição mineral da planta, foram determinados os teores de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldhal; fósforo (P) por espectrofotometria; sódio (Na) e potássio (K) por fotometria de emissão de chama; cálcio (Ca), magnésio (Mg); ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) por espectrofotometria de absorção atômica, conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

A qualidade bromatológica da forragem foi determinada de acordo com metodologia descrita por Silva; Queiroz (2002), identificando os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibras em detergentes neutro (FDN) e ácido (FDA) e cinzas (CIN), nitrogênio insolúvel (NIDA), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), pela metodologia de Detmann et al. (2012).

3.7 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância com teste F a 5% de probabilidade pelo programa SISVAR (Sistemas para Análises de Variância), desenvolvido por Ferreira (2011), realizando teste de Tukey para a comparação de médias também a 5% de probabilidade e análise de regressão com o auxílio do Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização físico-química das águas cinza e de abastecimento

Na Tabela 11, está apresentada a caracterização físico-química da água cinza tratada e da água de abastecimento, durante o período experimental, que deram origem às cinco diluições utilizadas no presente trabalho.

Tabela 11. Atributos físico-químicos da água de abastecimento-AA e da água cinza tratada-ACT e respectivos valores médios e desvios padrão (DP).

	21/08/2017		21/09/2017		16/10/2017		AA	ACT
	AA	ACT	AA	ACT	AA	ACT	MÉDIA±DP	MÉDIA±DP
Al (mg L ⁻¹)	0,213	0,125	0,084	0,099	0,053	0,133	0,117±0,085	0,119±0,018
As (mg L ⁻¹)	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0±0	0,000±0,000
B (mg L ⁻¹)	0,512	0,366	0,415	0,244	0,350	0,412	0,426±0,082	0,341±0,087
Ba (mg L ⁻¹)	1,841	1,948	2,632	2,281	2,323	1,868	2,265±0,399	2,032±0,219
Cr (mg L ⁻¹)	0,064	0,105	0,012	0,000	0,013	0,004	0,030±0,030	0,036±0,060
Cu (mg L ⁻¹)	0,006	0,039	0,088	0,08	0,088	0,088	0,061±0,047	0,069±0,026
Mn (mg L ⁻¹)	0,029	0,377	0,062	0,177	0,061	0,124	0,051±0,019	0,226±0,133
Fe (mg L ⁻¹)	0,03	1,404	0,087	0,498	0,094	0,471	0,070±0,035	0,791±0,531
Ni (mg L ⁻¹)	0,081	0,053	0,012	0,000	0,015	0,028	0,036±0,039	0,027±0,027
Cd (mg L ⁻¹)	0	0	0,018	0,006	0,020	0,025	0,013±0,011	0,010±0,013
Pb (mg L ⁻¹)	0,06	0,049	0,002	0,043	0,001	0,04	0,021±0,034	0,044±0,005
Zn (mg L ⁻¹)	0,018	0,291	0,031	0,076	0,034	0,076	0,028±0,009	0,148±0,124
pH	7,1	7,5	7,12	7,59	7,05	7,97	7,090±0,030	7,693±0,242
CE (dS m ⁻¹)	0,5	1,4	0,42	1,33	0,52	1,70	0,467±0,050	1,477±0,197
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,2	1,3	0,21	1,08	0,20	1,34	0,209±0,008	1,246±0,144
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	5,4	8,2	3,75	6,22	3,50	10,89	4,202±1,008	8,431±2,345
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,5	3,3	0,55	4,8	0,67	1,84	0,586±0,073	3,280±1,455
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,3	2,1	0,20	0,86	0,43	4,98	0,322±0,116	2,638±2,117
Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	2,9	8,5	1,20	5,40	2,00	6,40	2,022±0,834	6,778±1,600
CO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	0,0	0,0	0,20	0,40	0,20	0,50	0,133±0,115	0,300±0,265
HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	2,6	7,8	1,30	2,60	2,50	7,50	2,144±0,734	5,967±2,919
N (mg L ⁻¹)				40,43		34,56		37,49±2,940
P (mg L ⁻¹)				4,74		2,54		3,640±1,100

Fonte: Autoria própria (2018).

Segundo Almeida (2010), os valores de pH encontram-se dentro da faixa estabelecida nas diretrizes como normal (pH entre 6,5 e 8,4), a condutividade elétrica variando de 0,417 a 1,674 dS m⁻¹ (Tabela 10) encontra-se abaixo do limite

de 3 dS m⁻¹, estabelecido para reuso de água em cultivos agrícolas (CEARÁ, 2017), não se fazendo necessária sua diluição. As características cálcio, magnésio e potássio apresentaram valores médios de 1,933 mmolc L⁻¹, 1,48 mmolc L⁻¹ e 0,727 mmolc L⁻¹ (Tabela 10), respectivamente, sendo que os teores da água para irrigação devem estar entre 0 e 20 mmolc L⁻¹ para o cálcio, entre 0 e 5 mmolc L⁻¹ para o magnésio e entre 0 e 0,05 mmolc L⁻¹ para potássio, apresentando valores médios típicos para o elemento na água de irrigação.

A concentração média de cloreto, carbonato e bicarbonato presente na água cinza e de poço atendem às recomendações propostas por Almeida (2010), que descreve que a água para irrigação deve apresentar teor de cloreto entre 0 e 30 mmolc L⁻¹, carbonato entre 0 e 0,1 mmolc L⁻¹ e bicarbonato 0 e 10 mmolc L⁻¹, de maneira que os valores de ambas as águas para o teor de carbonato estão acima dos valores propostos. Para o teor de bicarbonato, a média encontrada de 4,05 mmolc L⁻¹ atende aos limites propostos. Elevadas concentrações de bicarbonato no efluente, junto à elevada taxa de evapotranspiração, favorecem o aumento da concentração do bicarbonato no solo e, conseqüentemente, do cálcio e magnésio (NSW, 2004).

Os valores limite de zinco e manganês para o lançamento direto do efluente tratado em corpo hídrico receptor são de 5,0 e 1,0 mg L⁻¹, respectivamente, segundo Brasil (2011). Sendo assim, os valores médios encontrados para tais elementos (0,08 mg L⁻¹ de zinco e 0,138 mg L⁻¹ de manganês indicados na Tabela 11) atendem ao padrão da legislação. O valor médio do ferro presente na água cinza (0,791 mg L⁻¹) apresentado na Tabela 11 indicou risco baixo de obstrução de gotejadores, pois encontra-se dentro da faixa de 0,2 a 1,5 mg L⁻¹ estabelecida por Nakayama et al. (2006).

As águas apresentam quantidade de metais pesados que não excedem 0,1 mg L⁻¹ (ALMEIDA, 2010). Para os teores de alumínio, as amostras apresentaram média 0,118 e desvio padrão de 0,051.

4.2 Crescimento e produção do milho

O uso de água cinza tratada na fertilização de milho afetou significativamente a massa fresca e seca da parte aérea, a altura das plantas, o número de folhas,

perfilhos e panículas, o diâmetro do colmo, bem como a massa fresca e seca das panículas não afetando apenas o comprimento da panícula (Tabela 12).

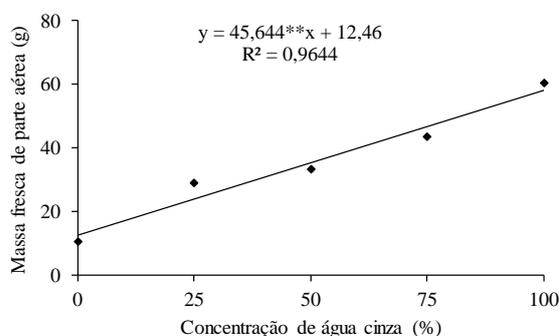
Tabela 12. Resumo da análise de variância da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), altura das plantas (ALT), número de folhas (NFT), perfilhos (NPER) e panículas (NPAN), diâmetro do colmo (DC), comprimento da panícula (COMPAN) e massa fresca (MFPAN) e massa seca da panícula (MSPAN) de milho produzido com água cinza tratada.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		MFPA	MSPA	ALT	NFT	NPER	
Água	4	2028,67**	251,99**	459,11**	545,86**	40,25**	
Blocos	5	124,47 ^{ns}	24,81*	187,88*	73,41 ^{ns}	3,59 ^{ns}	
Resíduo	20	81,02	8,33	56,60	33,78	1,83	
CV (%)		25,58	20,77	7,67	24,12	33,93	
		DC	NPAN	COMPAN	MFPAN	MSPAN	
Água	4	1,40**	43,80**	2,41 ^{ns}	173,37**	48,82**	
Blocos	5	8,75 ^{ns}	2,84 ^{ns}	1,97 ^{ns}	7,94 ^{ns}	8,78 ^{ns}	
Resíduo	20	0,28	3,02	2,12	14,72	3,59	
CV (%)		16,02	41,72	15,12	35,18	29,12	

^{ns}, *, ** não significativo, significativo a 5%, e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o teste F.

A irrigação com água cinza tratada incrementou a biomassa da parte aérea das plantas de milho em 570 e 450% de massas fresca e seca, respectivamente, quando se fertirrigou com apenas efluente de água cinza tratado em comparação às plantas do tratamento controle (Figura 6).

A.



B.

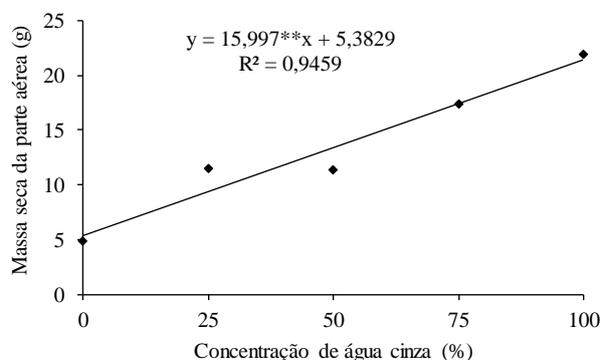


Figura 6. Massa fresca (A) e massa seca (B) de plantas de milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.

Os maiores teores de macronutrientes presentes no efluente em comparação aos teores encontrados na água de abastecimento favoreceram a produção de biomassa. Além disso, níveis de salinidade dentro do aceitável, apesar de a ACT ter o dobro de sódio da água de abastecimento e o triplo de cloro, além de baixos teores de metais pesados, que não provocaram impedimento na absorção desses íons pelas raízes (Almeida, 2010; COEMA, 2017).

O maior conteúdo de biomassa se deve às maiores altura, produção de folhas e produção de perfilhos nas plantas cultivadas com ACT. Kumar et al (1985) identificaram maior produção de biomassa de milho em vasos com a aplicação de 200 mg kg⁻¹ e 1 mg kg⁻¹ de nitrogênio e zinco, respectivamente.

A altura das plantas não diferiu significativamente até as primeiras quatro semanas após a semeadura. A partir da quinta semana, a altura das plantas irrigadas com ACT foi superior àquela das plantas irrigadas com água de abastecimento. Aos 60 dias após a semeadura, as plantas irrigadas com 100% ACT apresentaram altura média de 112,87 cm, ao passo que as plantas irrigadas com 100% de água de abastecimento apresentaram altura média de 92,04 cm (Figura 7A).

O número de folhas totais por planta aumentou na medida em que se incrementou a proporção de água cinza tratada na solução de fertirrigação. Essa variável apresentou diferença significativa a partir da terceira semana após a semeadura, com o tratamento com 100% de água cinza tratada obtendo maior número de folhas, com média de 53,67 folhas por planta, contra 14,09 folhas no tratamento controle, com 100% de água de abastecimento (Figura 7B).

Os perfilhos começaram a surgir a partir do início da aplicação dos tratamentos, observando diferença significativa entre os tratamentos a partir do 31º dia após a semeadura. O tratamento com 100% de água cinza tratada apresentou maior número de perfilhos, proporcionando maior produção de biomassa fresca, com média de 11,5 perfilhos contra média de 1,5 perfilho no tratamento controle (Figura 7C).

O diâmetro do colo da planta apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) entre os tratamentos, encontrando-se mais robusto no tratamento com 100% de água cinza tratada, com 3,63 mm contra 2,44 mm do tratamento controle, com crescimento de comportamento quadrático (Figura 7D).

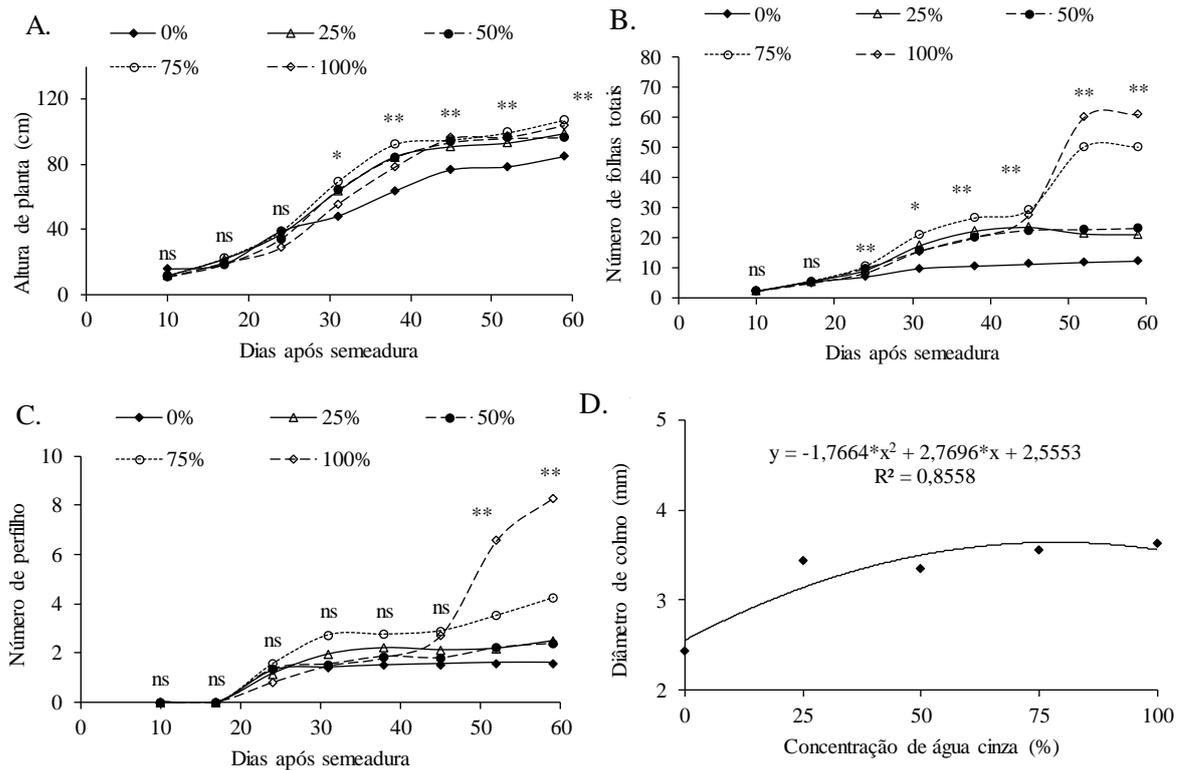


Figura 7. Altura de planta (A), número de folhas totais (B), número de perfilhos (C) e diâmetro do colmo (D) de milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.

Observou-se que na medida em que se aumentou a proporção de água cinza tratada na solução de fertirrigação, aumentou-se a altura, a emissão foliar e o perfilhamento das plantas, de forma que os maiores valores encontrados foram nas plantas fertilizadas com água cinza tratada apenas, sendo registrada altura 22,6% superior ao controle, emissão foliar 580% superior e perfilhamento 767% superior.

O aumento no número de folhas está associado ao aumento na altura e no número de perfilhos e esses, por sua vez, estão associados ao aumento de diâmetro do colmo e biomassa fresca, resultando no maior acúmulo de massa seca, mostrando a viabilidade da utilização da água cinza para a produção de forragem.

Dado que a irrigação com os tratamentos se iniciou no 20º dia, pode-se inferir que a diferenciação nas alturas teve grande influência dos tratamentos, assim como no número de folhas, que apresentou diferença significativa a partir do 24º dia e, mais tardiamente, a partir do 52º dia, observou-se aumento significativo no perfilhamento.

As panículas começaram a ser emitidas a partir da quinta semana. Com o aumento do número de perfilhos, possibilitou-se a emissão de mais panículas, observando-se diferença significativa a partir da sexta semana após a semeadura, com maior número de panículas o tratamento com 100% de água cinza tratada, com média de 8,46 panículas por planta contra 1,33 panícula no tratamento controle (Figura 8C).

Na medida em que se aumentou a proporção de água cinza tratada na solução, com o aumento do número de perfilhos, ocorreu também o aumento do número de panículas, que não apresentaram comprimentos significativamente diferentes com a aplicação dos tratamentos (Tabela 12). Com o maior número de panículas, observou-se também crescimento linear no teor de matéria seca e fresca de panículas (Figuras 8A e 8B).

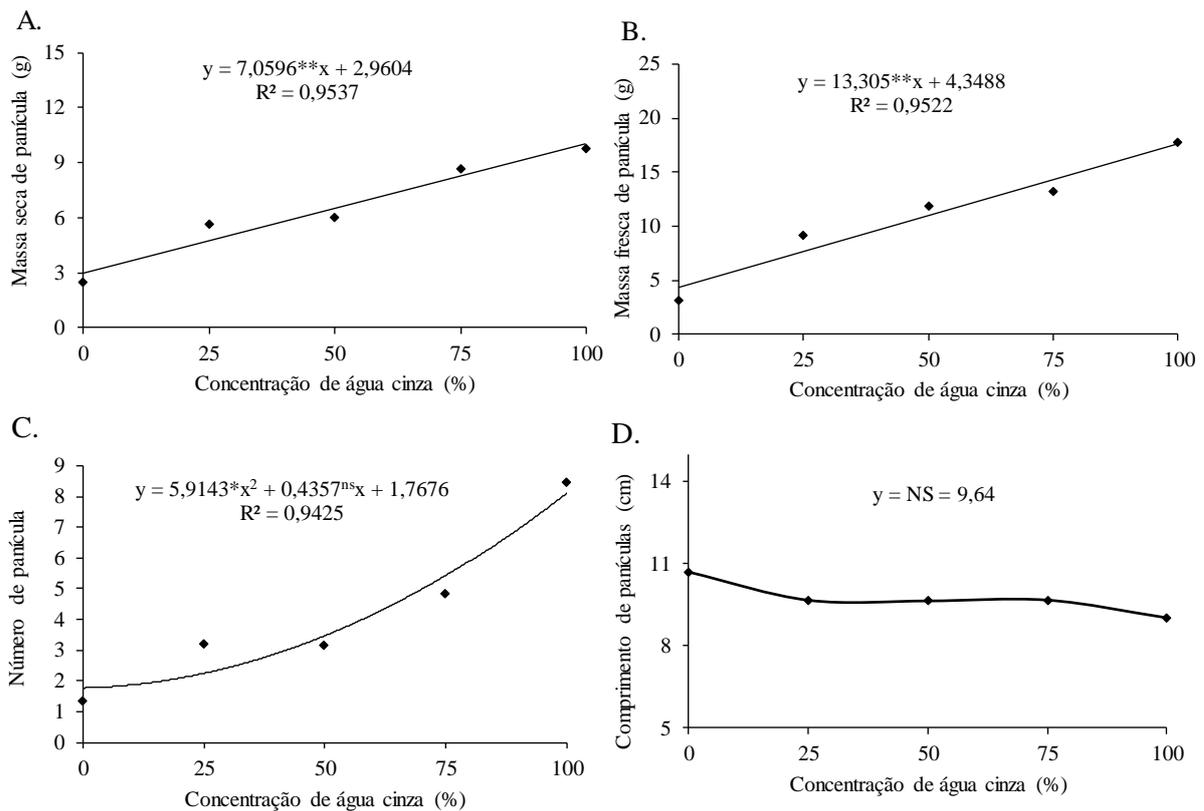


Figura 8. Massa seca (A) e massa fresca (B), número (C) e comprimento (D) de panículas de milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.

No experimento de Malafaia et al. (2015), o milho cultivado com adição de vermicompostos de lodo de curtume e irrigado com água residuária de origem doméstica favoreceu seu crescimento, apresentando aumento nos valores de altura e diâmetro caulinar. Abdoukader et al. (2015) também identificaram aumento na altura de *Panicum maximum* com a irrigação com água residuária tratada. No experimento de Lira (2016), com sorgo irrigado com água de esgoto doméstico tratado, observou-se aumento na altura de plantas, massa de folhas, diâmetro do colmo e biomassa com o aumento da concentração da água de esgoto tratado nas plantas de sorgos BRS 506, IPA 2502 e Ponta Negra, além de maior massa de panículas nas cultivares IPA e Ponta Negra, que não diferiram estatisticamente entre si.

4.3 Composição mineral do milheto

O teor de macronutrientes foi influenciado pelo fator proporções de efluente na solução de fertirrigação ($p < 0,05$). Os micronutrientes apresentaram diferença significativa nos teores de sódio, zinco e cobre, não se apresentando significativamente diferentes os teores de ferro e manganês (Tabela 13)

Tabela 13. Resumo da análise de variância para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, manganês, zinco e cobre de plantas de milheto com efluente de água cinza tratada diluída em água de abastecimento.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		N	P	K	Ca	Mg	
Água	4	99,15**	1,21**	396,26**	4,47**	5,71**	
Blocos	5	7,28 ^{ns}	2,29 ^{ns}	6,82 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,16 ^{ns}	
Resíduo	20	6,47	4,00	44,11	0,94	1,05	
CV (%)		18,31	42,60	23,94	32,22	29,50	
		Na	Fe	Mn	Zn	Cu	
Água	4	16892,04**	152,73 ^{ns}	189,69 ^{ns}	46,89**	45,07**	
Blocos	5	1239,74 ^{ns}	94,27 ^{ns}	64,94 ^{ns}	13,18 ^{ns}	1,73 ^{ns}	
Resíduo	20	1591,25	164,89	83,81	13,29	2,02	
CV (%)		12,75	17,98	28,38	20,98	33,13	

Nota. *, ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns não-significativo pelo teste F.

O teor de nitrogênio na planta aumentou com a concentração de água cinza tratada, sendo registrado menor (10,3 g kg⁻¹) e maior valor (20,7 g kg⁻¹) nos

tratamentos com apenas água de abastecimento e apenas água cinza tratada, respectivamente (Figura 9A). O potássio apresentou comportamento quadrático teve seu menor teor ($18,4 \text{ g kg}^{-1}$) no tratamento com 100% de água cinza tratada (Figura 9C); o fósforo apresentou comportamento parabólico, apresentando maior teor ($1,6 \text{ g kg}^{-1}$) no tratamento com 50% de água de abastecimento mais 50% de água cinza tratada (Figura 9B); e os nutrientes cálcio e magnésio apresentaram comportamento semelhante de redução de seu teor com o aumento da concentração de água cinza (Figura 9D e 9E).

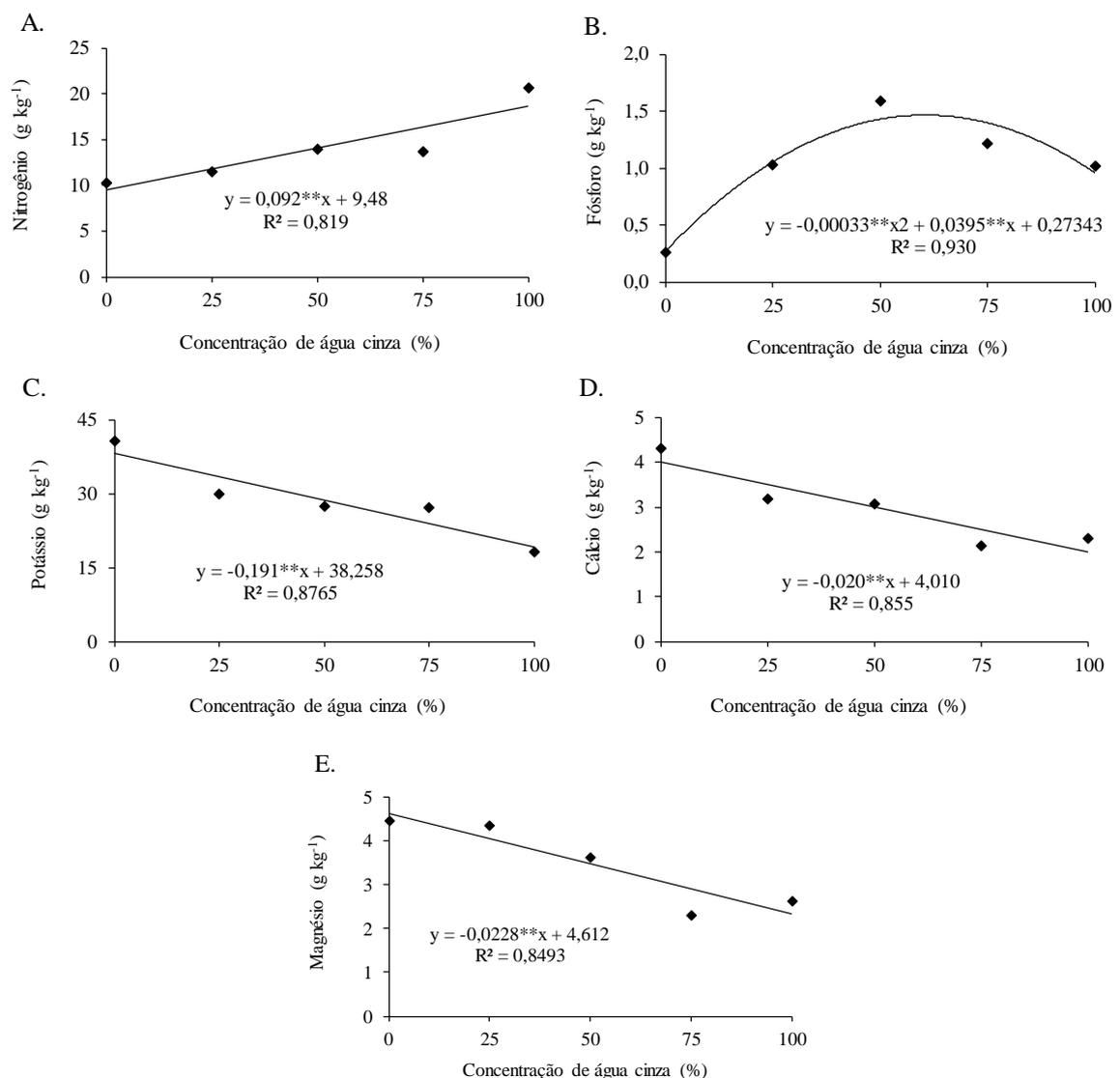


Figura 9. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) em milho irrigado com água cinza tratada diluída em água de abastecimento.

Os resultados foram ao encontro do experimento de Brito et al. (2014), no qual a irrigação do arroz vermelho totalmente com água residuária doméstica proporcionou aumento dos teores nutricionais de todos os macronutrientes e de sódio, bem como do experimento de Costa et al. (2012), que mostraram melhor absorção de macronutrientes pela planta de milho irrigada com água residuária doméstica devido à melhor diluição e fracionamento da adição de nutrientes ao solo.

Entretanto, no experimento de Freitas et al. (2018), feijão irrigado com esgoto doméstico tratado juntamente com adubação mineral provocou aumento na concentração de nitrogênio, fósforo e potássio, porém redução na produção pelo excesso de nutrientes.

Os teores sódio e zinco apresentaram redução nos teores com o aumento da concentração da água cinza (Figuras 10A e 10D), e o cobre apresentou seus maiores valores estimados na diluição de 50% água cinza tratada mais 50% de água de abastecimento (Figura 10E).

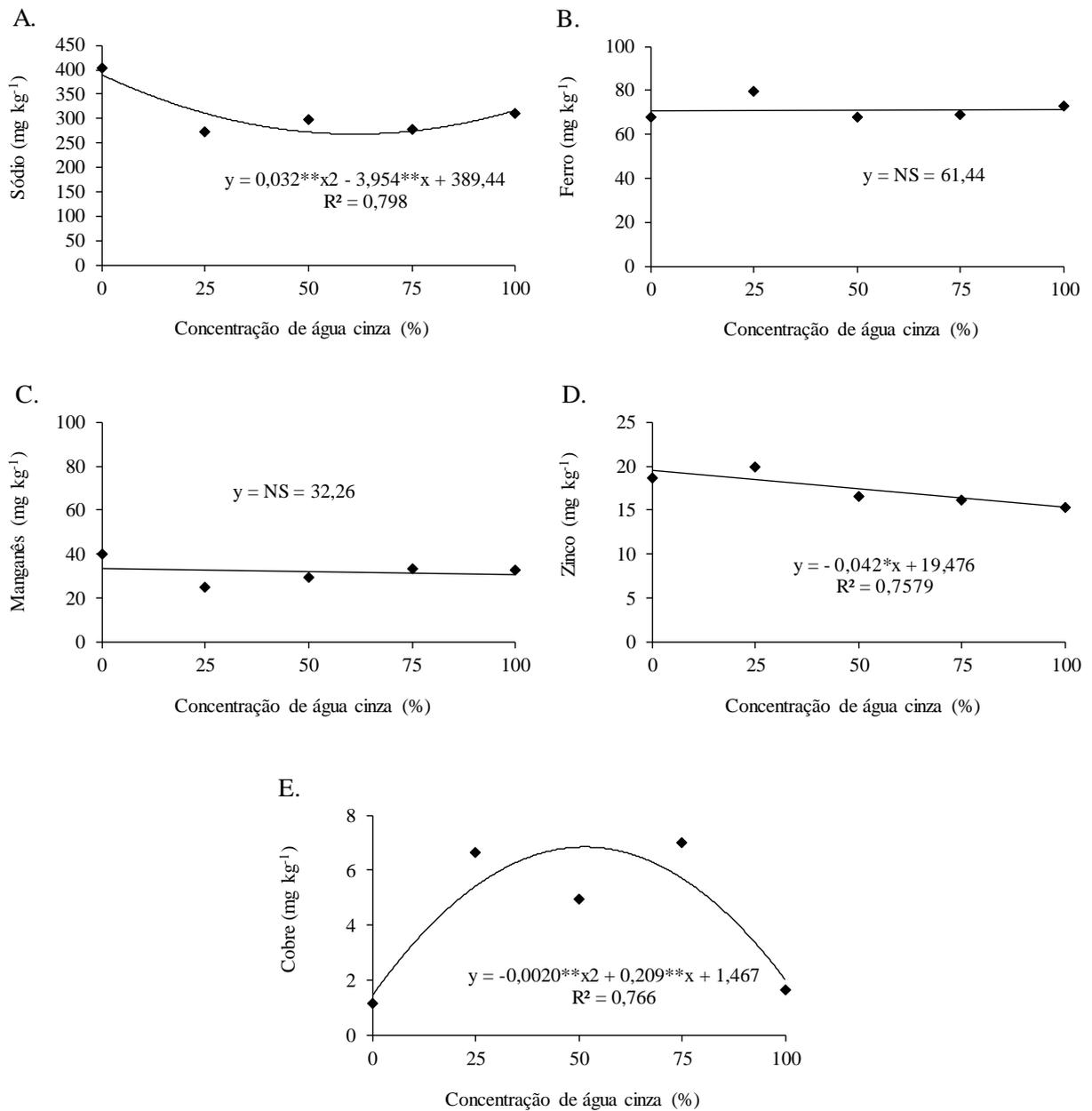


Figura 10. Teores de sódio (A), ferro (B), manganês (C), zinco (D) e cobre (E) em milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.

Os resultados obtidos apresentam-se dentro dos teores considerados ideais por Prado (2008) para as folhas de milho. Silphi et al (2018) utilizaram água residuária de diferentes fontes para a germinação de girassol e milho, identificando aumento no teor de nutrientes nas plântulas. De acordo com Lira (2016), os teores de zinco nas plantas de sorgo irrigadas com água de esgoto doméstico tratado reduzem com o aumento da concentração de esgoto doméstico tratado, assim como ocorreu no experimento do milho. De forma contrária, os teores de nitrogênio e

mangânês apresentaram aumento com a aplicação do esgoto, sendo que este não apresentou diferença significativa no experimento do milho.

4.4 Análise bromatológica do milho produzido com água cinza tratada

As características bromatológicas foram significativamente influenciadas pela fertirrigação ($p < 0,05$ no teor de proteína insolúvel, de $p < 0,01$ para a matéria seca, cinzas, nitrogênio insolúvel e proteína bruta). Entretanto, as variáveis fibras em detergente neutro e ácido não sofreram interferência das diluições (Tabela 14).

Tabela 14. Resumo da análise de variância para matéria seca (MS), cinzas (CIN), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio não digerível em detergente ácido (NIDA), proteína não digerível em detergente ácido (PIDA), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) de milho produzido com diluições de água cinza tratada com água de abastecimento.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios							
		MS	CIN	FDN	FDA	NIDA	PIDA	EE	PB
Água cinza	4	41,80*	47,73**	43,07 ^{ns}	2,01 ^{ns}	6,12**	3,37*	3,65**	30,00**
Blocos	5	46,08*	1,26 ^{ns}	7,25 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,34 ^{ns}	4,79 ^{ns}
Resíduo	20	13,51	4,27	20,98	5,03	0,90	0,82	0,19	2,57
CV (%)		10,13	13,59	6,98	6,08	22,50	42,31	17,89	17,67

Nota. *, ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns não-significativo pelo teste F.

O teor de matéria seca apresentou ligeira redução (Figura 11A), ao passo que o teor de cinzas apresentou redução mais acentuada com o aumento da concentração de ACT (Figura 11B). Os teores de FDN e FDA não apresentaram diferença significativa com os tratamentos (Figuras 11C e 11D), ao passo que o NIDA apresentou seu maior valor no tratamento 1 (Figura 11F). O PIDA apresentou no tratamento somente com água de abastecimento seu menor valor, com maior valor no tratamento 5 (Figura 11E); o extrato etéreo apresentou comportamento parabólico, com concavidade para baixo e maior valor no tratamento 2 (Figura 11G). A proteína bruta apresentou comportamento parabólico com concavidade para cima, com maior valor no tratamento 5 (Figura 11H). Y

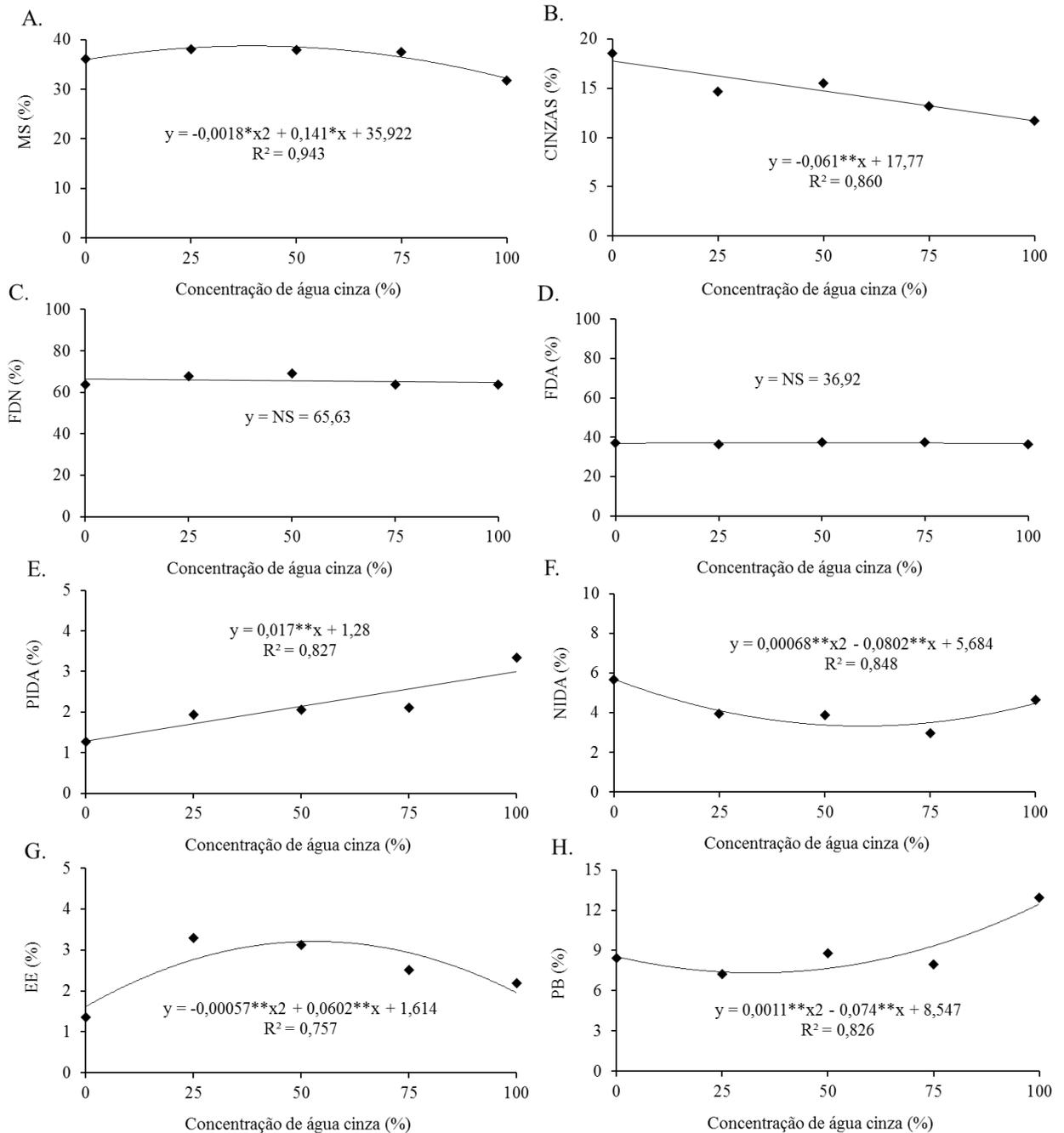


Figura 11. Matéria seca (A), cinzas (B), fibra em detergente neutro (C), fibra em detergente ácido (D), proteína insolúvel em detergente ácido (E), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (F) extrato etéreo (G) e proteína bruta (H) de milho produzido com diluições de água cinza tratada em água de abastecimento.

De forma semelhante, Muklada et al. (2018), em experimento com salgueiro irrigado com água cinza para produção de forragem para cabras, conseguiram maior percentual de proteína bruta e maior digestibilidade, porém sem diferença significativa nos teores de fibras e cinzas, não havendo diferença significativa na produção de leite e aumentando 0,25% da proteína no leite. Rigo (2011), ao irrigar *Brachiaria brizantha* com esgoto doméstico tratado, obteve maiores teores de proteína bruta do que a obtida com adubação mineral.

Quaresma et al. (2011) obtiveram aumento no teor de proteína bruta, ligeira redução no teor de FDN, sem diferença significativa no teor de FDA e matéria seca ao submeter tifton 85 a doses de nitrogênio.

Diferentemente, Lira (2016) identificou que o percentual de matéria seca de sorgo irrigado com água de esgoto doméstico tratado foi influenciado pelo tratamento, apresentando maiores valores com o aumento da dosagem de esgoto aplicado.

5 CONCLUSÃO

O efluente de água cinza tratada pode ser utilizado como fonte hídrica e nutricional sem perdas de rendimento e qualidade forrageira do milho. A diluição na proporção de 50% de água cinza tratada mais 50% de água limpa proporcionou obtenção de maior produtividade de forragem associada à melhor qualidade nutricional e bromatológica.

Quanto ao crescimento e desenvolvimento, o incremento de água cinza foi bastante favorável, uma vez que os tratamentos apresentaram maiores valores das variáveis analisadas na medida em que se aumentou sua concentração. Nutricionalmente, o aumento da proporção de água cinza tratada na fertirrigação aumentou o teor de nitrogênio e fósforo, porém outros nutrientes apresentaram redução em seus teores de absorção. O teor de proteína bruta melhorou com a proporção de água cinza na solução de fertirrigação com o tratamento com 50% de água de abastecimento mais 50% de água cinza tratada, apresentando-se como intermediário aos demais, equilibrando os valores das variáveis analisadas.

A diluição de água cinza tratada em água de abastecimento não apresentou efeitos negativos à produção ou à qualidade da forragem de milho, podendo ser utilizada como alternativa à escassez de água limpa.

REFERÊNCIAS

- ABDOULKADER, B. A.; MOHAMED, B.; NABIL, M.; ALAOUI-SOSSE, B.; ERIC, C.; ALEYA, L. Wastewater use in agriculture in Djibouti: Effectiveness of sand filtration treatments and impact of wastewater irrigation on growth and yield of *Panicum maximum*. **Ecological engineering**, v. 84, p. 607-614, 2015.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298p.
- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, S. M. C.; REBOUÇAS, J. R. L; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O.; SOUZA, L. Fertirrigação de girassol ornamental com esgoto doméstico tratado em sistema de hidroponia. **Irriga**, Botucatu (SP), v. 19, n. 4, p. 714-726, 2014.
- ANDRADE, J. A.; NUNES, M. A. Acesso a água no semiárido brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, Diamantina (MG), v. 3, n. 2, p. 28-39, 2014.
- ANDRADE FILHO, J.; SOUSA NETO, O.N.; DIAS, N.S.; NASCIMENTO, I.B.; MEDEIROS, J.F.; COSME, C.R. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu (SP), v.18, n.4, p.661-674. 2013.
- AUGUSTO, L. G. S.; GURGEL, I. G. D.; CAMARA NETO, H. F.; MELO, C. H.; COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1511-1522, 2012.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F.A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, 2013.

BENAMI, M.; GILLOR, O.; GROSS, A. The question of pathogen quantification in disinfected graywater. **Science of the Total Environment**, v. 506–507, n. 1, p. 496-504, 2015.

BRASIL, Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semi-árido brasileiro, Brasília, 2005. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/nova_delimitacao_jose_pereira.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL, 2010-a. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional Brasil, 2011. Resolução 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, Brasília, 2011.

BRITO, A. A. F.; FERREIRA NETO, M.; MIRANDA, N. O.; LEAL, C. C. P.; LIRA, J. F. B. Teores de nutrientes em plantas de arroz vermelho irrigado com água residuária doméstica. **Irriga**, Botucatu (SP), v. 1, n.1, p. 1-10, 2014.

CEARÁ. Resolução COEMA nº 2, de 2 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 21 de fevereiro de 2017. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=337973>>. Acesso em: 1º mai. 2017.

COSTA, M. S.; COSTA, Z. V. B.; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; MARINHO, M. J. C. Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de efluente doméstico tratado. **Irriga**, Botucatu (SP), edição especial, p. 12 – 26, 2012.

DEON, M. D.; GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana de açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1149-1156, 2010.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. **Métodos para análise de alimentos**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.

DIAS, N. S.; LIRA, R. B.; BRITO, R. F.; SOUSA NETO, O. N.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande (PB), v. 14, n. 7, p. 755-761, 2010.

DOORENBOS J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO-ONU, 1977.

ELFANSSI, S.; OUAZZANI, N.; MANDI, L. Soil properties and agro-physiological responses of alfafa (*Medicago sativa* L.) irrigated by treated domestic wastewater. **Agricultural water management**, v. 202, p. 231-240, 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Editor técnico Fábio César da Silva. 2.ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura do Milheto**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo. 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milheto_2_ed/index.htm>. Acesso em: 26 abr. 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; PEREIRA, O. G.; MATOS, A. T. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande (PB), v. 14, n. 5, p. 458-466, 2010.

FEITOSA, A. P. **Avaliação de sistema de Tratamento da água cinza e reuso da água no semiárido brasileiro**. 95f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras (MG), v. 35, n. 6, p. 1039 - 1042, 2011.

FREITAS, C. A. S.; NASCIMENTO, J. A. M.; BEZERRA, F. M. L; LIMA, R. M. M. Use of treated sewage as water and nutritional source for bean crops. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 487-494, 2018.

GNADLINGER, J. Captação de água da chuva: uma ferramenta para atendimento às populações rurais inseridas em localidades áridas e semiáridas. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GLAVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 325-360.

GONÇALVES, R. F. Uso racional de água no meio urbano: Aspectos tecnológicos, legais e econômicos. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GLAVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 163-201. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/wp-content/themes/insa_theme/acervo/recursos-hidricos.pdf> Acesso em: 19 abr. 2017

GOOGLE. Google SketchUp Free. Versão 8.0.16846. 2012. Editora: Google Inc. Mossoró/RN. Disponível em: <<http://www.baixaki.com.br/mac/download/google-sketchup-free.htm>>. Acesso em: 23 fev. 2018.

JAVAREZ JÚNIOR, A.; RIBEIRO, T. A. P.; PAULA JÚNIOR, D. R. Eficiência do reuso de águas residuárias na irrigação da cultura do milho. **Irriga**, Botucatu (SP), v. 15, n. 3, p. 231-247, 2010.

KUMAR, V.; AHLAWAT, V. S.; ANTIL, R. S. Interactions of nitrogen and zinc in pearl millet: 1. Effect of nitrogen and zinc levels on dry matter yield and concentration and uptake of nitrogen and zinc in pearl millet. **Soil Science**, v. 139, p. 351-356, 1985.

LIRA, R. B. **Cultivo de sorgo usando água de esgoto doméstico tratado como fonte hídrica**. 107f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2016.

MALAFIA, G.; RODRIGUES, A. S. L.; ARAÚJO, F. G.; LEANDRO, W. M. Crescimento de plantas de milho em solo acrescido de vermicompostos de lodo de curtume e irrigado com água residuária de esgoto doméstico. **Revista Ambiente & água**, Taubaté (SP), v. 10, n. 4, p. 847-862, 2015.

MANTOVANI, E. C.; COSTA, L.C. **Manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos**. Brasília: SRH/MMA-DEA-UFV, 1998.

MARIANI, C. F. **Reservatório Rio Grande**: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento. 124f. 2006. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo (IB-USP).

MEDEIROS, S. S.; SALCEDO, I. H.; SANTOS, D. B.; BATISTA, R. O.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; LIMA, R. C. C.; MARIN, A. M. P. **Esgotamento sanitário**: panorama para o semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA, 2014.

MENEZES JÚNIOR, J. C.; SANTOS, R. V.; NICOLAU SOBRINHO, W.; SOUTO, J. S. Emprego de corretivos químicos, fontes e doses de fósforo em solo degradado por sais na produção do milheto (*Pennisetum glaucum* L.). **Ciências Agrárias e Ambientais**, Manaus, v. 8, n. 1, p. 39-45, 2010.

MORAIS, J. M.; SOBRINHO, J. E.; SANTOS, W. O.; COSTA D. O.; SILVA, S. T. A.; MANIÇOBA, R. M. Caracterização da velocidade e direção do vento em Mossoró/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 4, p. 746-754, 2014.

MOREIRA, E. D. S. **Produção e nutrição mineral de milho e de milho adubados com biofertilizante suíno em diferentes épocas no norte de Minas Gerais**. 97f. 2013. Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros. Mestrado em Ciências Agrárias.

MZINI, L. I.; WINTER, K. Analysis of grey-water used for irrigating vegetables and possible effects on soils in the vicinity of Umtata Dam, Eastern Cape. **Water Sa**, [s.l.], v. 41, n. 1, p. 115-120, 2015.

MUKLADA, H.; KLEIN, J. D.; GLASSER, T. A.; DVASH, L.; AZAIZEH, H.; HALABI, N.; DAVIDOVICH-RIKANATI, R.; LEWINSOHN, E.; LANDAU, S. Y. Initial evaluation of willow (*Salix acmophylla*) irrigated with treated wastewater as a fodder crop for dairy goats. **Small ruminant research**, v. 163, p. 76-83, 2018.

NAKAYAMA, F. S.; BOMAN, B. J.; PITTS, D. Maintenance. In: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. (org.). **Microirrigation for crop production: Design, Operation, and Management**. Amsterdam: Elsevier, 2006. p. 389-430.

NSW – New South Wales Government. Use of effluent by irrigation. Austrália: Department of Environment and Climate Change and Water NSW, 2004.

PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2008.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA milho e sorgo, 17p. 2003. (Circular técnico, 29).

QUARESMA, J. P. S.; ALMEIDA, R. G.; ABREU, J. G.; CABRAL, L. S.; OLIVEIRA, M. A.; CARVALHO, D. M. G. Produção e composição bromatológica do capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) submetido a doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 145-150, 2011.

RIGO, M. M. **Composição mineral e rendimento de forrageiras fertirrigadas com esgoto doméstico tratado**. 56f. 2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

RUSAN, M. J. M.; HINNAWI, S.; ROUSAN, L. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. **Desalination**, v. 215, p. 143-152, 2007.

SANTOS, S. R.; SOARES, A. A.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; CECON, P. R. Crescimento e produção do algodoeiro fertirrigado com água residuária sanitária no semiárido de Minas Gerais. **Irriga**, Botucatu (SP), v. 21, n. 1, p. 40-57, 2016.

SERAFIM, R. S. **Produção e composição química de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubada com água residuária de suinocultura**. 89f. 2010. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

SHERMAN, G. E.; SUTTON, T.; BLAZEK, R.; HOLL, S.; DASSAU, O.; MORELY, B.; MITCHELL, T.; LUTTMAN, L. 2011. Quantum GIS User Guide - Version 1.7 "Wroclaw".

SHILPI, S.; SESHADRI, B.; SARKAR, B.; BOLAN, N.; LAMB, D.; NAIDU, R. Comparative values of various wastewater streams as a soil nutrient source. **Chemosphere**, v. 192, p. 272-281, 2018.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002.

SILVA, S. **Plantas forrageiras de A a Z**. 2.ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2014.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B.; MARQUES, E. L. S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milho, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras (MG), v. 29, n. 1, p. 93-99, 2005.

TEODORO, A.; BONCZ, M. A.; PAULO, P. L.; MACHULEK JÚNIOR, A. Desinfecção de água cinza por fotocatalise heterogênea. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 1017-1026. 2017.

TUNDISI, J. G.; MATSU MURA-TUNDISI, T.; SIDAGIS GALLI, C. **Eutrofização na América do Sul: causas, tecnologias de gerenciamento e controle**. IIE, IIEA, IAP, IAN, ABC, 2006.