



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

EZIO DOS SANTOS PINTO JÚNIOR

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE SOLO
CULTIVADO COM MAXIXE (*Cucumis anguria*)
IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA**

SÃO CRISTÓVÃO, SE

2018

EZIO DOS SANTOS PINTO JÚNIOR

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE SOLO
CULTIVADO COM MAXIXE (*Cucumis anguria*)
IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Recursos Hídricos como um dos requisitos de obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Gregório Guirado Faccioli

SÃO CRISTÓVÃO, SE

2018

Ficha Catalográfica Elaborada pelo
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Sergipe

P659a Pinto Júnior, Ezio dos Santos
Análise dos parâmetros de solo cultivado com maxixe (*Cucumis
Anguria*) irrigado com água residuária doméstica / Ezio dos Santos
Pinto Júnior ; orientador Gregório Guirado Faccioli. -- São Cristóvão,
2018.
64 f. : il.

Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade
Federal de Sergipe, 2018.

1. Recursos hídricos. 2. Águas residuais - Aspectos ambientais. 3.
Água - Reuso. 4. Solos irrigados. 5. Lagoas de estabilização. I.
Faccioli, Gregório Guirado, orient. II. Título.

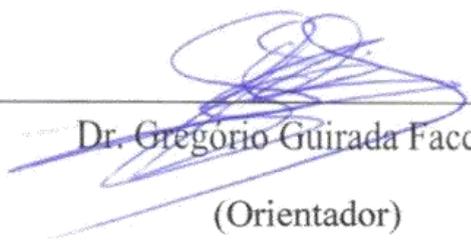
CDU: 556.18:626.841

EZIO DOS SANTOS PINTO JÚNIOR

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE SOLO CULTIVADO
COM MAXIXE (*Cucumis anguria*) IRRIGADO COM
ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Recursos Hídricos como um dos requisitos de obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Aprovada em 05 de setembro de 2018.



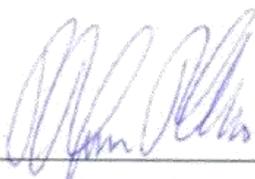
Dr. Gregório Guirada Faccioli

(Orientador)



Dr. Airon José da Silva

(Membro externo)



Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho

(Membro interno do PRORH)

SÃO CRISTÓVÃO, SE

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar vivo e poder ter saúde para fazer as realizações na minha vida.

A minha mãe e ao meu pai por me criarem e ajudarem na formação da minha pessoa. Sou muito agradecido aos dois por sempre me proporcionarem o que eu precisava desde apoio, carinho, atenção e educação. E por vocês sempre estarem ao meu lado em todos os momentos. A cada ano que passa percebo, o quanto que vocês são importantes na minha vida.

A minha avó, Dona Toinha, minha rainha por está sempre comigo em toda a minha vida.

Ao meu tio Laurindo Pinto por me incentivar nos estudos e me apoiar em vários momentos. Obrigado tio Pintinho.

Agradeço as minhas irmãs Kelly e Karen. Valeu Kel. e Kau.

Ao meu orientador prof. Gregório que confiou e me deu essa oportunidade de ser orientado, mesmo que não me conhecesse. Muito obrigado pelo voto de confiança e pela orientação.

Ao prof. Airon que me conhece desde os tempos de UFRPE em Recife, fico agradecido pela compreensão e muito obrigado pela ajuda. Aprendi muito nesses últimos dois anos de convivência de trabalho, não só na área de solos, mas também como professor, chefe e exemplo de pessoa.

Ao prof. Gomes pela ajuda, sugestões e orientações durante o mestrado.

Ao prof. André Quintão pela amizade e auxílio nos dados estatísticos e nas análises.

A Lara Cabral pelo incentivo e por sempre perguntar como anda o mestrado, todas as vezes que conversávamos, suas palavras sempre me motivaram bastante. Muito obrigado Lara, por fazer parte dessa jornada.

Aos meus amigos de trabalho na UFS, em especial a Olavo José, Idamar, Wendel, Kairon e Thiago.

A parceira de experimento Elaine, na qual convivemos durante o experimento. A parceira de casa de vegetação Elis. E aos colegas de experimento que ajudaram durante a execução Fabiano, Camila, Mirelle, Antônio, Izabella e Andreana pelo sucesso do nosso trabalho.

A família do Campus Rural desde os funcionários de campo, da segurança e dos colegas Lusivaldo, Richard, Gilvan, Marise e Júlio.

A Jessica Ferreira Lima na fase inicial do mestrado.

A Silvaneide e a Simone pela amizade e convivência na UFS.

Aos meus colegas de sala de aula do mestrado. E ao PRORH.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise multivariada dos parâmetros de solo cultivado com maxixe irrigado com água tratada da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) e efluente doméstico tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do Rosa Elze, situada no município de São Cristóvão em Sergipe, e entender o comportamento e as variações de alguns parâmetros de solo diretamente relacionados com a capacidade de troca catiônica e a percentagem de sódio trocável. O trabalho foi realizado em ambiente protegido situado na Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão/Sergipe, no Departamento de Engenharia Agrônômica (DEA). O experimento foi realizado em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), na qual consistiram em três tratamentos (T1 – 100 % água tratada da DESO, T2 – 50% água tratada da DESO + 50% efluente da ETE e T3 – 100% efluente da ETE), com oito repetições. A lâmina de irrigação foi obtida utilizando-se o método do FAO 56. O programa STATISTICA 7.0 foi aplicado para ajuste dos modelos da análise multivariada dos parâmetros de solo. Foram realizadas três análises completas de solo: antes do plantio, fase produtiva e após a colheita para que fossem ajustadas as análises multivariadas dos parâmetros de solos e da qualidade da água. Os parâmetros de solo T1 e T2 não se diferem no agrupamento, apresentando 2 grandes grupos, por outro lado no T3 ocorre a existência da relação de três grandes grupos, ou seja, difere de T1 e T2 visto que o cálcio se destaca isoladamente em T3. Os outros grupos de atributos relacionados são: Ca+Mg, SB, CTC e Ca, e o outro é Mg, Na, K e H+Al. Os agrupamentos em relação aos parâmetros da qualidade de água da fonte da concessionária e da fonte do efluente são diferentes. A relação das variáveis para o Efluente da ETE Rosa Elze considerando a mesma distância euclidiana de (1,5), tem-se três grupos de destaque: a de sódio, a de bicarbonatos e os demais considerados em um mesmo grupo (cálcio, magnésio, potássio, sulfatos e cloretos) já na água da concessionária destacam 2 grupos, o cálcio em um grupo e os demais parâmetros no outro (potássio, magnésio, sódio, sulfatos, cloretos e bicarbonatos).

Palavras-chave: Água de Esgotamento Doméstico. Solo Sódico. Solo Salino. Reúso da água. Lagoa de Estabilização.

ABSTRACT

The objective of this work was to perform a multivariate analysis of the soil parameters of irrigated soil with irrigated water from the Sergipe Sanitation Company (DESO) and treated domestic effluent from the Sewage Treatment Plant (ETE) of Rosa Elze, located in the municipality of São Cristóvão in Sergipe, and to understand the behavior and variations of some soil parameters directly related to the cation exchange capacity and the exchangeable sodium percentage. The work was carried out in a protected environment located at the Federal University of Sergipe, in São Cristóvão / Sergipe, in the Department of Agronomic Engineering (DEA). The experiment was conducted in a completely randomized design (DIC), consisting of three treatments (T1 - 100% treated water from DESO, T2 - 50% treated water from DESO + 50% ETE effluent and T3 - 100% ETE effluent), with eight replicates. The irrigation depth was obtained using the FAO method 56. The STATISTICA 7.0 program was applied to adjust the multivariate analysis of soil parameters. Three complete soil analyzes were performed: before planting, productive phase and after harvesting, to adjust the multivariate analysis of soil parameters and water quality. The soil parameters T1 and T2 do not differ in the grouping, presenting 2 large groups, on the other hand in T3 occurs the existence of the relationship of three large groups, that is, differs from T1 and T2, since calcium stands alone in T3. The other groups of related attributes are: Ca + Mg, SB, CTC and Ca, and the other is Mg, Na, K and H + Al. The groupings in relation to the water quality parameters of the utility source and the effluent source are different. The relationship of the variables for the ETE Rosa Elze Effluent considering the same Euclidean distance of (1,5), has three main groups: sodium, bicarbonate and others considered in the same group (calcium, magnesium (potassium, magnesium, sodium, sulphates, chlorides, and bicarbonates), and calcium and magnesium in the other group.

Keywords: Domestic Exhaust Water. Soil Sodium. Soil Saline. Reuse of water. Stabilization pond.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ambiente protegido do DEA/UFS.....	29
Figura 2: Lagoa de estabilização da ETE Rosa Elze / São Cristóvão.....	30
Figura 3: Plantio na bandeja de maxixe.....	31
Figura 4: Casa de vegetação com os vasos de 22L.....	31
Figura 5: Mistura da adubação química.....	32
Figura 6: Adubação de fundação.....	32
Figura 7: Coleta de efluente na ETE do Rosa Elze.....	34
Figura 8: Irrigação com os tratamentos T1, T2 e T3.....	35
Figura 9: Tutoramento do maxixe.....	36
Figura 10: Medição dos frutos.....	37
Figura 11: Adubação de cobertura T1 – fertirrigação.....	38
Figura 12: Coleta de solo para análise no ITPS.....	39
Figura 13: Coleta de efluente e água tratada para análise no ITPS.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características físicas da ETE.....	33
Tabela 2: Análise de solo do tratamento T1 (água tratada).....	41
Tabela 3: Análise de solo do tratamento T2 (água tratada + efluente).....	42
Tabela 4: Análise de solo do tratamento T3 (efluente).....	42
Tabela 5: Análise da qualidade da água para irrigação fonte água tratada DESO.....	45
Tabela 6: Análise da qualidade da água para irrigação fonte efluente da ETE Rosa Elze.....	45
Tabela 7: Contribuição entre cada componente principal para fertilidade de solo de 8 parâmetros do T1.....	49
Tabela 8: Contribuição entre cada componente principal para fertilidade de solo de 8 parâmetros do T2.....	50
Tabela 9: Contribuição entre cada componente principal para fertilidade de solo de 8 parâmetros do T3.....	50
Tabela 10: Contribuição entre cada componente principal e variáveis analisadas da fonte concessionária.....	52
Tabela 11: Contribuição entre cada componente principal e variáveis analisadas da fonte ETE Rosa Elze.....	53

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Penman-Monteith.....	32
---------------------------------	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Dendrograma de 8 variáveis para fertilidade de solo T1	48
Gráfico 2: Dendrograma de 8 variáveis para fertilidade de solo T2	48
Gráfico 3: Dendrograma de 8 variáveis para fertilidade de solo T3	49
Gráfico 4: Dendrograma de 7 variáveis para qualidade da água de irrigação fonte concessionária	51
Gráfico 5: Dendrograma de 7 variáveis para qualidade da água de irrigação fonte ETE Rosa Elze.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA – Análise de Agrupamentos
ACP – Análise de Componentes Principais
AF – Análise Fatorial
ANA – Agência Nacional de Águas
CE – Condutividade Elétrica
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC – Capacidade de Troca de Cátions
DBC – Delineamento de Blocos Casualizados
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEA – Departamento de Engenharia Agrônômica / UFS
DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe DIC –
Delineamento Inteiramente Casualizado
DL – Diâmetro Longitudinal
DT – Diâmetro Transversal
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto / Estação de Tratamento de Águas Residuárias
ETo – Evapotranspiração de referência
FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
ITPS – Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe
Kc – Coeficiente de Cultura
PRORH – Programa de Pós-Graduação em Recursos
Hídricos PST – Porcentagem de Sódio Trocável RAS –
Razão de Adsorção do Sódio
TSD – Total de Sais Dissolvidos
UFS – Universidade Federal de Sergipe

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Reúso de água	15
3.1.1 Reúso na agricultura	16
3.2 Qualidade da água na agricultura	17
3.3 Água residuária para irrigação	19
3.4 Água residuária na olericultura	20
3.5 Qualidade dos solos impactados com o uso de águas residuárias	20
3.6 Solos salinos e sódicos	22
3.7 Cultura do maxixe	23
3.8 Análise multivariada	25
3.8.1 Análise de agrupamentos – AA	3026
3.8.2 Análise de componentes principais – ACP	3027
3.8.3 Análise fatorial - AF	3028
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Localização e caracterização da área de estudo	29
4.2 Delineamento experimental	30
4.3 Estação meteorológica e irrigação	32
4.4 ETE - Estação de tratamento de esgoto e coleta de efluente	33
4.5 Condução do experimento	34
4.6 Análise dos parâmetros de solo	39
4.7 Qualidade da água para irrigação	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1 Parâmetros de fertilidade do solo	41

5.2 Parâmetros de qualidade de água para irrigação	44
5.3 Análise multivariável dos parâmetros de fertilidade de solo	47
5.4 Análise multivariável dos parâmetros de qualidade de água para irrigação	51
6. CONCLUSÕES	54
7. REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a humanidade, visto que está diretamente ligada com a sobrevivência dos seres vivos. Entretanto, um dos problemas atuais relacionados com a água está na questão da disponibilidade e da qualidade da água, resultando em um produto escasso e que a cada dia que passa exige o aumento da sua demanda.

A disponibilidade da água vem sendo ameaçada devido ao crescimento da população e ao aumento da demanda da quantidade de água para o uso doméstico, da agricultura, da mineração, da produção industrial, da geração de energia e da silvicultura. Esse uso inapropriado pode tanto reduzir a disponibilidade da água, quanto piorar a sua qualidade (BITTENCOURT, 2014).

Segundo a World Meteorological Organization (WMO, 1997), o consumo mundial de água cresceu mais que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial. Por isso, urge a necessidade de ter novas estratégias para otimização do uso da água, visto que a demanda deste recurso é cada vez maior. E dentro dessas estratégias de uso da água é possível citar: a extração de águas subterrâneas, construção de reservatórios, melhorias nos usos e no gerenciamento das águas disponíveis, e também o reúso das águas.

Em regiões que apresentam baixa disponibilidade de água para irrigação em quantidade ou qualidade, o reúso torna-se uma importante ferramenta para convivência com o déficit hídrico e tem se tornado cada vez mais comum, exemplos de regiões que utilizam bastante o reúso são em locais áridos e semiáridos, como é o caso de Israel.

Nesse aspecto de estratégia para a utilização da água, o reúso é uma das formas mais viáveis e econômicas para serem praticadas na redução do consumo de água. De acordo com Mancuso & Santos (2003), o reúso pode ser classificado em três categorias: reúso direto, reúso indireto e reciclagem interna.

A agricultura e a pecuária correspondem a 70% da quantidade total de água utilizada nesse conjunto, incluindo a produção de energia. Com a crescente demanda de produtos pecuários, aumenta também a demanda de água; com isso estima-se que a demanda de água por alimento cresça cerca de 70% até 2050. Porém está previsto um aumento de 19% de oferta de água para o mesmo período, caso não sejam adotadas medidas de aumento de rendimento por eficiência de produção (BITTENCOURT, 2014).

A reutilização de águas residuárias para fins agrícolas é uma prática antiga. No entanto, cabe ressaltar que é necessário o cuidado com a água reutilizada, tanto para a saúde dos trabalhadores em contato com essa água, quanto para o destino em que será utilizada.

Segundo Braga & Lima (2014), é importante destacar que águas residuais destinadas para irrigação não requerem o mesmo tipo de tratamento daquelas destinadas para o abastecimento público. Dependendo da espécie vegetal a ser irrigada, apenas o tratamento primário poderia ser suficiente para que a água seja utilizada na irrigação de diversas culturas, o que reduz substancialmente os custos de tratamento. Então, uma das principais razões para o uso de efluentes na irrigação é o menor custo do tratamento de águas residuais para atender os padrões de qualidade para fins de irrigação, do que para o tratamento do efluente para descarga nas fontes de águas superficiais.

O objetivo principal do tratamento de águas residuais é de minimizar os efeitos nocivos das impurezas geradas pelo esgoto no lançamento no meio ambiente, geralmente nos cursos de rios e grandes reservatórios e também é realizado o tratamento visando o reúso. O tratamento consiste em remoção de todos os tipos de impureza em suspensão, de areia, de óleos e entre outros. Em torno de 99% da constituição dos efluentes gerados por esgotos domésticos é formado de água.

Importante ressaltar também que nem todas as águas residuais originárias de esgotos domésticos satisfazem um padrão de qualidade mínimo na qual se permita ser utilizadas na irrigação de algumas espécies de plantas e para serem descartadas no meio receptor seja ela solo ou água. Por isso, as principais preocupações estão relacionadas com as altas concentrações de sais solúveis, nutrientes e organismos patogênicos presentes.

A principal diferença entre águas residuais e águas normalmente utilizadas para irrigação é a concentração mais elevada de matéria orgânica, dióxido de nitrogênio, fósforo, e em alguns casos, de sódio e os altos níveis de salinidade, além da presença de microrganismos patogênicos (BRAGA & LIMA, 2014). Portanto, um dos aspectos primordiais ao analisar o uso das águas residuárias para irrigação, está em relação à qualidade. Ayers e Westcot (1991) determinaram alguns parâmetros que devem ser avaliados para irrigação com seus respectivos valores de referência, sendo estes: CE (Condutividade Elétrica), Total de sólidos solúveis, RAS, Sódio, Cloro, Boro, Nitrogênio, Bicarbonato e o pH, entre outros parâmetros. Outro aspecto relevante é que, quando a água residuária não tem qualidade satisfatória para irrigação, é possível utilizar a estratégia de misturá-la com água tratada para tornar compatível com o fim desejado.

Para o uso de águas residuárias na irrigação é fundamental considerar alguns fatores relacionados com o meio ambiente e à atividade agrícola, tais como demanda de água pelas plantas, manejo da irrigação e drenagem do solo. Saber a quantidade exata de água que as plantas demandam é de extrema importância para que não seja aplicado em excesso e conseqüentemente causar problemas para a cultura e para o solo. Essa quantidade demandada pode ser determinada a partir das condições climáticas do local e das características da cultura. A irrigação deve ser realizada no momento correto e em quantidades adequadas para minimizar e evitar problemas de lixiviação de contaminantes e perdas de água por evapotranspiração. Os solos que apresentam boa drenagem interna facilitam a lixiviação dos sais para além da zona radicular das plantas, mas são mais susceptíveis à lixiviação de contaminantes para o lençol freático.

O uso de água de esgotamento doméstico para reúso agrícola tem gerado algumas modificações nas características do solo relacionados a partir de critérios de salinidade, sodicidade, toxicidade, entre outros. Ao considerar a salinidade, pode-se avaliar o risco de que o uso da água residuária ocasione altas concentrações de sais, alterando o efeito osmótico das plantas, na qual pode causar a diminuição ou interrupção de captação da água pelas plantas, e, conseqüentemente, a diminuição da produtividade da cultura. Já no quesito da sodicidade, são analisados os riscos do aumento das concentrações de sódio que podem causar deterioração da estrutura do solo. E por fim, a toxicidade avalia os problemas que alguns íons podem causar ao se acumularem nos tecidos das plantas (ANDRADE; BRITO, 2010).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi realizar análise multivariada dos parâmetros de solo cultivado com maxixe irrigado com água residuária de efluente doméstico proveniente de um sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização e entender o comportamento ou variações de alguns parâmetros de solo.

2.2 Objetivos específicos

Verificar a ocorrência de sodicidade em um solo irrigado com efluente doméstico da estação de tratamento.

Comparar características químicas dos solos irrigados com água residuária de efluente doméstico provenientes de um sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização e irrigado com água tratada fornecida pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Reúso da água

Em decorrência do aumento populacional, surge uma grande demanda pelo consumo de água por parte da população mundial. A água foi por muito tempo considerada pela humanidade como um recurso inesgotável e, talvez por isso, mal gerido. No entanto, o problema do balanço da oferta e demanda por recursos hídricos não é um problema apenas de regiões áridas e semiáridas, visto que os conflitos de uso da água são notados em outras regiões, incluindo os que dispõem de recursos hídricos com bastante oferta.

Em países onde o reúso de águas residuais pela indústria ou irrigação é uma prática comum, o tratamento primário dos efluentes é realizado pelas companhias de tratamento de água e esgoto. O custo real da água residual é muito menor que o da água tratada (BRAGA & LIMA, 2014).

Por isso, cresce em todo o mundo a consciência em torno da importância do uso racional, da necessidade de controle de perdas e desperdícios e do reúso da água (PINTO et al., 2006). Inclui também a utilização de esgotos sanitários para diversos fins com seus inegáveis atrativos, dentre os quais: são citados o reúso da água, a reciclagem de nutrientes, a ampliação de áreas irrigadas e a recuperação de áreas improdutivas e degradadas, além de reduzir o lançamento de esgotos em corpos receptores, contribuindo para a redução de impactos de poluição, contaminação e eutrofização.

Para Lavrador Filho (1987) reúso da água seria o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, para suprir as necessidades de outros usos, incluindo o original.

Modalidades do reúso da água são segundo Lavrador Filho (1987):

Reúso indireto não planejado: ocorre quando a água já utilizada é descarregada no meio ambiente, portanto sendo diluída, e novamente utilizada a jusante de maneira não intencional.

Reúso indireto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos cursos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante de forma intencional e controlada, no intuito de algum uso benéfico.

Reúso direto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são encaminhados diretamente ao local de reúso.

No aspecto da regulamentação do reúso da água, a utilização de esgotos sanitários para diversos fins é observada em vários países, os mais distintos em termos de características socioeconômicas e localização geográfica. Por isso, em vários países o reúso da água é componente de programas e de políticas de gestão de recursos hídricos; em outros as práticas de reúso carecem de regulamentação e também do devido controle, sanitário e ambiental. No Brasil, desde a promulgação da Lei Nº 9433, a gestão dos recursos hídricos é respaldada em um moderno aparato normativo e institucional. 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, 2005), 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 Nº 9433/97 se percebam vários dispositivos que apontam na direção do reúso como um processo importante para a racionalização do uso da água.

É importante ressaltar que 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, segundo o projeto de Lei Nº 5296/2005 (BRASIL,2005).

O reúso na modalidade agrícola e florestal foi regulamentado, em nosso país por intermédio da Resolução CNRH nº 121, de 16 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010). No entanto, esta resolução ainda não proporcionou maior desenvolvimento ao reúso agrícola no país. De acordo com Hespanhol (2003), embora possa ser desenvolvida uma legislação relativa ao reúso, é pouco provável que, no Brasil, se estabeleça um modelo único de projeto de reúso agrícola, devido às nossas dimensões geográficas continentais e características regionais distintas.

3.1.1 Reúso na agricultura

Segundo Hespanhol (2002), o reúso de águas utilizadas na agricultura, além do aumento na produtividade, proporciona uma ampliação da área irrigada e dependendo das condições climáticas permite efetuar colheitas múltiplas praticamente ao longo de todo o ano, como também na diminuição do uso de fertilizantes e da racionalização no uso da água.

O uso da água residuária na irrigação pode reduzir os custos de fertilização das culturas e o nível requerido de purificação do efluente e, conseqüentemente, os custos do tratamento (HARUVY, 1997).

Além de fonte alternativa de água, o esgoto é fonte importante de nutrientes. Um metro cúbico de esgoto sanitário bruto municipal apresenta quantidades médias de nitrogênio de 50g, fósforo de 10g e 30g de potássio (CORCORAN et al., 2010). Desse modo, o autor afirma que o esgoto possa vir a suprir a necessidade de NPK para a produção agrícola. Além disso, a matéria orgânica e outros micronutrientes valiosos contidos podem também trazer benefícios.

Carvalho et al. (2013) apresentaram a viabilidade de reúso de águas residuárias no cultivo de girassol destinado à alimentação animal, entretanto, relata a necessidade de estudos de investigação em relação ao efeito do uso de efluente no solo. E Duarte et al., (2007) avaliaram as características químicas de um solo submetido a irrigação com água residuária e constatou alterações nas concentrações de matéria orgânica, porém, não notou mudanças no pH e nem nos teores de fósforo e potássio.

O reúso indireto de água na olericultura brasileira já vem sendo praticado em algumas regiões, especialmente em áreas periurbanas das grandes cidades do país, por meio do uso de águas de baixa qualidade para a irrigação de cultura oleráceas (LIMA, 2014).

Por fim, urge a necessidade de avaliar os impactos da utilização das águas de reúso sobre a qualidade das hortaliças produzidas e também dos solos utilizados para tal fim.

3.2 Qualidade da água na agricultura irrigada

O conjunto de parâmetros a serem considerados na avaliação da qualidade da água para irrigação deve contemplar o conjunto de características físicas, químicas e biológicas que definem sua adequação ou não para o uso (ALMEIDA, 2010). Geralmente, as determinações que se realizam na água são: Potencial hidrogênico (pH), condutividade elétrica (CE), total de sais dissolvidos (TSD), íons: sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), cloretos (Cl^-), sulfatos (SO_4^{++}), carbonatos (CO_3^{--}) e bicarbonatos (HCO_3^-).

A qualidade da água para irrigação se define em função de três critérios básicos: salinidade em sentido restrito, sodicidade e toxicidade. O critério de salinidade avalia o risco de que o uso da água ocasione altas concentrações de sais, com o correspondente efeito osmótico e diminuição de rendimentos dos cultivos. No aspecto da sodicidade se analisa o risco de elevada Percentagem de Sódio Trocável (PST), com a deterioração da estrutura do solo. E

no critério de toxicidade estuda os problemas que podem criar determinados íons acumulados nos tecidos das plantas (ALMEIDA, 2010).

A salinização, que significa a presença de sais na água: pela capacidade de dissolução e tipo de substrato em contato com a água. A salinização pode estar no solo ou quando ele é irrigado com água salina, então os cátions e ânions estão presentes no solo ou na água e quando a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) for maior que 0,75 ds/m, há risco de salinidade. A evaporação da água acumula sais na superfície do solo, como pode acontecer também no cultivo protegido, além do uso excessivo de fertilizantes minerais, como cloreto, sulfato e produtos com sódio, podem aumentar a salinização. Então o efeito da salinidade é osmótico ocorre a ação conjunta de todos os sais solúveis presentes na água ou na solução do solo. Os sais aumentam a pressão osmótica que, por sua vez, reduz a disponibilidade de água, provoca desequilíbrio entre os nutrientes, toxidez nas plantas, influenciando na redução da produtividade e na qualidade dos grãos e frutos. Por isso, a salinização interfere na maneira da absorção da água pela planta, se esta não se adaptar às condições de osmose.

O parâmetro utilizado, para expressar a concentração de sais dissolvidos totais, é a condutividade elétrica da água de irrigação - CE. Os sais dissolvidos são os íons Na, Ca, Mg, Cl, SO₄²⁻ e HCO₃⁻, que são os responsáveis pela salinização.

Segundo a condutividade elétrica (CE) ou concentração total de sais solúveis, a salinidade da água pode ser baixa, média ou alta. Na água de salinidade baixa pode ser utilizada na irrigação e na maioria dos solos, às vezes, alguma lixiviação torna-se necessária. Na água de salinidade média pode ser usada quando for possível fazer lixiviação moderada, podem ser cultivadas plantas que apresentem moderada tolerância à salinização. E por fim, a água com salinidade alta, os solos que apresentam problemas de drenagem não são indicados para se proceder a irrigação das lavouras. Neste caso, utilizar somente plantas tolerantes à concentração de sais.

Já no aspecto da sodicidade, se refere ao acúmulo de íons de sódio (Na) que estão presentes na água de irrigação e que eleva a percentagem de sódio trocável no solo.

A grande concentração de sódio (Na) é prejudicial às propriedades físicas e químicas do solo, dando origem à compactação do solo, e a consequente dificuldade da água se infiltrar no perfil. Para medir o seu risco, utiliza-se a condutividade elétrica da água mais a relação de adsorção de sódio (RAS): relação entre os íons Na, Ca e Mg. Água com baixa concentração de sódio é indicada para uso em irrigação para todos os tipos de solos.

Já a água com média concentração de sódio pode ser usada em solos com textura grossa ou em solos orgânicos e que tenham boa permeabilidade. Os solos com textura fina, alta CTC, baixas condições de lixiviação devem ser descartados, pois apresentam perigo de sodificação. Água com alta concentração de sódio há o perigo do sódio trocável, por isso, são necessários solos que tenham uma boa drenagem, alta lixiviação e necessitem da adição de matéria orgânica. Nos solos onde que foram feitas a gessagem pode não ocorrer a toxidez por sódio. Nos casos de água com muita concentração de sódio, nestas condições, a irrigação é imprópria, exceto quando a salinidade for de baixa a média.

Outros critérios podem ser de interesse para o estudo da qualidade da água de irrigação na qual os desequilíbrios nutricionais podem produzir excesso de nitrogênio ou desbalanço de outros elementos no solo. Por isso, é importante conhecer sobre a qualidade da água para irrigação dos cultivos agrícolas.

No caso específico da qualidade da água para irrigação de hortaliças, a Resolução nº 357 de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece que podem ser utilizados, para tal fim, corpos d'água enquadrados nas classes 1 e 2. Ao todo a resolução apresenta 5 classes de enquadramento para as águas doces: especial, um (1), dois (2), três (3) e quatro (4), em que a qualidade vai decrescendo com a classe. No caso das hortaliças consumidas cruas, segundo a legislação, apenas os corpos d'água classificados como classe 1 apresentam-se aptos para a irrigação.

3.3. Água residuária para irrigação

Segundo Folegatti et al. (2005), as vantagens do reúso de águas residuárias são: obtenção de um efluente de melhor qualidade; alto poder fertilizante do efluente, pois este possui macro e micronutrientes em abundância, disponibilizados para as plantas; formação de húmus, devido à mineralização de matéria orgânica presente no esgoto e redução da poluição ambiental.

Por outro lado, apresentam as seguintes desvantagens: presença excessiva de nitrogênio podendo comprometer as culturas; elevados teores de sais contidos nas águas de irrigação, podendo salinizar o solo e prejudicar o rendimento das culturas; presença de íons como o sódio, boro e cloretos, nas quais são tóxicos às culturas; e por fim, riscos de contaminação, devido aos organismos patogênicos, para o trabalhador e para o consumidor dos produtos irrigados.

Pela complexidade e pelos riscos envolvidos, é fundamental que os órgãos de meio ambiente e de saúde pública participem efetivamente do processo de desenvolvimento do reúso agrícola. Por isso, que urge a importância da Resolução nº 357 de 2005 do CONAMA e das agências regulatórias governamentais.

3.4. Água residuária na olericultura

O reúso indireto de água na olericultura brasileira já vem sendo praticado em algumas regiões, especialmente em áreas periurbanas das grandes cidades do país, por meio do uso de águas de baixa qualidade para irrigação de culturas oleráceas.

Segundo estudos da ANA (2012), algo em torno de 53% das amostras de água utilizadas para o monitoramento da qualidade apresentaram concentração de coliformes termotolerantes superior ao limite (1000 NMP.mL^{-1}) para classificação do corpo hídrico na classe 2, a de pior qualidade apta a ser utilizada para o cultivo de hortaliças. Outros 40% das amostras analisadas para o mesmo ano mostram desconformidade com os limites de fósforo total para a classe.

Então esses dois parâmetros: coliformes termotolerantes e fosforo total estão relacionados ao derrame de efluentes domésticos no corpo d'água. Outros parâmetros indicadores para avaliar a água residuária na olericultura são: oxigênio dissolvido, DBO, pH, condutividade elétrica, turbidez, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrato, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.

Os indicadores microbiológicos (coliformes totais e coliformes termotolerantes), considerados como referência mundial para água e alimentos, ainda são usados como medida da eficiência dos processos de tratamento de água.

3.5. Qualidade dos solos impactados com o uso de águas residuárias

De acordo com Sammis et al. (2013), aplicar água residuária no solo é prática recomendada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, como um método de reciclagem de nutrientes e matéria orgânica e de conservação de recursos hídricos.

Os efeitos principais do uso de águas residuárias no solo dependerão de alguns fatores como: tempo de aplicação do efluente, condições edafoclimáticas, da cultura utilizada e da qualidade do efluente utilizado (LIMA, 2014).

Diversos autores (ARAUJO et al., 1999; DUARTE et al. 2007) têm encontrado benefícios aos solos e aos recursos hídricos em razão do uso de efluentes tratados na agricultura.

Os autores Medeiros et al. (2010) avaliaram o pH do solo, e os teores de N (total), fósforo, potássio e sódio. Ficou constatado o incremento nos valores para pH e para os teores de sódio e fósforo, sendo que esses dois últimos aumentos foram detectados somente nas camadas mais superficiais. Por outro lado, houve reduções nos teores de potássio e nenhuma mudança no nitrogênio total.

Um aspecto relevante a ser considerado está relacionado com o incremento dos íons de sódio, principalmente porque causa o aumento da condutividade elétrica, visto que é um efetivo dispersante que pode atuar na desestruturação dos solos, aumentando a incidência de processos degradantes como a redução da porosidade. E por consequência pode ocasionar a redução na capacidade de infiltração de água no solo e o aumento do escoamento superficial, além dos processos erosivos.

O problema de salinização e/ou alcalinização em solos é mais frequente em regiões tropicais de clima quente e seco, caracterizado por elevadas taxas de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos, a exemplo do semiárido da Região Nordeste do Brasil. Justamente nos locais onde mais se precisam da estratégia do reaproveitamento das águas.

Segundo Medeiros et al. (2010), no experimento executado sobre os impactos do uso de água residuária bruta para irrigação do cafeeiro, não foi detectado potencial de lixiviação dos cátions e ânions avaliados e, portanto, o risco de contaminação das águas subterrâneas devido ao uso de irrigação com água residuária bruta, para o solo em questão, é mínimo.

Varallo et al. (2010) embora tenham encontrado incrementos nos valores de condutividade elétrica e dos teores de sódio em decorrência do uso da água residuária, ressaltam que estes parâmetros sempre estiveram em níveis abaixo daqueles considerados prejudiciais as culturas.

A concentração de sais dissolvidos na água de irrigação não é, em muitas situações, suficiente para prejudicar a produção de muitas culturas. Os danos são em razão, quase sempre, dos sais que vão acumulando-se no solo e salinizando-o gradativamente. O problema é mais frequente nas regiões de clima árido e semiárido, na qual é comum a presença de sais solúveis na água e/ou no solo e a evapotranspiração é maior que a precipitação pluviométrica, provocando esse acúmulo de sais no solo. Para cultivo em ambiente protegido, onde a chuva não molha a área e o uso do solo é intensivo, até mesmo com a aplicação intensa de adubações, a salinização também pode ocorrer (MAROUELLI et al, 2011).

Entretanto, faz-se lembrar que é possível que esses impactos sejam potencializados ao longo de aplicações constantes de águas de reúso, sendo este mais um argumento favorável ao uso cauteloso da técnica (TAVARES, 2016; DANTAS, 2015; CARVALHO, 2013).

3.6. Solos salinos e sódicos

Segundo Ayers e Westcot (1991), o excesso de sais solúveis e/ou sódio trocável, que caracterizam os solos afetados por sais como salino, salino-sódico e sódico, dificulta a absorção de água do solo pelas plantas, induz à toxicidade de íons específicos (sódio e cloreto, principalmente), causa desequilíbrio nutricional e impede a infiltração de água no solo, provocando redução do crescimento e diminuição do rendimento das culturas.

A classificação dos solos quanto à sodicidade (solos sódicos e não-sódicos) tem por base os teores de sais solúveis e de sódio trocável. Assim, a quantidade de sódio trocável presente no solo em relação aos demais cátions adsorvidos é muito importante nos estudos de solos afetados por sais, sobretudo quando há predominância do íon sódio em relação aos demais cátions trocáveis no complexo sortivo (AMORIM et al, 2010).

Os solos salinos são encontrados em maior proporção nas regiões de clima árido e semiárido, pois a maior evapotranspiração e insuficiência de chuvas impedem que ocorra uma maior lixiviação dos sais na zona das raízes das plantas. Para saber se o solo é salino, é indispensável amostrá-lo e conhecer os valores da condutividade elétrica, os teores de sódio no complexo de troca catiônica e o grau de acidez ou alcalinidade. Nos solos salinos há uma grande diminuição da disponibilidade de água, pois aumenta a pressão osmótica na solução do solo e a planta tem inibido seu crescimento, até a morte. O manejo inadequado da irrigação, nestas áreas, contribui para aumentar a concentração de sais e a degradação do solo. O resultado é o abandono destas áreas pela redução da produção e a dificuldade de trabalhar nestes solos.

Estes solos apresentam uma condutividade elétrica maior que 4 dS/m a 25 °C, percentagem de sódio trocável (PST) menor que 15% e pH do solo menor que 8,5. Quando o PST é maior que 15% e pH raramente maior que 8,5 temos um solo salino-sódico. Quando o pH alcança de 8,5 a 10,5 temos um solo sódico. Nos solos sódicos, a parte orgânica e a argila podem chegar à superfície promovendo o escurecimento da área.

No manejo dos solos salinos, deve-se recuperá-los pela lavagem dos sais, mas com água de boa qualidade, aplicada nos solos bem drenados e com adequada profundidade efetiva.

Portanto tais solos devem possuir drenagem interna favorável (boa permeabilidade) favorecendo a lixiviação dos sais para as camadas profundas do perfil.

No manejo de solos salinos-sódicos apenas a lavagem com água de boa qualidade não é suficiente para reduzir a salinização, simultaneamente é necessário reduzir a concentração de sódio na CTC, geralmente pela gessagem; e nos solos sódicos o gesso, em geral, é utilizado.

Tavares Filho (2010) chegou à conclusão que empregando-se 100% da necessidade de gesso, a sodicidade do solo diminui para valores de RAS < 13 mmolc/dm³ e PST < 15%.

3.7. Cultura do maxixe

A cultura do maxixe (*Cucumis anguria L.*) é de origem africana, e bastante cultivada no norte e nordeste brasileiro, pertence à mesma família das cucurbitáceas como melão e pepino. Produz frutos de sabor amargo e com variações quanto à espiculosidade e ao tamanho, geralmente com massa média de 30g (PIMENTEL, 1985).

De acordo com Modolo & Costa (2003), em cultivos convencionais, a propagação, na maioria das vezes, é feita por sementes, diretamente plantadas nas covas ou em sulcos. No entanto, esses autores relatam que, pelo fato de algumas sementes de maxixe apresentarem problemas de dormência, a germinação pode ser desuniforme e demorada. Assim, como alternativa, recomenda-se a produção de mudas em bandeja, o que possibilita melhor controle das condições ambientais.

A escolha do substrato é de suma importância para a obtenção de mudas mais vigorosas, que poderão resultar em plantas mais produtivas. A fibra ou pó de coco é um resíduo orgânico derivado do mesocarpo fibroso do coco e apresenta características desejáveis para substrato para produção de mudas, podendo ser utilizado nos estádios verde ou seco (OLIVEIRA et al., 2009; SAMPAIO et al., 2008). Conseqüentemente para a execução do experimento foi preferível utilizar o plantio do maxixe em bandeja utilizando o pó de coco em detrimento ao plantio direto na cova.

No entanto, apresenta alta relação C/N, o que pode provocar deficiência de nitrogênio e resultar em mudas menos vigorosas, em substratos formados apenas com esse material (SAMPALIO et al., 2008). Por isso, segundo Oliveira (2016), o uso de fibra de coco na produção de mudas de maxixeiro é mais eficiente com as soluções nutritivas em concentrações variando de 75 a 100% da solução recomendada para o cultivo do meloeiro.

O cultivo em substrato apresenta vantagens em relação ao cultivo no solo como maior produtividade, obtenção de produtos com melhor qualidade, mais uniformes e com maior valor comercial. Ainda, permite o plantio em áreas cujos solos não são apropriados para o cultivo ou salinizados, redução de gastos com mão de obra, maior eficiência no uso da água na irrigação e melhor controle da nutrição do cultivo (MIRANDA et al., 2011). Sendo assim, ideais para uso em caso de solos salinos e/ou sódicos decorrentes do uso de efluentes como o caso do experimento em execução.

A população ideal de plantas a serem empregadas é que seja suficiente para atingir o índice de área foliar ótimo para interceptar o máximo de radiação solar útil à fotossíntese e, ao mesmo tempo, maximizar a fração da matéria seca disponível para os frutos (OLIVEIRA, 2010). Alteração na população de plantas ou no aumento da disponibilidade de radiação solar afeta indiretamente a distribuição da matéria seca entre os órgãos da planta (RESENDE, 1999).

De acordo com Marcelis (1993), de forma indireta, esse efeito ocorre mediante alterações no número de frutos em crescimento, os quais modificam a capacidade de absorção de nutrientes pela planta, à densidade de plantio, as pressões exercidas pela população de plantas afetam de modo marcante o seu desenvolvimento.

Quando a densidade de plantas por unidade de área aumenta, atinge-se um ponto no qual as plantas competem por fatores essenciais de crescimento, como nutrientes, luz e água (JANICK, 1968). Nessa mesma hortaliça, de acordo com Schwambach et al. (2002), para maximizar a produção de frutos, é necessário atingir o potencial máximo de assimilados ao nível da planta inteira e, em seguida, alocar para os frutos a maior fração possível desses assimilados.

As flores são polinizadas por diversos insetos, principalmente abelhas. A presença de colmeias próximas à lavoura proporciona aumento considerável na produtividade (MACIEL, 2017). Então, a cultura do maxixe é altamente dependente da polinização realizada pelas abelhas, em que as flores abrem e acontece a polinização no horário da manhã.

Ainda, segundo Maciel (2017), a colheita se inicia aproximadamente de 45 a 60 dias após o transplantio das mudas prolongando por mais 60 a 70 dias de acordo com o estado fitossanitário da cultura. As colheitas são constantes podendo ocorrer até 3 vezes por semana. Os frutos são colhidos manualmente destacando os pedúnculos da rama, já sendo realizada a seleção dos frutos no momento da colheita e separando os frutos por classes de acordo com o seu tamanho.

Segundo Medeiros et al. (2010), os frutos destinados ao consumo humano devem ser consumidos até 20 dias após a antese, pois nesta fase os frutos encontram-se verdes e tenros, apresentando sementes brandas, o que os torna agradáveis ao paladar.

De acordo com Oliveira et al. (2010) ainda não existem relatos na literatura sobre o padrão comercial de frutos para o maxixeiro quanto ao tamanho, de forma que os frutos devem serem colhidos quando apresentarem coloração verde intensa e massa acima de 15 g.

E conforme trabalho desenvolvido por Oliveira et al. (2010), trabalhando com a cultura do maxixeiro em cultivo convencional, observaram frutos com massa variando de 15 a 38 g.

O maxixe vem sendo cultivado ao longo dos anos em quase todo o país, em áreas marginais de pequenos agricultores e em fundos de quintais, sem nenhuma tecnologia, principalmente sem o uso de espaçamento adequado (MARTINS, 1986).

As informações existentes sobre espaçamentos para a espécie foram feitas para as condições das regiões Norte por Pimentel (1985) e Sudeste por Filgueira (2000). Os valores mais elevados para a massa média de frutos (38 g), número (78 frutos) e produção de frutos por planta (36 e 34 kg) foram obtidos, respectivamente, nos espaçamentos de 2,0 e 3,0 m entre fileiras e 1,0 m entre plantas. As maiores produtividades comerciais de frutos, 16 e 12,9 t ha⁻¹, ocorreram nos espaçamentos de 1,0 e 1,5 m entre plantas, combinados, respectivamente, com 2,0 e 1,0 m entre fileiras, enquanto que o maior espaçamento entre plantas (2,0 m) promoveu redução na produtividade de frutos (OLIVEIRA et al., 2010).

3.8. Análise multivariada

A denominação análise multivariada corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos (NETO, 2004).

Os métodos multivariados são escolhidos de acordo com os objetivos da pesquisa, pois sabe-se que a análise multivariada é uma análise exploratória de dados, prestando-se a gerar hipóteses, e não tecer confirmações a respeito dos mesmos, o que seria uma técnica confirmatória, como nos testes de hipótese, nos quais se tem uma afirmação a respeito da amostra em estudo. Embora, às vezes, possa ser utilizada para confirmação dos eventos (HAIR et al, 2005).

Existem vários métodos de análise multivariada, com finalidades bem diversas entre si. Entre as técnicas mais utilizadas estão: análise de agrupamentos, análise de componentes principais, análise de discriminante, análise de correspondência, análise fatorial, ente outras.

Embora as técnicas multivariadas que constam na literatura tenham sido criadas com o objetivo de resolver problemas específicos, como na área de biologia e psicologia, essas podem ser utilizadas para resolver muitos outros problemas práticos nas diversas áreas do conhecimento. Na maioria das vezes, os objetivos desses problemas práticos só são resolvidos mediante aplicação de mais de uma técnica multivariada, aplicadas em uma sequência (VICINI, 2005).

3.8.1 Análise de agrupamentos - AA

A análise de agrupamentos (AA), em sua aplicação, engloba uma variedade de técnicas e algoritmos, sendo que o objetivo é encontrar e separar objetos em grupos similares. Portanto, segundo Vicini (2005), a finalidade dessa técnica é reunir os objetos (indivíduos, elementos) verificados nos grupos em que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, objetivando propor classificações. Os objetos em um grupo são relativamente semelhantes, em termos dessas variáveis, e diferentes de objetos de outros grupos. Quando utilizada dessa forma, a AA é o inverso da análise de fatores, pelo fato de reduzir o número de objetos, e não o número de variáveis, concentrando-os em um número muito menor de grupos.

A AA constitui uma metodologia numérica multivariada, com o objetivo de propor uma estrutura classificatória, ou de reconhecimento da existência de grupos, objetivando, mais especificamente, dividir o conjunto de observações em um número de grupos homogêneos, segundo algum critério de homogeneidade (REGAZZI, 2001).

O dendograma (ou Fenograma) também chamado de gráfico em árvore, representa uma síntese gráfica do trabalho desenvolvido, sintetizando a informação, ocasionando uma pequena perda da mesma, pelo fato de ser uma síntese, embora aconteça essa perda de informação, esse gráfico é de grande utilidade para a classificação, comparação e discussão de agrupamentos. Existem duas formas de representar um dendograma. Uma vertical e a outra horizontal, na qual no dendograma horizontal, as linhas verticais (eixo y) representam os grupos unidos por ordem decrescente de semelhança e a posição da reta no eixo x indica as distâncias entre os grupos que foram formados.

A distância euclidiana é a medida de distância mais utilizada para a análise de agrupamentos. Considerando o caso mais simples, no qual existem n indivíduos, onde cada um dos quais possuem valores para p variáveis, a distância euclidiana entre eles é obtida mediante o teorema de Pitágoras para um espaço multidimensional.

3.8.2 Análise de componentes principais - ACP

A análise de componentes principais tem por objetivo descrever os dados contidos num quadro indivíduos-variáveis numéricas: p variáveis serão mediadas com n indivíduos. Esta é considerada um método fatorial, pois a redução do número de variáveis não se faz por uma simples seleção de algumas variáveis, mas pela construção de novas variáveis sintéticas, obtidas pela combinação linear das variáveis iniciais, por meio dos fatores (BOUROCHE, 1982).

Segundo Vicini (2005), ACP é uma técnica matemática da análise multivariada, que possibilita investigações com um grande número de dados disponíveis. Possibilita, também, a identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre os resultados, sem perdas significativas de informações. Além disso, transforma um conjunto original de variáveis em outro conjunto: os componentes principais (CP) de dimensões equivalentes. Essa transformação, em outro conjunto de variáveis, ocorre com a menor perda de informação possível, sendo que esta também busca eliminar algumas variáveis originais que possuam pouca informação. Essa redução de variáveis só será possível se as p variáveis iniciais não forem independentes e possuírem coeficientes de correlação não-nulos.

A ideia matemática do método é conhecida há muito tempo, apesar do cálculo das matrizes dos autovalores e autovetores não ter sido possível até o advento da evolução dos computadores. O seu desenvolvimento foi conduzido, em parte, pela necessidade de se analisar conjuntos de dados com muitas variáveis correlacionadas (VICINI, 2005).

Intuitivamente, percebe-se que, quanto maior for o número de variáveis, e quanto mais estas forem interdependentes entre si (algumas têm variância grande, algumas têm variância média, e outras têm variância pequena, e as correlações entre elas assumem valores muito diferentes entre si), será mais fácil comparar indivíduos baseando-se nos valores dessas variáveis originais (REGAZZI, 2001). Essa interdependência é representada pela matriz de variância-covariância, ou pela matriz de correlação R .

3.8.3 Análise fatorial - AF

É formada por um conjunto de técnicas estatísticas e possui como objetivo reduzir o número de variáveis iniciais com a menor perda possível de informação. E não se refere, apenas, a uma técnica estatística, mas a um conjunto de técnicas relacionadas, para tornar os dados observados mais claros para a interpretação. Isso é feito analisando-se os inter-relacionamentos entre as variáveis, de tal modo que essas possam ser descritas convenientemente por um grupo de categorias básicas, em número menor que as variáveis originais, chamado fatores (VICINI, 2005).

Tanto a análise de componentes principais, quanto a análise fatorial, são técnicas da análise multivariada, que são aplicadas a um conjunto de variáveis, para descobrir quais dessas são mais relevantes, na composição de cada fator, sendo estes independentes um dos outros. Os fatores, que são gerados, são utilizados de maneira representativa do processo em estudo e utilizados para análises futuras.

O objetivo da ACP não é explicar as correlações existentes entre as variáveis, mas encontrar funções matemáticas, entre as variáveis iniciais, que expliquem o máximo possível da variação existente nos dados e permita descrever e reduzir essas variáveis. Já a AF explica a estrutura das covariâncias, entre as variáveis, utilizando um modelo estatístico casual e pressupondo a existência de p variáveis não-observadas e subjacentes aos dados. Os fatores expressam o que existe de comum nas variáveis originais (REIS, 1997).

Em resumo, segundo Vicini (2005), a AF é um método para determinar o número de fatores existente em um conjunto de dados e serve para determinar quais testes, ou variáveis pertencem as quais fatores. A AF, em seus resultados, apresenta alguns conceitos que devem ser entendidos, para que haja uma interpretação correta dos dados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado em ambiente protegido situado na Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão/Sergipe, no Departamento de Engenharia Agrônômica (DEA), na localização geográfica de 10°55'46''S latitude e 37°06'13''O longitude, a uma altitude de 8 m.

O ambiente protegido (Figura 1) no qual foi realizado o experimento possui 12,20 m de comprimento, 5,30 m de largura, e com pé direito de 3,00 m. A cobertura estrutural feita de polietileno transparente de baixa densidade com 0,15 mm de espessura (150 micron) em que minimizam os impactos provocados pelos temporais e chuvas, as laterais do ambiente protegido são de telas que protegem as culturas e facilita a circulação do ar, o modelo do teto é de arco simples que é de fácil construção, apresentando manutenção de custo relativamente baixo, além de um alto coeficiente de aproveitamento de raios solares e praticidade na colocação do plástico (CARVALHO, 2013).

Figura 1: Ambiente protegido do DEA/UFS



Fonte: Ezio Pinto (2018)

4.2 Descrição experimental

O experimento foi realizado em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), no qual consistiu em três tratamentos (T1 – 100 % água tratada, T2 – 50% água tratada + 50% efluente de ETE e T3 – 100% efluente de ETE), com oito repetições.

Para condução do experimento foi realizada uma ampla limpeza do ambiente protegido, antecedendo a organização do local para o início da experimentação, na qual foi removido todo o material existente que possivelmente afetaria o processo completo do experimento, com o intuito de preservar qualquer intervenção externa no processo de semeadura e irrigação da cultura.

O solo utilizado foi retirado do Campus Rural, fazenda experimental da Universidade Federal de Sergipe, sendo caracterizado por ser areno-argiloso. A coleta foi realizada em novembro de 2014 e a profundidade utilizada na coleta foi de até 20 centímetros. Este solo já havia sido utilizado em outros experimentos com utilização de águas residuárias domésticas na irrigação das culturas do feijão, pimentão e quiabo.

Para a realização dos tratamentos foram coletadas águas de duas fontes distintas: água tratada da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), coletada diariamente em uma torneira, localizada dentro do ambiente protegido e água residuária tratada, proveniente da ETE do Rosa Elze, situado no município de São Cristóvão/SE (Figura 2). A água residuária tratada foi coletada em recipientes plásticos de 5 litros com tampa e transportado até a casa de vegetação semanalmente.

Figura 2: Lagoa de estabilização da ETE Rosa Elze / São Cristóvão



Fonte: Ezio Pinto (2018)

A cultura escolhida para a execução do experimento foi o maxixe (*Cucumis anguria*) cujo ciclo de cultivo é de 70 dias. O plantio foi realizado no dia 21 de maio de 2018 em bandeja com 128 células (figura 3) utilizando pó de coco como substrato e após 15 dias da data da semeadura foi realizado o transplante para os vasos em definitivo (figura 4).

Figura 3: Plantio na bandeja do maxixe



Figura 4: Casa de vegetação com os vasos de 22L



Fonte: Ezio Pinto (2018)

Foram utilizados vasos plásticos em formato de braço de cone (diâmetro superior de 29,0 cm, diâmetro inferior de 16,5 cm e altura de 50 cm), perfazendo um volume de $22,08 \text{ dm}^3$. As amostras de solo foram retiradas antes do transplante no dia 23 de abril e enviadas para análise no Instituto Tecnológico de Pesquisa de Sergipe (ITPS). Após a análise, na data de 05 de maio, foi realizada a adubação de fundação para todos os tratamentos (2,52 g de ureia + 7,1 g de superfosfato simples + 2,84 g de cloreto de potássio) totalizando 12,46 g da mistura por vaso (figura 5 e 6), não foi necessária a realização da calagem, visto que o resultado da análise do ITPS constatou que o pH de todos os tratamentos variou entre 5,5 e 6,5 (ideais para a cultura).

Figura 5: Mistura da adubação química

Figura 6: Adubação de fundação



Fonte: Ezio Pinto (2018)

4.3 Estação meteorológica e irrigação

Uma estação meteorológica automática foi instalada no ambiente protegido, para monitorar as seguintes variáveis meteorológicas: temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar. Estes parâmetros foram utilizados para estimar a demanda hídrica da cultura do maxixe utilizando metodologia proposta no FAO 56 (ALLEN, 1998).

A demanda evapotranspirométrica de referência no interior do ambiente protegido foi estimada diariamente, utilizando-se o método padrão FAO 56 Penman-Monteith. De acordo com a equação 1:

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

Variáveis:

ET_0 = Evapotranspiração de referência, mm.dia^{-1}

Δ = inclinação da curva de pressão de vapor de saturação, $\text{kPa.}^\circ\text{C}^{-1}$

R_n = saldo de radiação na superfície, $\text{MJ.m}^2.\text{dia}^{-1}$

G = fluxo de calor no solo, $\text{MJ.m}^2.\text{dia}^{-1}$

γ = constante psicométrica, $\text{kPa.}^\circ\text{C}^{-1}$

T = temperatura do ar medida a dois metros de altura, $^\circ\text{C}$

U_2 = velocidade do vento medida a dois metros de altura, m.s^{-1}

e_s = pressão de saturação do vapor d'água, kPa

e_a = pressão do vapor d'água atual, kPa

As variáveis necessárias para o método FAO 56 (temperatura, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento) foram obtidas diariamente através da estação meteorológica automática. Para a estimativa da evapotranspiração da cultura, utilizou-se o produto da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de cultura (K_c). O coeficiente de cultura foi obtido no boletim FAO 56.

A aplicação de água foi realizada a partir dos três tratamentos (T1 – 100 % água tratada, T2 – 50% água tratada + 50% efluente de ETE e T3 – 100% efluente de ETE) utilizando água DESO e água residuária que foram distribuídas sobre os tratamentos por meio de proveta de 500 mL graduada a cada 10 mL diretamente no vaso, semelhante a uma irrigação localizada.

4.4 ETE - Estação de tratamento de esgoto e coleta do efluente

A água residuária utilizada no experimento foi oriunda da Estação de Tratamento de Esgotos localiza-se no Bairro Rosa Elze em São Cristóvão, Sergipe. A ETE Rosa Elze foi construída na década de 80 e mantida e operada pela DESO e é responsável pelo tratamento dos esgotos provenientes dos bairros Rosa Elze e Eduardo Gomes, atuando com vazão aproximada de 7,6 L.s⁻¹, composta por cinco lagoas de estabilização disposta em série, sendo duas facultativas e três de maturação perfazendo uma área total de 29.650 m². Descrição das características físicas na Tabela 1:

Tabela 1: Características físicas da ETE

Lagoa	Profundidade (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Facultativa Primária	2.00	8.735	17.470
Facultativa Secundária	1.98	6.962	13.785
Maturação 1	1.96	4.712	9.236
Maturação 2	1.94	4.618	8.959
Maturação 3	1.92	4.623	8.876

Fonte: Planta baixa do projeto do sistema de lagoas de estabilização Rosa Elze fornecida pela DESO (2012).

A ETE utilizada no trabalho é alimentada pelo esgoto sanitário em dois pontos: um na lagoa facultativa primária, que representa a maior contribuição do sistema, segundo informações da DESO, recebendo o esgoto proveniente da estação elevatória; outro na lagoa facultativa secundária, na qual recebe o esgoto por gravidade. Em ambos, o esgoto chega à

unidade de pré-tratamento, composto por grade e caixa de areia, sendo então encaminhado às lagoas de estabilização (DANTAS, 2015).

Após o tratamento, a água residuária era coletada semanalmente da ETE da última lagoa e transportada até o ambiente protegido através de quatro recipientes plásticos de 5 litros (Figura 7). A água tratada da DESO era coletada em uma torneira localizada no ambiente protegido. Ao todo foram realizadas 10 coletas ao longo do experimento de efluentes em que esse quantitativo de coletas variava de acordo com a necessidade hídrica, determinada em função da cada uma das quatro fases fenológicas da cultura, de acordo com a FAO (1998). Por não apresentar o Kc da cultura do maxixe, foi realizada uma aproximação a partir da cultura do Pepino, visto que fazem parte da mesma família.

Figura 7: Coleta de efluente na ETE do Rosa Elze



Fonte: Ezio Pinto (2018)

4.5 Condução do experimento

Após o transplântio das mudas de maxixe foram realizadas irrigações em todos os tratamentos com água tratada a quantidade 500 mL de água por dia, com a finalidade de manter um bom desenvolvimento das plantas com uniformidade e bom desenvolvimento radicular das plantas dos tratamentos e em todos os vasos eram realizadas as drenagens.

A partir do dia 11 de junho de 2018 (21 dias após o transplântio), foram iniciadas as irrigações com os tratamentos (T1 – 100 % água tratada, T2 – 50% água tratada + 50% efluente de ETE e T3 – 100% efluente de ETE) e já utilizando o ETo para calcular a demanda hídrica da cultura do maxixe (Figura 8).

Figura 8: Irrigação com os Tratamentos T1, T2 e T3



Fonte: Ezio Pinto (2018)

Após 28 dias do transplântio do maxixe, foi necessário realizar o tutoramento do cultivo visto que o hábito de crescimento da planta é rasteiro e as gavinhas são fundamentais para fixação da planta no solo. Entretanto, como o cultivo foi realizado em ambiente protegido, foi necessário realizar o tutoramento das plantas nos vasos, na qual as gavinhas das plantas auxiliavam na fixação e na condução do crescimento da planta na vertical, utilizando estacas de madeira de 2,5 a 3,0 m de altura (Figura 9). Para facilitar a condução, além das gavinhas das plantas foram utilizadas também amarrações de barbante.

O tipo de condução do cultivo de maxixe foi tutoramento com estacas, que consiste em amarrar uma das pontas de um fitilho na haste da planta, logo abaixo da segunda ou terceira folha e a outra no arame e à medida que a planta for crescendo, enrola-se a haste no fitilho. O tutoramento era realizado semanalmente, à medida que a planta foi crescendo.

Figura 9. Tutoramento do maxixe



Fonte: Ezio Pinto (2018)

Com as plantas conduzidas em ambiente protegido com o crescimento na vertical, os frutos não ficavam em contato com o solo, favorecendo a diminuição de frutos com um defeito denominado de “barriga branca”, outro aspecto favorável do tipo de condução foi em relação ao não contato do fruto com o solo. O que resulta em diminuição e até garantia de não contaminação do fruto por parte do efluente de irrigação.

No dia 25 de junho (34 dias após o transplantio) foram necessárias doses duplicadas de irrigação visto que as plantas começaram a apresentar estresse hídrico em decorrência do aumento de demanda da água por parte da cultura. No dia 04 de julho, foi realizada a primeira colheita do maxixe (43 dias após o plantio). Os parâmetros registrados (Figura 10) em relação a colheita dos frutos foram: altura do fruto (mm), diâmetro do fruto (mm) e peso do fruto (g). Os diâmetros transversal (DT) e longitudinal (DL) foram determinados utilizando um paquímetro digital. Também foram registrados o desenvolvimento e crescimento das plantas, com medições semanais.

Figura 10. Medição dos frutos



Fonte: Ezio Pinto (2018)

Para o tratamento T1 foi realizada a adubação de cobertura, 35 dias após o plantio. Para os demais tratamentos não houve a necessidade de adubação visto que existe o aporte nutricional oriundo dos efluentes. A adubação de T1 foi feita via fertirrigação para obtenção de uma melhor absorção por parte da planta. Os valores da adubação foram: 8,6g de Ureia e 6,5g de KCl (figura 11) no dia 05/07/18 e de 9,0g de Ureia e 7,0g de KCl (Figura 11) no dia 11/07/18. O objetivo do parcelamento da adubação foi reduzir a perda do nutriente por lixiviação.

Figura 11: Adubação de cobertura T1 - fertirrigação



Fonte: Ezio Pinto (2018)

Dentre as pragas e doenças apresentadas na execução do experimento foi relatada a presença de mosca-braca (*Bemisia tabaci*), durante o período que as mudas estavam na bandeja e após o plantio em definitivo nos vasos. Para controlar a incidência dessa praga, foi aplicada uma solução de sabão neutro (5%), visto que no momento da realização do controle da praga já estava no período de floração da cultura e não havia inseticida disponível registrado para controlar nessa fase de floração da cultura.

Em relação aos demais tratos culturais da cultura do maxixe, foi necessário realizar a polinização artificial, visto que é uma cultura que é altamente dependente da polinização de insetos, principalmente as abelhas, então como o local do experimento foi em um ambiente protegido, necessitou da realização da polinização manual na qual foi necessário favorecer o encontro das folhas masculinas com as femininas (presença do ovário) para que fosse realizada a polinização e conseqüentemente o desenvolvimento do fruto do maxixeiro.

Ao todo foram realizadas 6 colheitas dos frutos, ao final de 78 dias após o plantio, no dia 07 de agosto de 2018. Ao término do experimento foram determinadas as matérias secas das plantas, tanto da parte aérea das folhas como dos ramos, seca em estufa a 65 °C por 72 h.

Os frutos colhidos foram levados para serem feitas análises microbiológicas no ITPS afim de verificar a qualidade e o nível de contaminação dos frutos em comparação aos tipos de tratamento de irrigação.

4.6 Análise dos parâmetros do solo

Foram realizadas ao todo três análises completas de solo (antes do plantio, durante o desenvolvimento da cultura e após a colheita final do plantio) para que fossem analisadas e comparadas através de análises multivariadas dos parâmetros de solos.

Foram analisados os seguintes parâmetros de fertilidade do solo: pH, Cálcio (Ca) + Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Alumínio (Al), Sódio (Na), Potássio (K), Fósforo (P), Matéria Orgânica (M.O.), Magnésio (Mg), Hidrogênio (H) + Alumínio (Al), Soma das Bases Trocáveis (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Percentual de Sódio Trocável (PST), Índice de Saturação das Bases (V) e Condutividade Elétrica (CE).

As datas das análises de solo foram: 03/05/18 (antes do plantio), 11/07/18 (durante o ciclo da cultura após 51 dias de plantio) e por fim no dia 03/08/18 (ao término do ciclo da cultura que foi até 78 dias). Todas as análises foram realizadas no ITPS e a forma de coleta do solo foram padronizadas (figura 12). Cada tratamento teve coletas de cada repetição somando o total aproximadamente de 1 kg de sub-amostras de solos coletados.

Figura 12: Coleta de solo para análise no Instituto Tecnológico de Pesquisa de Sergipe



Fonte: Ezio Pinto (2018)

4.7 Qualidade da água para irrigação

O conhecimento da qualidade da água, quando coletada no manancial representativo da área do trabalho, é de extrema importância, uma vez que será utilizada para orientação nas práticas de irrigação e drenagem e na seleção de cultivos, além de possibilitar a classificação para fins de irrigação, o balanço de sais e o seu movimento no solo.

Outro aspecto analisado foi em relação ao tipo da qualidade da água para irrigação. Foram realizadas três análises das águas utilizadas nos tratamentos dos experimentos (a água DESO e o Efluente). Foram analisados os aspectos relacionados com qualidade da água para irrigação. Os parâmetros verificados foram: Carbonatos, bicarbonatos, cloretos, pH, Condutividade Elétrica, RAS, Sulfatos, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio e a classificação da qualidade da água quanto a salinidade e alcalinidade. E a análise microbiológica de coliformes termotolerantes.

As datas das três coletas foram nos dias 11/06/18 (primeira coleta), 03/07/18 (segunda coleta) e 30/07/18 (terceira e última coleta) (Figura 13). As análises consistiram na retirada de um pequeno volume de água, um litro (1 L), da fonte desejada e transportada em garrafa de plástico (para análise dos parâmetros de irrigação) e de vidro (200 mL) (para análise microbiológica de termotolerantes) ao laboratório para efeito de análise na qual foram realizadas pelo ITPS, coletados em temperatura ambiente e entregues no mesmo dia da coleta. Pois variações de qualidade da água no tempo por influência de fenômenos hidro-geoclimáticos devem ser registradas. Finalmente a conservação da amostra e o tempo que ela deve demorar a ser analisada influenciarão na confiabilidade dos resultados da análise. As análises realizadas seguiram o método descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Figura 13: Coleta de efluente e água tratada para análise no ITPS



Fonte: Ezio Pinto (2018)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Parâmetros de fertilidade do solo

Ao todo foram realizadas três coletas de solos: a primeira realizada antes do experimento (03/05/2018), a segunda durante o ciclo da cultura (11/07/2018) na qual foram realizadas as adubações de plantio previamente e por fim a terceira coleta para análise foi realizada após o término do ciclo da cultura de 70 dias (03/08/2018).

Nas Tabelas 2, 3 e 4, podem ser observados, respectivamente, os resultados dos tratamentos T1 (água tratada), T2 (água tratada + efluente) e T3 (efluente) das características da fertilidade do solo das análises.

Tabela 2: Análise de solo do tratamento T1 (água tratada)

Parâmetro	Unidade	03/05/2018	11/07/2018	03/08/2018
pH em água		6,24	5,95	6,30
Cálcio + Magnésio	cmolc/dm ³	3,68	5,74	4,35
Cálcio	cmolc/dm ³	3,03	5,15	3,31
Alumínio	cmolc/dm ³	<0,08	<0,08	<0,08
Sódio	cmolc/dm ³	0,209	0,548	0,143
Potássio	cmolc/dm ³	0,23	0,72	0,11
Fósforo	mg/dm ³	63,30	157,00	165,00
Matéria Orgânica	g/dm ³	9,84	3,71	9,85
Magnésio	cmolc/dm ³	0,65	0,59	1,04
Hidrogênio + Alumínio	cmolc/dm ³	1,05	0,672	0,672
SB – Soma das Bases Trocáveis	cmolc/dm ³	4,12	7,01	4,60
CTC	cmolc/dm ³	5,17	7,68	5,27
PST	%	4,04	7,14	2,71
V – Índice de Saturação das Bases	%	79,70	91,30	87,30

Fonte: Análise realizada pelo ITPS (2018).

Tabela 3: Análise de solo do tratamento T2 (água tratada + efluente)

Parâmetro	Unidade	03/05/2018	11/07/2018	03/08/2018
pH em água		6,60	6,34	6,51
Cálcio + Magnésio	cmolc/dm ³	3,51	6,66	3,50
Cálcio	cmolc/dm ³	3,31	5,16	3,05
Alumínio	cmolc/dm ³	<0,08	<0,08	<0,08
Sódio	cmolc/dm ³	0,287	0,778	0,267
Potássio	cmolc/dm ³	0,05	0,51	0,04
Fósforo	mg/dm ³	87,00	148,00	250,00
Matéria Orgânica	g/dm ³	8,26	5,16	10,30
Magnésio	cmolc/dm ³	0,20	1,50	0,45
Hidrogênio + Alumínio	cmolc/dm ³	0,857	0,309	0,489
SB – Soma das Bases Trocáveis	cmolc/dm ³	3,85	7,95	3,81
CTC	cmolc/dm ³	4,71	8,26	4,30
PST	%	6,09	9,42	6,21
V – Índice de Saturação das Bases	%	81,7	96,3	88,6

Fonte: Análise realizada pelo ITPS (2018).

Tabela 4: Análise de solo do tratamento T3 (efluente)

Parâmetro	Unidade	03/05/2018	11/07/2018	03/08/2018
pH em água		6,59	6,12	6,49
Cálcio + Magnésio	cmolc/dm ³	4,31	5,83	4,57
Cálcio	cmolc/dm ³	3,98	4,83	3,25
Alumínio	cmolc/dm ³	<0,08	<0,08	<0,08
Sódio	cmolc/dm ³	0,306	0,839	0,322
Potássio	cmolc/dm ³	0,07	0,36	0,06
Fósforo	mg/dm ³	80,00	126,00	212,00
Matéria Orgânica	g/dm ³	9,85	3,03	8,53

Magnésio	cmolc/dm ³	0,33	1,00	1,32
Hidrogênio + Alumínio	cmolc/dm ³	0,857	0,489	0,672
SB – Soma das Bases Trocáveis	cmolc/dm ³	4,69	7,03	4,95
CTC	cmolc/dm ³	5,55	7,52	5,62
PST	%	5,51	11,20	5,73
V – Índice de Saturação das Bases	%	84,5	93,5	88,10

Fonte: Análise realizada pelo ITPS (2018).

Analisando a Tabela 2 foi perceptível que após a adubação de fundação houve o aumento da disponibilidade de nutrientes para a planta. Mas após o ciclo final ficou a evidência que o pH pouco foi alterado na comparação com o início do ciclo, elevou em 0,1. Por outro lado, aumentou a disponibilidade da maioria dos nutrientes para a planta, com exceção do potássio e do sódio que reduziram. A soma das bases elevou um pouco junto com a CTC e o índice de saturação das bases. Entretanto, a PST foi reduzida.

Já na situação da tabela 3 foi perceptível ver o aporte nutricional do efluente em relação ao T1, já que no T2 não ocorreu adubação de cobertura, ao contrário do T1 que teve adubação de nitrogênio e potássio para complementar a adubação. Principalmente ao analisar o T3 na qual o aporte nutricional do efluente é ainda maior para o fósforo e o magnésio, visto que não existe a diluição em água. Não corroborando com os resultados obtidos por Duarte et al (2007), que não constataram, em geral, alterações significativas nas concentrações de fósforo. Por outro lado, o mesmo autor também constatou que não houve alterações significativas no pH e no potássio, nesse caso foram observados resultados semelhantes aos obtidos no experimento de maxixe.

O pH tanto de T2 e T3 reduziram 0,1 do começo do cultivo até o final do ciclo da cultura. Em relação ao cálcio, as irrigações com efluentes não resultaram em aportes consideráveis para a cultura. O sódio não modificou consideravelmente em T2 e T3. Por outro lado, ocorreu um grande aporte de fósforo nos tratamentos T2 e T3 em decorrência do efluente.

O magnésio também foi outro nutriente que teve grande aumento em decorrência do uso do efluente na irrigação. Em nenhum dos tratamentos tiveram problemas de Alumínio (Al) na qual todos ficaram abaixo de 0,08 cmolc/dm³.

Em relação a Matéria Orgânica (M.O.) a diferença no início para o final de T1 foi irrelevante, aumentando apenas 0,01 g/dm³. Já em T2 ocorreu uma elevação na matéria orgânica de 2,04 g/dm³ e no T3 resultou na redução de M.O. em 0,32 g/dm³.

A presença da matéria orgânica é de fundamental importância para a CTC e para disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas. A diminuição nos teores de MO em solos irrigados com água residuária também foram observados por Duarte et al. (2007), sendo justificada, provavelmente, pela alta concentração de nitrogênio e carbono que pode ter favorecido a rápida mineralização e diminuição dos teores de matéria orgânica dos solos desses tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por Azevedo e Oliveira (2005) aplicando efluente tratado na cultura do pepino.

Analisando os resultados das tabelas 2, 3 e 4 ficaram evidente as seguintes características das análises dos solos: o pH no T2 variou pouco. O Cálcio + Magnésio se manteve estável e o sódio em T3 também se manteve estável. Houve um aumento no aporte de matéria orgânica nos tratamentos com efluentes, por outro lado, houve a diminuição do cálcio nos três tratamentos, mas principalmente nos tratamentos que utilizaram efluentes. Ocorreu aumento do teor de magnésio em todos os tratamentos. O efluente não apresentou um aporte de cálcio considerável para os tratamentos T2 e T3.

Um aspecto importante foi em relação ao aumento de aporte de fósforo no solo em todos os tratamentos, mas principalmente em T2 e T3 em decorrência do aporte nutricional de P oriundo do efluente. Também houve o aumento no potássio apesar de não ser visível na análise do solo, o motivo é em decorrência da absorção da planta de K (potássio), principalmente ao analisar o T3.

5.2 Parâmetros de qualidade da água para irrigação

Com relação aos parâmetros de água para irrigação, os seguintes resultados das análises do ITPS para água tratada da DESO podem ser observados na Tabela 5 e para a fonte de efluente da ETE Rosa Elze na Tabela 6.

Tabela 5: Análise da qualidade da água para irrigação fonte água tratada DESO

Parâmetro	Unidade	11/06/2018	03/07/2018	30/07/2018
-----------	---------	------------	------------	------------

Carbonatos	meq CO ₃ / L	<0,07	<0,07	<0,07
Bicarbonatos	meq HCO ₃ / L	1,71	1,1	1,28
Cloretos	meq Cl / L	1,575	1,031	1,43
pH		7,27	7,13	7,2
Condutividade Elétrica - CE	μS/cm	456,9	307,7	403,5
RAS – Relação Adsorção de Sódio		1,01	1,13	0,89
Sulfatos (Irrigação)	meq SO ₄₌ / L	0,9	0,95	1,2
Cálcio	meq Ca / L	2,711	1,908	2,356
Magnésio	meq / L	0,205	< 0,037	0,437
Sódio	meq Na / L	1,22	1,1	1,051
Potássio	meq K / L	0,049	0,063	0,076
Classificação Perigo de Salinidade		C2	C2	C2
Classificação Perigo de % Alcalinidade		S1	S1	S1

Fonte: Análise realizada pelo ITPS (2018).

Tabela 6: Análise da qualidade da água para irrigação fonte efluente da ETE Rosa Elze

Parâmetro	Unidade	11/06/2018	03/07/2018	30/07/2018
Carbonatos	meq CO ₃ / L	<0,07	<0,07	<0,07
Bicarbonatos	meq HCO ₃ / L	5,15	4,53	5,32
Cloretos	meq Cl / L	2,529	2,076	2,42
pH		7,73	7,62	7,59
Condutividade Elétrica – CE	μS/cm	936,2	694,5	849,9
RAS – Relação Adsorção de Sódio		2,24	5,00	2,53
Sulfatos (Irrigação)	meq SO ₄₌ / L	1,2	0,3	0,45
Cálcio	meq Ca / L	1,954	1,106	1,651

Magnésio	meq / L	1,968	< 0,037	1,558
Sódio	meq Na / L	3,13	3,72	3,203
Potássio	meq K / L	0,956	0,228	1,368
Classificação Perigo de Salinidade		C3	C2	C3
Classificação Perigo de Alcalinidade	%	S1	S1	S1
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100 mL	$1,6 \times 10^6$	$2,2 \times 10^5$	$2,2 \times 10^4$

Fonte: Análise realizada pelo ITPS (2018).

De acordo com as Tabelas 5 e 6, os carbonatos em ambas as fontes de água apresentaram baixo valor nutricional de carbonatos. Os bicarbonatos estão presentes nos efluentes quatro vezes mais que em comparação a água tratada. E quanto aos cloretos, o valor dobra.

O pH do efluente é mais alcalino em relação ao da água tratada sendo o mesmo 0,5 maior que a fonte da DESO. E a condutividade elétrica do efluente é praticamente o dobro em relação a água tratada, confirmando resultados semelhantes aos apresentados por Cuba et al., (2015) em que o monitoramento do pH e da condutividade elétrica dos três tratamentos realizado diariamente possibilitou verificar a ocorrência de oscilação dos valores do pH ao longo do cultivo de alface. A quantidade de magnésio, potássio e fósforo do efluente em relação é bem maior que a água tratada, mas por outro lado, a quantidade de cálcio é menor.

Um dos aspectos que resultam em grandes preocupações com a irrigação de efluentes, está relacionado com a quantidade de sódio presente nos efluentes, e nos resultados das análises ficou evidente essa grande quantidade de sódio no efluente doméstico quando comparado a água tratada. O valor de sódio é três vezes maior. Consequentemente a RAS (Relação Adsorção do Sódio) é bem maior no efluente do que na fonte de água da DESO, por isso, na classificação quanto ao perigo de salinidade, os efluentes da ETE do Rosa Elze foram classificados como C3 enquanto que a fonte da DESO de água tratada a classificação foi de C2.

Por fim, uma das grandes preocupações estaria em relação à sodicidade do solo em decorrência do uso de efluente para irrigação. Os resultados analisados mostram que apesar do valor de sódio na água de efluente ser três vezes maior que a água tratada, considerando o ciclo da cultura do maxixe, nas análises de solo não resultou em uma sodicidade do solo. Avaliando o solo durante o ciclo da cultura do maxixe (70 dias).

Entretanto, existem diversos trabalhos que apontam ao longo do tempo, o solo irrigado por efluentes apresentará problemas de sodicidade no solo. Mas para a situação analisada para o ciclo dos 70 dias, não houve problema de sodicidade no solo em estudo.

5.3 Análise multivariável dos parâmetros de fertilidade do solo

Todas as análises estatísticas multivariadas foram processadas no software STATISTICA[®] VERSÃO 7.0 (STATSOFT, 2004). Com a técnica da análise multivariada é possível explicar o máximo de correlação entre as variáveis e descobrir quais delas contribuem mais para a caracterização e, ou, alteração do solo (FREITAS et al., 2014). Diversas pesquisas têm aplicado a técnica multivariada para análise de dados de solos (PRAGANA et al., 2012). A seguir seguem os gráficos 1, 2 e 3 das análises multivariável dos parâmetros de fertilidade do solo. A representação escolhida foi através do dendrograma, obtido da matriz de dados padronizados, pela análise de agrupamento objetivando avaliar a relação dos parâmetros entre si.

Gráfico 1: Dendrograma de 8 variáveis para fertilidade de solo T1

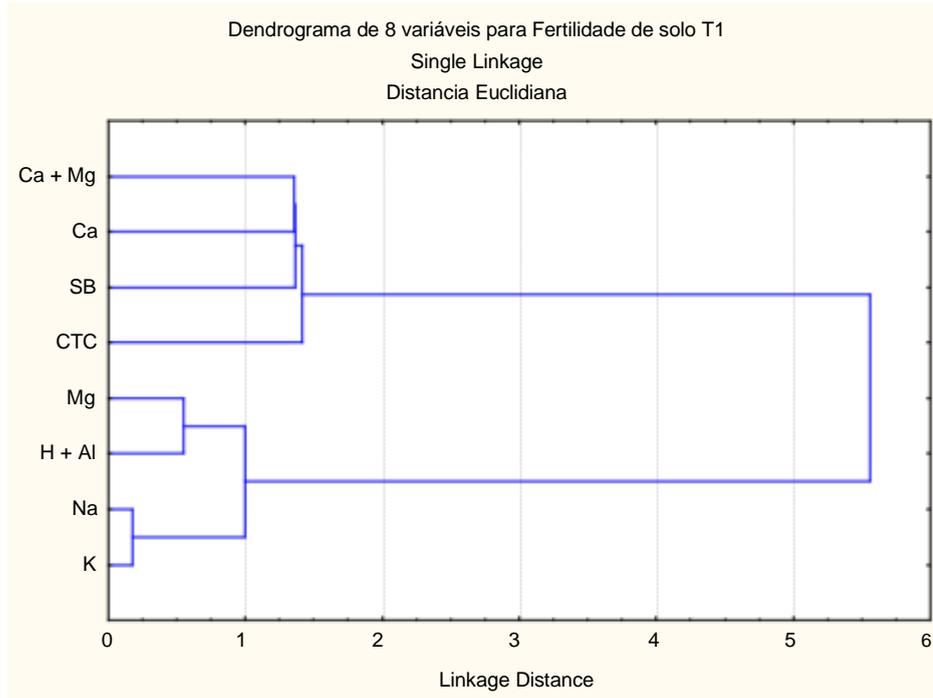


Gráfico 2: Dendrograma de 8 variáveis para fertilidade de solo T2

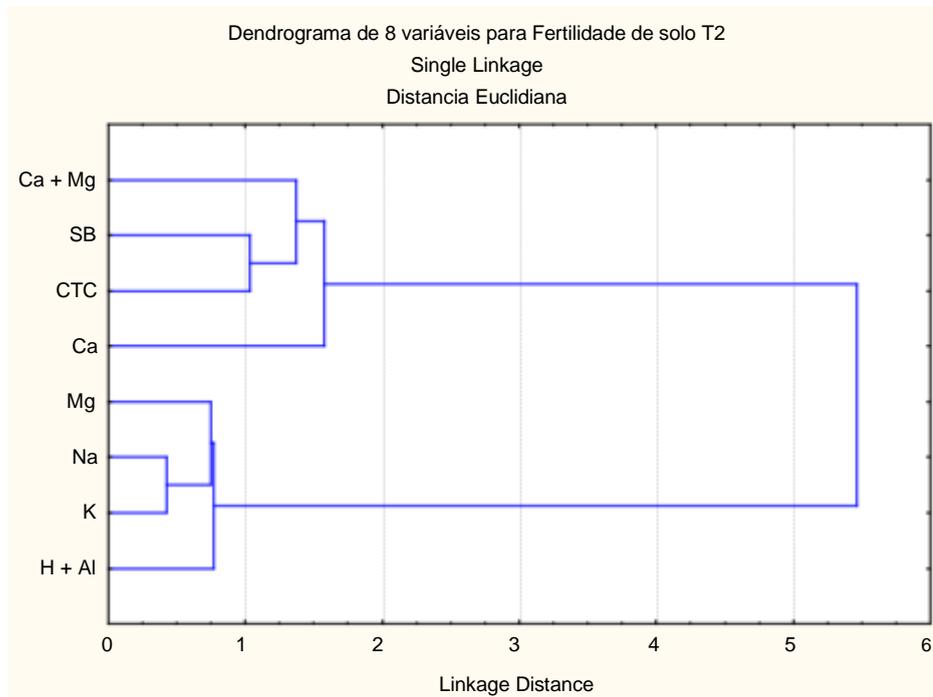
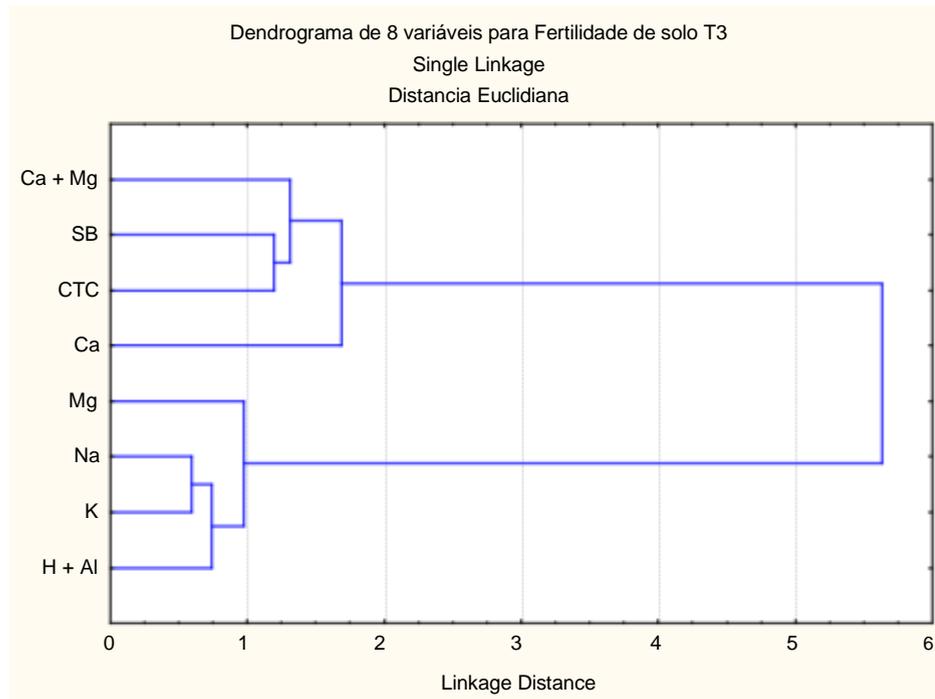


Gráfico 3: Dendrograma de 8 variáveis para fertilidade de solo T3



O resultado da análise de componente principal para fertilidade de solo de 8 parâmetros de T1, T2 e T3 podem ser observados nas Tabelas 7, 8 e 9, respectivamente.

Tabela 7: Contribuição entre cada componente principal para fertilidade de solo de 8 parâmetros de T1

Parâmetro	CP1	CP2
Ca +Mg	<u>-0,961923</u>	0,273319
Ca	<u>-0,997247</u>	0,074155
Mg	0,563861	<u>0,825870</u>
Na	<u>-0,980048</u>	-0,198763
K	<u>-0,972657</u>	-0,232247
H + Al	0,540673	<u>-0,841233</u>
SB	<u>-0,994178</u>	0,107749
CTC	<u>-0,999923</u>	-0,012448
Expl. Var	6,424853	1,575147

Prp. Totl	0,803107	0,196893
-----------	----------	----------

Tabela 8: Contribuição entre cada componente principal para fertilidade de solo de 8 parâmetros de T2

Parâmetro	CP1
Ca + Mg	<u>-0,998202</u>
Ca	<u>-0,985506</u>
Mg	-0,992200
Na	<u>-0,995790</u>
K	<u>-0,997124</u>
H + Al	<u>0,788823</u>
SB	<u>-0,997846</u>
CTC	<u>-0,988544</u>
Expl. Var	7,533103
Prp. Totl	0,941638

Tabela 9. Contribuição entre cada componente principal para fertilidade de solo de 8 parâmetros de T3

Parâmetro	CP1	CP2
Ca +Mg	<u>-0,998096</u>	0,061685
Ca	<u>-0,837202</u>	-0,546893
Mg	-0,295730	<u>0,955272</u>
Na	<u>-0,997374</u>	-0,072421
K	<u>-0,991791</u>	-0,127869

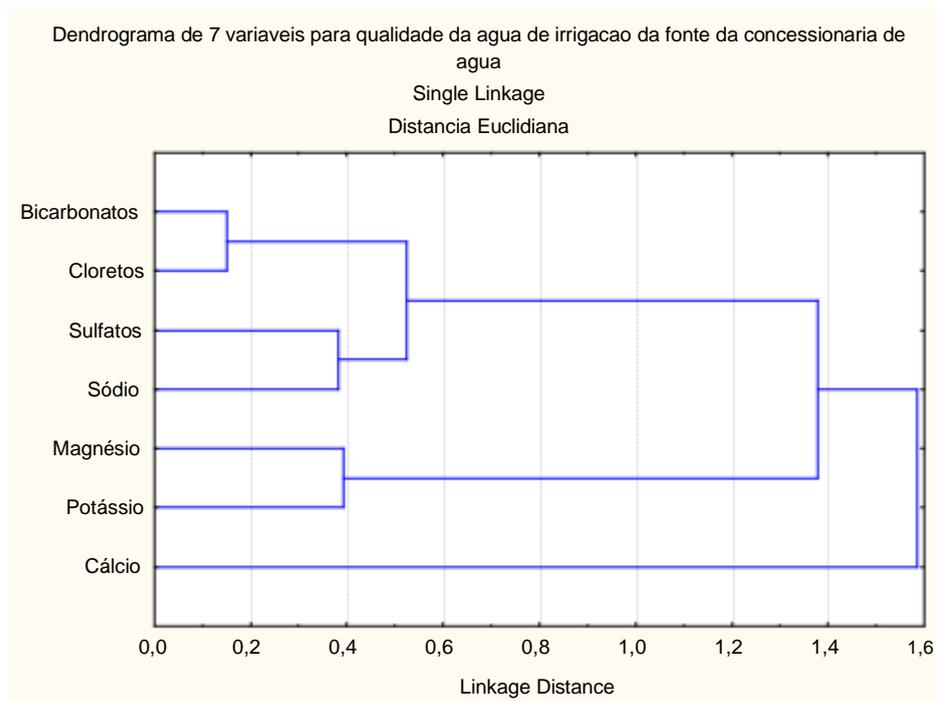
H + Al	<u>0,909854</u>	-0,414929
SB	<u>-0,999996</u>	0,002663
CTC	<u>-0,997719</u>	-0,067501
Expl. Var	6,586234	1,413766
Prp. Totl	0,823279	0,176721

Ao analisar os gráficos 1, 2 e 3 foi possível verificar que ao considerar a distância euclidiana de 1,5 os T1 e T2 não se diferem no agrupamento, apresentando 2 grandes grupos, por outro lado no T3 ocorreu a existência da relação de três grandes grupos, ou seja, difere de T1 e T2 visto que o cálcio se destacaria isoladamente em T3. Os outros grupos de atributos relacionados são: Ca+Mg, SB, CTC e Ca; e Mg, Na, K e H+Al.

5.4 Análise multivariável dos Parâmetros de Qualidade de Água para Irrigação

O resultado da análise foi apresentado em forma gráfica de dendrograma que auxiliou na identificação da relação entre os parâmetros através de agrupamentos. Ao todo foram escolhidas 7 variáveis e a distância métrica escolhida foi a euclidiana.

Gráfico 4: Dendrograma de 7 variáveis para qualidade da água de irrigação fonte DESO

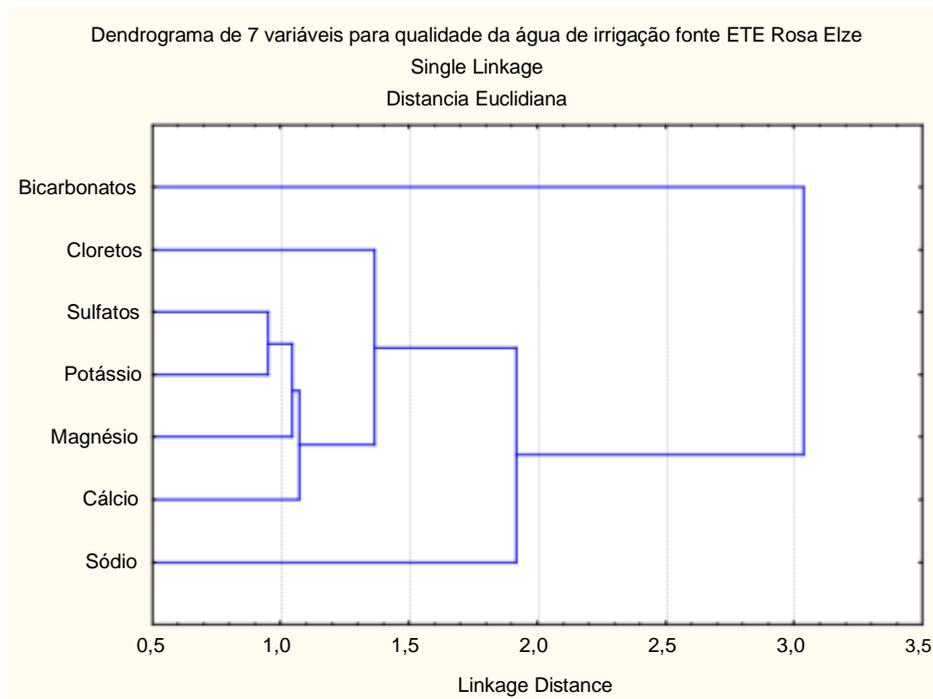


O resultado da análise de componente principal para fonte da água da DESO foi apresentada na tabela 10:

Tabela 10: Contribuição entre cada componente principal e variáveis analisadas da fonte DESO

Parâmetro	CP1	CP2
Bicarbonatos	<u>-0,910053</u>	-0,414492
Cloretos	<u>-0,800055</u>	-0,599926
Sulfatos (Irrigação)	0,510936	<u>-0,859619</u>
Cálcio	<u>-0,901807</u>	-0,432139
Magnésio	-0,051365	<u>-0,998680</u>
Sódio	<u>-0,909323</u>	0,416090
Potássio	<u>0,798666</u>	-0,601774
Expl. Var	4,009971	2,990029
Prp. Totl	0,572853	0,427147

Gráfico 5: Dendrograma de 7 variáveis para qualidade da água de irrigação fonte ETE Rosa Elze



O resultado da análise de componente principal para fonte da ETE Rosa Elze pode ser observada na Tabela 11.

Tabela 11: Contribuição entre cada componente principal e variáveis analisadas da fonte ETE Rosa Elze

Parâmetro	CP1
Bicarbonatos	<u>0,934272</u>
Cloretos	<u>0,997272</u>
Sulfatos (Irrigação)	<u>0,743635</u>
Cálcio	<u>0,979750</u>
Magnésio	<u>0,999025</u>
Sódio	<u>-0,998988</u>
Potássio	<u>0,866014</u>
Expl. Var	6,126325
Prp. Totl	0,875189

Os resultados mostraram que existem diferenças entre a relação das variáveis estudadas entre os tratamentos da água da DESO e o efluente da ETE Rosa Elze. No caso da relação entre as variáveis para a água da DESO considerando a distância euclidiana (1,5), temos que: se destacam 2 grupos, o cálcio em um grupo e os demais parâmetros no outro (potássio, magnésio, sódio, sulfatos, cloretos e bicarbonatos).

Por outro lado, analisando a relação das variáveis para o Efluente da ETE Rosa Elze considerando a mesma distância euclidiana de (1,5), tem-se três grupos de destaque: a de sódio, a de bicarbonatos e os demais considerados em um mesmo grupo (cálcio, magnésio, potássio, sulfatos e cloretos). Então na análise de comparação existe diferença na relação dos parâmetros entre ambas as fontes.

6. CONCLUSÕES

- 1 – Não ocorreu problemas de Al nos T1, T2 e T3.
- 2 – O pH no geral, variou muito pouco, não representando diferença estatística entre os tratamentos.
- 3 – Elevação na matéria orgânica em todos os tratamentos, menos em T3, mas a redução foi pouca.
- 4 – No efluente, a quantidade de sódio foi três vezes maior que em água tratada.
- 5 – A elevação no sódio do efluente não resultou em sodicidade do solo.
- 6 – No efluente ocorreu a elevação de Fósforo, Magnésio e de Potássio, principalmente em T3.
- 7 – O valor cálcio no efluente é menor que em relação a água tratada.
- 8 – A conclusão final é que o efluente apresentou-se como um ótimo aporte nutricional para as plantas e no curto prazo não afetou no solo o excesso de sódio em relação ao uso de água tratada para irrigação.
- 9 – Os agrupamentos de relação aos parâmetros de solo em T1 e T2 são semelhantes, mas diferem de T3.
- 10 – Os agrupamentos em relação aos parâmetros da qualidade de água da fonte da concessionária e da fonte do efluente são diferentes.

7. REFERÊNCIAS

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

ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. **EMBRAPA Mandioca e Fruticultura**. Cruz das Almas. Ba. 2010. Disponível em:<
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/875385/1/livroqualidadeagua.pdf> >
 Acesso em: 12 de ago. 2018.

AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S.; BASSOI, L. H.; FILHO, J. G. S. **Espacialização da porcentagem de sódio trocável do solo no Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe**. Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial. Brasília/DF. 215 p. 2012.

ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L. **Irrigação**. Versão Eletrônica - 6ª edição. Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22ª EDIÇÃO. Washington, 2012.

ARAÚJO, A. L. de; KONIG, A.; MILANEZ, J. G.; CEBALLOS, B. S. O. de. **Reúso indireto de esgotos na irrigação de colunas experimentais de solo cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. Rio de Janeiro/RJ. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. p. 596-604. 1999.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.). Tradução de H.R. Gheyi; J.F. de Medeiros; F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB. 208p. 1991.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H. R. GHEYI, J. F. MEDEIROS e F. A.V. DAMASCENO. Campina Grande: UFPB. 218p. 1999.

AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e na produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.25 p.253-263, 2005.

BITTENCOURT, C. Tratamento de Água e Efluentes: **Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos**. São Paulo: Érica, 2014.

BOUROCHE, J. M.; SAPORTA, G. **Análise de dados**. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.

BRAGA, M. B.; LIMA, C. E. P. **Reúso de água na agricultura**. EMBRAPA. Brasília/DF, 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **RESOLUÇÃO Nº 121, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2010**: Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH n^o 54, de 28 de novembro de 2005. Brasília/DF: MMA, 2010. Disponível em: < <http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos/1414-resolucao-n-121-de-16-de-dezembro-de-2010/file>> . Acesso em: 16 de julho de 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO 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 dá outras. Brasília/DF: MMA, 2005a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> . Acesso em: 06 de maio de 2018.

CARVALHO, R. S. **Influência do reúso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinada à alimentação animal**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2013.

CARVALHO, R. S. Influência do reuso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinado à alimentação animal. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. Taubaté. v. 8, n. 2, p. 157-167, 2013.

CORCORAN, E. (Ed.); NELLEMAN, C.; BAKER, E.; BOS, R.; OSBORN, D. **Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development**. Ottawa: GRID-Arendal. 88p. 2010. Disponível em: < https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/208/original/SickWater_screen.pdf?1486721310 > . Acesso em: 18 de julho de 2018.

CUBA, R. C.; CARMO, J. R.; SOUZA, C. F. S.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, vol. 10, n. 3, julhoseptiembre, p. 574-586. 2015.

DANTAS, I. L. A. **Análise microbiológica de cenoura e beterraba irrigadas com águas residuárias domésticas tratadas**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2015.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T.A.; SOARES, T.M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 12, n. 03, p.302-30, nov. 2007.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**. Viçosa: UFV. 402p. 2000.

FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, A. S.; GONÇALVES, R.A.B. **Uso de águas residuárias na agricultura**. In WORKSHOP “USO E REUSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR: REALIDADES E PERSPECTIVAS”, Campina Grande, 2005. Sociedade Brasileira de Irrigação, p. 220-244. 2005

FREITAS, L. CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Revista Ciências Agrárias**. v. 57, n. 3, p. 224-233. 2014

FREITAS, L. CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; SOUZA JÚNIOR, P. R.; CAMPOS, M. C. C. Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. **Revista Agro@ambiente on-line**. v. 8, n. 2, p. 155-164. 2014

HAIR, J. F.; ANDERSON, et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre, 2005.

HARUVY, N. Agricultural reuse of wastewater: nation-wide cost- benefit analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.66, p.133-119, 1997.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Bahia Análise e Dados**, Salvador/BA, v. 13, n. especial, p. 411-437, 2003.

JANICK J. **A ciência de horticultura**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 485 p. 1968.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado de água e algumas considerações sobre a suas possibilidades no Brasil**. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.

LIMA, C. E. P.; BRAGA, M. B. **Reúso de água na agricultura**. EMBRAPA. Brasília/DF, 2014.

MACIEL, S. M. **A Cultura do Maxixe**. Brasília, 2017. 32 p. (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal). 2017

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. Barueri, SP: Manoele, 2003.

MARCELIS, L.F.M. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. 2. Effect of irradiance. **Scientia Horticulturae**, v.54, n.2, p.123-130, 1993.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S., COELHO, E. F., NOGUEIRA, L. C. SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação In: **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. EMBRAPA, 2011, 774 p.

MARTINS, M. A. S. **Maxixe (*Cucumis anguria* L.) e seu cultivo em São Luís do Maranhão.** São Luís: EMAPA. (Documento, 8). 1986.

MEDEIROS, M. A.; GRANGEIRO, L. C.; TORRES, S. A.; FREITAS, A. V. L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria*). **Revista Brasileira de Sementes** 32:17-24. 2010.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. Utilização de Água Residuária de Origem Doméstica na Agricultura: Estudo do Estado Nutricional do Cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 109 – 115, 2008.

MIRANDA, F. R.; MESQUITA, A. L. M.; MARTINS, M. V. V.; FERNANDES, C. M. F.; EVANGELISTA, M. I. P.; SOUSA, A. A. P. Produção de tomate em substrato de fibra de coco. **Embrapa Agroindústria Tropical**. Fortaleza/CE, 20 p. (Circular Técnica, 33). 2011.

MODOLO, V. A.; COSTA, C. P. **Maxixe: uma hortaliça de tripla forma de consumo.** Piracicaba, ESALQ. 20p. (Série Produtor Rural, 19). 2003.

NETO, M. M. J. Estatística multivariada. **Revista de Filosofia e Ensino**. 2004.

OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Absorção de nutrientes em mudas de berinjela cultivadas em pó de coco verde. **Caatinga**, 22:139-143. 2009.

OLIVEIRA, A. P. et al. Parcelamento e fontes de nitrogênio para produção de maxixe. **Horticultura Brasileira**. v. 28, n. 2, p. 218-221, abr.-jun. 2010.

OLIVEIRA, F. A.; RIBEIRO, M. S. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; MARTINS, D. C.; SOUZA NETA, M. L.; MEDEIROS, J. F. Produção de mudas de cultivares de maxixeiro em fibra de coco fertirrigadas com diferentes concentrações de nutrientes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.5, p. 698-705, set/out, 2016.

PIMENTEL, G. F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985.

PINTO, M. A. T.; FORESTI, E.; MARQUES JÚNIOR, J. Reúso das águas residuárias. Uma análise crítica. p. 393-403. 2003. In: FLORENCIO, L. BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. **Programa de Pesquisas em Saneamento Básico** - **PROSAB**. Rio de Janeiro: ABES, 427p. 2006.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p. 1591-1600. 2012.

REGAZZI, A. J. INF 766 - **Análise multivariada**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Apostila de disciplina. Departamento de Informática, 166p. 2001.

REIS, E. **Estatística multivariada aplicada**. Lisboa, 1997.

RESENDE, G. M. Produtividade de cultivares de maxixe em função de épocas de plantio. **EMBRAPA. Comunicado técnico**. n. 83, p. 1-6. Abr. 1999. Disponível em:<
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/133009/produtividade-de-cultivares-de-maxixe-em-funcao-de-epocas-de-plantio>>. Acesso em: 15 abril. 2018.

SAMMIS, T. W.; PICCHIONI, M. G.; SAUCEDO, D. **Management model for land application of wastewater**. Disponível em:
 <<http://www.irrigationtoolbox.com/ReferenceDocuments/TechnicalPapers/IA/2004/IA04-1031.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.

SAMPAIO, R. A.; RAMOS, S. J.; GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; FERNANDES, L. A. Produção de mudas de tomateiro em substratos contendo fibra de coco e pó de rocha. **Horticultura Brasileira**, 26:499-503. 2008.

SCHVAMBACH, J.L.; ANDRIOLO, J. L.; HELDWEIN A. B. Produção e distribuição da matéria seca do pepino para conserva em diferentes populações de plantas. **Ciência Rural**, 32: 35-41. 2002.

TAVARES FILHO, A. N. **Níveis da necessidade de gesso sobre as características físico-químicas e na correção de solos salino-sódicos do perímetro irrigado de Ibimirim -PE.** 81 p. 2010. Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Tecnologia Rural. Recife. 2010.

TAVARES, B. R. S. D. **Grau de aceitabilidade do reuso de água de lagoas de estabilização na agricultura irrigada.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2016.

VARALLO, A. C. T. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande/PB. v. 14, p. 372-377. 2010.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática.** Monografia (Especialização do autor) em Santa Maria - UFSM, CCNE, 2005.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world.** Genebra/Suíça: WMO, 1997.