



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CURSO DE AGRONOMIA**

BRUNA AIRES DA SILVA

QUALIDADE DO SOLO MEDIANTE APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE PISCICULTURA

FORTALEZA

2018

BRUNA AIRES DA SILVA

QUALIDADE DO SOLO MEDIANTE APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE PISCICULTURA

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dr.a Mirian Cristina Gomes Costa

Coorientadora: M.e. Deyse de Sousa Maia

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S578q Silva, Bruna Aires.
Qualidade do solo mediante a aplicação de efluente de piscicultura / Bruna Aires Silva. – 2018. 50
f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa.

Coorientação: Profa. Ma. Deyse de Sousa Maia.

1. Peixe. 2. Fertilizante. 3. Efluente. I. Título.

BRUNA AIRES DA SILVA

QUALIDADE DO SOLO MEDIANTE APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE PISCICULTURA

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: 29/ 11/ 2018

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr.a Mirian Cristina Gomes Costa (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

M.e. Deyse de Sousa Maia (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Primeiramente a Deus, por seu amor e providência durante toda esta caminhada.

Aos meus pais e meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por toda força, paz, providência e coragem para trilhar mais essa jornada em minha vida.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos funcionários da fazenda do meu pai, em especial Andresa, e aos demais que formaram a equipe que tornaram possível esse trabalho.

A Prof.a Dr.a Mirian Cristina Gomes Costa pela excelente orientação, paciência e companheirismo durante esses quase cinco anos, onde juntas trabalhamos.

A minha coorientadora, mestre e técnica do laboratório Deyse Maia, por sua amizade, paciência... por ser uma mãe. Nas broncas ou no afago, jamais me deixou desamparada nessa jornada.

Aos professores participantes da banca examinadora Alexsandro de Oliveira Silva e Aldeney Andrade Soares Filho pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A toda minha família, em especial, meus pais Dionizio e Isabete, por toda educação, dedicação, carinho e sacrifícios que fizeram tornando possível o meu sonho de ter uma graduação. que tornaram possível minha passagem pela graduação.

Aos meus irmãos de sangue e que a vida me deu: Bruno, Marcelo, Guilherme e Gustavo, por todo amor e força.

Aos meus primos Sidney Nascimento e Junior Nascimento que ajudaram nesse tempo nas caronas.

Ao meu namorado Abel Bruno, pela paciência e companheirismo. Por ter sido o sol nos meus dias nublados. E a todos seus familiares do Assentamento Valparaíso, onde me acolheram e me deram forças para continuar essa jornada.

Ao meu amigo Alexandre, por sempre lutar comigo diariamente nessa jornada.

As minhas amigas Andreza Brasil, Gabriela Brazil, Gessica Noronha e Lídia Pinto que juntas choramos, sorrimos e hoje colhemos juntas esse sonho.

Aos amigos que agronomia me deu para vida, Adriana Cruz, Caio Sampaio, Victor Bevilaqua, Italo Viana e Mirla Almeida pelo carinho, risadas, brigas, saídas, brincadeiras... pelo amor e pela força que me fez continuar. Vocês não fazem ideia, do quanto foram essenciais nessa etapa da minha vida.

Aos meus amigos de semestre Mayara Gama, Julianny Braga, Pedro e Luana, que desde o início do curso caminharam comigo, apesar dos imprevistos da vida, mas permaneceram unidos.

Aos amigos de curso Givanilson Rodrigues, Giane, Rugguiera, Samuel Sousa, Romulo Cavalcante, Reuel Xavier, Luiza Braga, Lia Caetano e todos os outros que em alguma etapa desse caminho se fez presente em minha vida.

Aos amigos da Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Agrícola Acrísio Feitosa, Mayara Rocha, Marcio Regys, Thales Rafael, por todo apoio.

A minha psicóloga Eduarda Rabelo e aos Doutores Thiago e Igor Vasconcelhos, por ter ajudado, dando todo suporte meios de tratamento e todo auxílio.

Ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, bem como a todos os professores e funcionários que o compõem, em especial os alunos da pós-graduação e amigos, Luan Alves e Gustavo, pelo trabalho em equipe.

Aos professores Dr. Alexsandro Oliveira, Dr. Adunias Teixeira. Dra. Maria Eugênia e a Dra. Isabel Cristina pela amizade e ajuda me concedida durante essa jornada.

Aos amigos e a Comunidade Católica Shalom, em especial, Maria Tereza, Neurismar Oliveira, Eliana Feitosa, Rita de Cássia, Raniere Mendonça, Fernando Pedrosa, pelo tempo de convivência onde os ensinamentos sobre valores e fé, levarei por toda minha vida.

“Vitorioso, já não se preocupava, mas em ser um vencedor aos olhos dos outros. Sabia que era mais difícil dominar a si próprio, pois tudo nos é dado só nos falta fé.”

(Mato Seco)

RESUMO

A utilização dos efluentes de piscicultura para irrigar cultivos agrícolas, mostra-se uma alternativa promissora para o uso mais eficiente da água empregada na piscicultura continental. Além de contribuir com a oferta de água para os cultivos, podem melhorar a fertilidade do solo diminuindo os gastos com fertilizantes. O estudo teve como objetivo comprovar que a aplicação do efluente da piscicultura afeta a qualidade do solo. O experimento foi instalado em propriedade produtora de hortaliças e tilápias, localizada em Beberibe (CE). Foram realizadas a caracterização da água de poço, bem como do efluente produzido nos tanques de piscicultura. Também foi realizada a caracterização do solo da área dos canteiros. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas. O primeiro fator de tratamento foi constituído por três águas de irrigação: T1 = água de poço; T2 = 100% efluente; T3 = 50% efluente+50% água de poço. O segundo fator de tratamento foi constituído por duas formas de suprimento de nutrientes: Com adubação (CA) e Sem adubação (SA). No final do experimento foram coletadas amostras de solo nas quais se avaliou atributos indicadores da fertilidade, bem como atributos indicadores de salinidade, além dos teores de nitrogênio. Foi realizada análise de variância dos dados e teste de Tukey para comparação de médias. O efluente de piscicultura e a cama de frango melhoram atributos químicos do solo. A irrigação com o efluente da piscicultura pode ser considerada uma alternativa viável para as condições do semiárido, podendo ser utilizado como um tipo de fertirrigação. Porém, o manejo inadequado da irrigação, combinado com o uso desse efluente, pode acarretar a salinização do solo, havendo a necessidade de monitoramento constante.

Palavras-chave: Peixe. Fertilidade. Efluente.

ABSTRACT

The use of fish farming effluents to irrigate agricultural crops is a promising alternative for the more efficient use of water used in mainland pisciculture. In addition to contributing to the supply of water for crops, they can improve soil fertility by reducing fertilizer spending. The objective of this study was to verify that the application of effluent from fish farming affects soil quality. The experiment was installed in vegetable and tilapia production, located in Beberibe (CE). Characterization of well water as well as effluent produced in fish culture tanks were carried out. Soil characterization of the area of the seedbeds was also carried out. The experiment was conducted in a randomized complete block design. The first treatment factor consisted of three irrigation waters: T1 = well water; T2 = 100% effluent; T3 = 50% effluent + 50% well water. The second treatment factor consisted of two forms of nutrient supply: With fertilization and Without fertilization. At the end of the experiment, soil samples were collected in which fertility indicators, as well as salinity indicators, were evaluated, in addition to the nitrogen content. We performed data analysis of variance and Tukey test for comparison of rate. The fish farming effluent and the poultry litter improve chemical attributes of the soil. The irrigation with the effluent from fish farming can be considered a viable alternative for the semi-arid conditions, and can be used as a type of fertirrigation. However, inadequate irrigation management, combined with the use of this effluent, can lead to salinization of the soil, and there is a need for constant monitoring.

Keywords: Fis. Fertility. Effluent.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Croqui da disposição dos canteiros em campo	28
Figura 2 - Esquema das fontes de água para aplicação na área experimental	28
Figura 3 - Tanque de criação de tilápia do qual foi retirada a água para irrigação do experimento	29
Figura 4 - Coleta de dados referentes à vazão de cada aspersor	30
Figura 5 - Valores de pH do solo nas profundidades e 0-20 e 20- 40 cm em resposta à adubação orgânica	34
Figura 6 - Nitrogênio total do solo em resposta às águas de irrigação (A) e à adubação orgânica (B)	35
Figura 7 - Teores de potássio no solo nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação	37
Figura 8 - Teores de cálcio no solo nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação	38
Figura 9 - Magnésio no solo em duas profundidades, 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação	38
Figura 10 - Acidez potencial (H ⁺ Al) no solo nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação	39
Figura 11 - Condutividade elétrica do solo nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação	41
Figura 12 - Teores de sódio no solo irrigado na profundidade de 20- 40 cm	41
Figura 13 - Teor de fósforo no solo irrigado nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físicas e químicas do solo antes da instalação do experimento, Beberibe, CE.....	25
Tabela 2 – Características químicas das águas utilizadas no experimento, Beberibe, CE.....	27
Tabela 3 – Resumo da análise de variância referente aos atributos químicos determinados do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40cm em resposta aos tratamentos avaliados.....	33
Tabela 4 – Resumo da análise de variância referente aos atributos químicos calculados do solo analisados no solo nas profundidades de 0-20 e 20-40cm em resposta aos tratamentos avaliados.....	34
Tabela 5 – Médias referentes aos parâmetros químicos calculados no solo irrigado com efluente de piscicultura, sob presença ou ausência de adubação, em duas profundidades.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CTC	Capacidade de troca de cátions
DMS	Diferença Mínima Significativa
EDTA	Ácido etilenodiaminotetracético
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
m%	Saturação por alumínio
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SB	Soma de bases
V%	Saturação por bases
SS%	Saturação por sódio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Importância da piscicultura	16
2.1.1 Situação da piscicultura no mundo.....	16
2.1.2 Importância da piscicultura no Brasil.....	17
2.1.2.1 Panorama da piscicultura no Nordeste brasileiro	17
2.2 Uso racional da água.....	18
2.2.1 Uso da água na irrigação	19
2.2.2 Uso da água na piscicultura	20
2.3 Reuso de efluente de piscicultura na irrigação	20
2.3.1 Características do efluente.....	20
2.3.2 Uso de efluente na irrigação	21
2.3.3 Efeitos da irrigação com efluente de piscicultura na qualidade do solo.....	21
2.4 Adubação orgânica na oferta de nutrientes.....	22
2.4.1 Importância da Adubação orgânica	22
2.4.2 Uso da cama de frango como fonte de nutrientes.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	24
3.1.1 Caracterização do solo da área experimental	24
3.1.2 Caracterização das águas utilizadas para irrigação do experimento.....	26
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	27
3.3 Instalação e condução do experimento.....	29
3.4 Atributos avaliados	31
3.5 Análises estatísticas	31
4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	32
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A piscicultura continental vem se destacando como uma das atividades com elevado potencial de crescimento no mundo. No Brasil, essa atividade vem ganhando destaque, devido ser um país com a maior quantidade de água doce e mercado promissor. Os principais peixes cultivados pelos produtores são as tilápias e os peixes redondos, devido sua fácil adaptação e o fácil manejo. Porém a piscicultura continental demanda uma elevada quantidade de água, podendo trazer risco aos recursos naturais.

Nas regiões semiáridas, onde as chuvas são mal distribuídas no tempo e no espaço, apresentando altas taxas de evapotranspiração, sérios problemas de escassez hídrica e manejo inadequado da irrigação são fatores que limitam os cultivos agrícolas na região e a própria atividade de piscicultura. Nesse sentido, algumas alternativas podem ser tomadas visando manter a produção agrícola, quanto a produção do pescado. Uso de águas salinas, águas residuárias domésticas e efluentes de animais.

O reuso do efluente de animais tem crescido consideravelmente entre a agricultura familiar, principalmente o efluente da piscicultura. Além de reutilizar a água dos tanques que contém nutrientes que podem favorecer o solo e a planta, é capaz ainda de gerar uma renda extra para o produtor.

O adubo orgânico consiste em uma mistura de produtos animais e vegetais em vários estágios de decomposição da matéria orgânica, resultante das atividades químicas, físicas e biológicas dos microorganismos. A adubação orgânica tem como princípio manter essas atividades no solo e contribuir com a disponibilização dos nutrientes requeridos pelas plantas.

Alguns fatores quando combinados podem alterar a qualidade química do solo, como a interação entre a adubação orgânica e o aporte de nutrientes pelo efluente da piscicultura. Porém, ainda são necessários vários estudos mostrando quais as limitações em utilizar essa combinação e os impactos que essas águas podem provocar no solo, conseqüentemente na produção agrícola.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade do solo antes e depois da utilização de efluente da piscicultura combinado com a adubação orgânica proveniente da cama de frango.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da piscicultura

A produção de peixes é uma atividade econômica relevante em vários países, o que justifica a utilização dos efluentes de piscicultura como uma das alternativas que visam proporcionar a sustentabilidade da produção aquícola. Ao estudar a literatura, fica constatada a importância da piscicultura não só no Brasil, mas também em outros países do mundo.

2.1.1 Situação da piscicultura no mundo

Os setores da pesca e aquicultura são importantes fontes de alimentos, nutrição, renda e subsistência de centenas de milhões de pessoas no mundo. Em 2014, o fornecimento mundial per capita de peixe alcançou um máximo histórico de 20 kg graças ao crescimento da aquicultura, que atualmente fornece metade dos peixes destinados ao consumo humano. A oferta na produção mundial de peixe para o consumo humano tem crescido a uma taxa média anual de 3,2% nos últimos 50 anos, comparando com os 1,6% do crescimento populacional. O consumo per capita de pescado no mundo passou de 9,9 kg na década de 1960 para 14,4 kg na década de 1990 e 19,7 kg em 2013, com estimativas preliminares que indicaram aumento de mais de 20 kg em 2015. O aumento da produção em si não explica essa expansão, sendo proporcionado por outros fatores, como aumento da renda, surgimento de novos canais de distribuição e a expansão da aquicultura (FAO, 2016).

O consumo *per capita* anual de pescado aumentou nos países em desenvolvimento cerca de 5,2 kg em 1961 para 18,8 kg em 2013, enquanto nos países em que a população possui baixa renda e déficit de alimento, o aumento foi de 3,5 kg em 1961 para 7,6 kg em 2013, embora essa diferença tenda a diminuir. O pescado consumido em países desenvolvidos é fornecido por meio das importações, pois apresentam uma demanda estável. Nos países em desenvolvimento, onde o consumo de peixe é baseado nos produtos disponíveis a nível local, o consumo é conduzido mais pela oferta do que pela procura (FAO, 2016).

A China é o maior produtor e o maior exportador de peixes e produtos da pesca, é também importador devido à terceirização de desenvolvimento com outros países. A Noruega vem sendo o segundo maior exportador, com valores máximos de exportação registrados em 2015. Em 2014, o Vietnã se tornou o terceiro maior exportador mundial de peixes. Em 2014 e

2015, a União Europeia (organização membro) (UE) foi o maior mercado único para os peixes e produtos da pesca, seguida pelo Japão e pelos Estados Unidos da América (FAO, 2016).

O comércio internacional possui papel importante nos setores da pesca e da aquicultura, possibilitando a criação de polos de trabalho, fornecimento de alimentos, geração de renda e contribuição para o crescimento econômico e desenvolvimento. Peixes e produtos da pesca representam um dos segmentos que vem sofrendo mais negociações no setor alimentar global; estima-se que cerca de 78% dos produtos marinhos estão expostos à concorrência comercial internacional (FAO,2016).

2.1.2 Importância da piscicultura no Brasil

O Brasil possui uma diversidade de organismos aquáticos que podem ser criados e comercializados, tais como os peixes, crustáceos etc. A piscicultura continental vem sendo uma prática cada vez mais adotada em todo território brasileiro, sendo adaptada de acordo com a região onde se instala. Em 2005, essa prática no Brasil teve uma produção de aproximadamente 179.746 toneladas, sendo 99% referente a piscicultura.

A piscicultura brasileira é representada em 83% pelas tilápias (*Oreochromis niloticus* e a *tilápia rendalli*) e pelo grupo dos peixes redondos, no qual estão incluídos o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Somente as tilápias contribuem com 47% da produção nacional. A produção de tilápias no Brasil apresentou crescimento contínuo desde 1994 a uma taxa média anual de 70,4%. Entre os anos de 2003 a 2009 a produção de tilápias cresceu 105%, passando de 64.857,5t para 132.957,8t. Dentro desse contexto, o Brasil vem mostrando grande potencial aquícola, com produção que alcançou, em 2011, 544.489,90t, com destaque para a piscicultura continental com 82,3% da produção total (SEBRAE, 2015).

A piscicultura é uma das atividades agropecuárias que exige interdisciplinaridade do conhecimento, tais como limnologia, ictiologia e ecologia de sistemas (CASTAGNOLLI, 1992; ELER, 1996). A atividade possibilita a produção de peixes por metro cúbico de água e está diretamente relacionada com os diferentes sistemas de criação (MACEDO *et al.*, 2010). A piscicultura no Brasil é desenvolvida principalmente em águas interiores. Os sistemas de produção podem ser classificados de várias maneiras e a classificação mais empregada no país é por produtividade (intensivo, semi-intensivo e extensivo) (VIDAL, 2016).

2.1.2.1 Panorama da piscicultura no Nordeste brasileiro

As condições para a produção de pescado em cativeiro no Nordeste brasileiro são muito favoráveis, pois além da possibilidade do desenvolvimento da aquicultura marinha, dada à grande extensão do litoral nordestino, aproximadamente 3.000 km, a região possui ainda elevado potencial de produção aquícola em tanques escavados com a utilização de água de poço e também nos reservatórios construídos (VIDAL, 2016).

Em relação aos reservatórios, na região Nordeste há cerca de 270 açudes com capacidade de armazenamento superior a 10 hm³. Outro grande potencial de produção aquícola no Nordeste é a possibilidade da utilização dos canais dos perímetros irrigados para a produção de peixe (BRASIL, 2015).

Nos últimos anos tem sido observada expansão da piscicultura no Brasil, principalmente nas Regiões Norte e Sul, responsáveis por 30,6% e 24,4%, respectivamente, da produção brasileira de pescado em cativeiro. Em 2015, o Nordeste respondeu por 17,4% da produção nacional de peixes e por 17,5% do valor de produção (VIDAL, 2016). Com a ocorrência da crise hídrica no ano 2012 a água disponível nos reservatórios foi reduzida, mudando a situação da piscicultura no Nordeste, já que a atividade é desenvolvida nos reservatórios em tanques rede ou gaiolas em sistema intensivo de produção.

No Nordeste, o Ceará foi o estado com maior tradição no consumo de peixe em virtude da produção natural dos reservatórios públicos, fruto dos estudos realizados pelo DNOCS (SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017). De acordo com Figueiredo Júnior e Valente Júnior (2008), no ano de 2004 o Ceará estabilizou a sua liderança como principal produtor de tilápia, sendo sua produção de 18 mil toneladas, enquanto que o segundo produtor foi o Paraná produzindo cerca de 11,9 toneladas.

De acordo com Vidal (2016), os maiores polos de piscicultura do Nordeste estão localizados em volta dos grandes açudes do Ceará (Orós e Castanhão) e do Submédio e Baixo São Francisco (Xingó, Itaparica e Moxotó). No estado do Ceará a atividade de maior representatividade é a piscicultura de sistema intensivo com cultivo de tilápias em tanques redes em que 80% da produção é realizada nos parques aquícolas do Estado (CEARÁ, 2013).

2.2 Uso racional da água

A água é um recurso natural que tem se tornado cada vez mais escasso no mundo. A falta de manejo e de uso sustentável dos recursos naturais constitui uma das causas dessa escassez (CETESB, 2019).

Na piscicultura de águas interiores há utilização de grandes volumes de água e esse tipo de consumo pode ser questionado, principalmente mediante falta de água para consumo humano. Outro ponto importante é que a água utilizada na piscicultura recebe carga de insumos utilizados para a produção dos peixes, bem como excretas dos próprios animais. Isso faz com que a água utilizada na piscicultura apresente elementos químicos que representam um potencial poluidor, mas que também podem ser aproveitados na produção agrícola, uma vez que os efluentes da piscicultura sejam utilizados na irrigação de culturas.

2.2.1 Uso da água na irrigação

A irrigação tem como objetivo corrigir o déficit hídrico do solo, permitindo que a planta mantenha um contínuo fluxo de água e nutrientes do solo para as raízes e parte aérea, favorecendo os processos de crescimento, desenvolvimento, floração e frutificação, o que pode se converter em aumento de produtividade e melhoria da qualidade do produto colhido (COELHO *et al.*, 2011).

A agricultura irrigada é um uso consuntivo da água, ou seja, altera as condições da água na medida em que a mesma é retirada do ambiente e a maior parte é consumida pela evapotranspiração das plantas e do solo, não retornando diretamente aos corpos hídricos (ANA, 2017).

No Brasil, de acordo com os resultados do levantamento atual da irrigação, a atividade é responsável pela retirada de 969 mil litros por segundo ($969 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) e pelo consumo de 745 mil litros por segundo ($745 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). Esses valores correspondem à 46% da retirada ($2.105 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) e 67% da vazão de consumo ($1.110 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). Essa participação é semelhante à observada nos EUA, onde 59% da vazão de retirada é para irrigação (MAUPIN *et al.*, 2014), sendo a média global de cerca de 70% da vazão para a irrigação (BRASIL, 2017).

De acordo com Folegatti *et al.* (2003), o excesso de irrigação pode provocar redução na qualidade e produtividade do produto, podendo ocasionar o crescimento excessivo da planta, o retardamento da maturação dos frutos, a lixiviação dos nutrientes solúveis, queda de flores, maior ocorrência de pragas e doenças, distúrbios fisiológicos, além de maiores gastos com energia e desgaste do sistema de irrigação.

A realização da irrigação com efluentes que contêm elementos químicos importantes ao desenvolvimento das plantas configura uma espécie de fertirrigação. A fertirrigação é definida como o uso do sistema de irrigação como condutor e distribuidor de adubos junto com a água de irrigação (VILLAS BOAS *et al.*, 2006). Há estudos em que efluentes foram utilizados no processo de fertirrigação (FACTOR *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

2.2.2 Uso da água na piscicultura

A aquicultura é uma atividade em desenvolvimento nas últimas décadas e é mais uma atividade humana a competir pelos recursos hídricos. O desenvolvimento deste tipo de atividade produtiva apresenta riscos de deteriorar a qualidade e a quantidade da água, podendo contribuir com o declínio da qualidade ambiental, social e econômica (TIAGO *et al.*, 2003).

A água utilizada no abastecimento de um sistema de criação de peixe pode ser superficial (rios, lagos naturais, açudes e córregos, antigos viveiros ou reservatórios) ou subterrânea (provenientes de nascentes e poços, originárias de lençóis freáticos) (PÁDUA 2000).

As unidades de instalação dos tanques de piscicultura, mesmo sendo dependentes da qualidade e quantidade de água disponível, constituem atividade que, por si só, causa modificações na qualidade da água. O impacto gerado no ambiente depende do sistema de cultivo que está sendo utilizado e recebendo as características do corpo d'água de acordo com o efluente (ZANIBONI-FILHO, 1997).

Além da preocupação com a qualidade da água no viveiro de cultivo, segundo Baccarin e Camargo (2005), há também a preocupação com os impactos que o empreendimento de produção de peixes pode causar em seu entorno devido às condições do efluente gerado pela atividade.

2.3 Reuso de efluente de piscicultura na irrigação

2.3.1 Características do efluente

A reutilização das águas dos viveiros da piscicultura para irrigação gera vários benefícios nos cultivos agrícolas, desde a reciclagem de nutrientes até a diminuição dos custos com insumos, ou seja, com aplicação de fertilizantes (AL-JALOUD *et al.*, 1993; CASTRO *et al.*, 2006; MARISCAL-LAGARDA *et al.*, 2012), aumento da eficiência produtiva e a diminuição com o custo de produção por unidade de água utilizada (GOOLEY; GAVINE, 2003).

Os benefícios da mencionados no parágrafo anterior se devem às características dos efluentes consideradas favoráveis para utilização dos mesmos como fonte de nutrientes para o desenvolvimento vegetal. Efluentes de viveiros de peixes apresentam altas concentrações de nutrientes sólidos e solúveis, derivados de produtos metabólicos, da decomposição da matéria orgânica e lixiviação, dissolvidos na água ou acumulados sobre o sedimento (SHILO; SARIG, 1989; YOO *et al.*, 1995). Os maiores impactos causados pela piscicultura em tanques-rede estão relacionados ao aumento das concentrações de fósforo, nitrogênio e matéria orgânica, tanto na água quanto no sedimento (GUO LI *et al.*, 2003).

Contudo, a aplicação de efluente de piscicultura ao solo deve ser realizada com critérios para que as características dos efluentes não causem efeitos negativos em atributos relacionados à qualidade do solo.

2.3.2 Uso de efluente na irrigação

A contribuição dos efluentes no processo produtivo de culturas agrícolas se dá pelo uso da água como também pela presença de compostos nitrogenados e fosfatados (SMITH *et al.*, 1999). Irrigar culturas com efluentes provenientes de viveiros de peixes evita a necessidade de descarregar águas ricas em nutrientes nos ambientes naturais ou na necessidade de tratar essas águas para eliminar nutrientes (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Ao utilizar efluente da piscicultura na irrigação da cultura da alface, notou-se teor maior de NPK em relação à água de abastecimento normal. No entanto, esse resultado não influenciou no peso das plantas quando foi usada 50% e 100% da adubação química recomendada para a cultura (HUSSAR *et al.*, 2002). Os autores citados anteriormente concluíram que a água residuária do tanque de piscicultura exerce influência nutricional sobre as plantas, porém ainda bastante inferior se comparada com a adubação química.

2.3.3 Efeitos da irrigação com efluente de piscicultura na qualidade do solo

Nas condições do semiárido, o efluente de piscicultura pode ser considerado uma alternativa viável devido às características do solo da região, sendo considerado solos pobres em nutrientes, em termos de fósforo e nitrogênio, e pelo fato de que os nutrientes presentes no efluente podem funcionar como uma fertirrigação (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Contudo, o uso de efluentes na irrigação pode aumentar a salinidade no solo, pois alguns efluentes de água residuária podem ter certo grau de salinidade.

O efeito da qualidade do efluente sobre o corpo receptor está ligado principalmente à quantidade de sólidos suspensos na água, quantidade de nutrientes dissolvidos e à redução nas concentrações de oxigênio dissolvido (BARBOSA, 2015).

De acordo com Santos (2009), pequenas quantidades de fósforo adicionadas ao solo pelo efluente de piscicultura não são capazes de elevar o efeito residual do elemento provavelmente pela sua forma insolúvel, fazendo com que sua absorção pelas plantas ocorra de forma lenta. No entanto, o solo irrigado com efluente de piscicultura apresentou níveis de sódio (Na^+), condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e porcentagem de sódio trocável (PST) na profundidade de 0 m a 0,2 m. Esses valores foram significativamente mais altos em comparação com o solo irrigado com a água de rio.

2.4 Adubação orgânica na oferta de nutrientes

2.4.1 Importância da Adubação orgânica

Mesmo com a utilização de efluentes de piscicultura que contêm nutrientes em sua composição, pode haver necessidade de suprir a demanda nutricional das culturas por meio da oferta de nutrientes pela adubação. Nesse contexto e em busca da sustentabilidade da agricultura, a oferta de nutrientes por meio de adubos seria somente para complementar a quantidade de nutrientes necessária e não fornecida totalmente por meio do efluente de irrigação. Outro ponto importante envolve a utilização de fertilizantes orgânicos ao invés de fertilizantes minerais, buscando ir além da oferta de nutrientes para as culturas de interesse em virtude do potencial dos fertilizantes orgânicos em melhorar outros aspectos referentes à qualidade do solo.

Os solos das regiões áridas e semiáridas geralmente apresentam baixos teores de matéria orgânica, sendo a produtividade das culturas dependente dos níveis de fertilidade natural e da possibilidade de mantê-los por meio da ciclagem de nutrientes (SAMPAIO *et al.*,

1995). Por isso, é necessário a incorporação de esterco, compostos orgânicos, adubos verdes e outros adubos orgânicos.

2.4.2 Uso da cama de frango como fonte de nutrientes

Os compostos orgânicos produzidos com esterco animal são importantes devido à sua composição, disponibilidade e benefícios de aplicação (MAIA, 2002). De acordo com Carvalho *et al.* (2011), a cama de frango apresenta as seguintes características químicas: 7,4 de pH em água; 26,4 dS m⁻¹ de Condutividade Elétrica (CE); 4,4% de nitrogênio total; 362,0 e 32 mg kg⁻¹ de amônio e nitrato, respectivamente; 8,5 g kg⁻¹ de fósforo, 37 g kg⁻¹ de potássio; 4,5 g kg⁻¹ de sódio; 31 g kg⁻¹ de cálcio e 11,6 g kg⁻¹ de magnésio.

A cama de frango possui compostos ricos em nitrogênio, que favorecem o aumento na produção de algumas culturas (SCHERER, 1995) e na diminuição de fitopatógenos que se encontram no solo (BLUM *et al.*, 1999).

Os teores de N, P, K, Ca e Mg podem variar ligeiramente, dependendo da origem da cama de frango (fases de desenvolvimento, frango de corte, galinha poedeira etc) (SCHERER, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi implantado em propriedade rural localizada na região do Córrego De Santa Maria III, município de Beberibe -CE, cuja localização geográfica é 04°20'14.9" S de latitude e 037°59'52,8" W de longitude, altitude de 11,9 m.

Do ponto de vista climático, a região onde o experimento foi instalado, segundo a classificação de Köppen (1948), é a zona tropical úmida do tipo "Aw", com precipitações irregulares e deficiência hídrica moderada a baixa.

A Zona de Convergência Intertropical é o principal sistema responsável pelo estabelecimento da quadra chuvosa. Atingindo sua posição máxima no hemisfério sul, entorno do equinócio outonal (21 março), retornando ao hemisfério norte em maio, quando o período chuvoso entra em declínio (SOARES, 1998).

3.1.1 Caracterização do solo da área experimental

Na área em que foram montados os canteiros para instalação do experimento, foram coletadas subamostras de solo, obtidas de pontos aleatórios, que permitam boa caracterização do solo. As amostras foram coletadas nas camadas de 0-20 e 20 -40 cm com o auxílio de um trado holandês. O solo apresentou as seguintes características químicas e físicas (Tabela 1), avaliadas de acordo com Silva (2009).

Tabela 1 - Características físicas e químicas do solo antes da instalação do experimento, Beberibe, CE.

Parâmetros	Profundidade		Unidade
	0-20cm	20-40cm	
Areia	93,89	94,24	%
Silte	2,82	2,46	%
Argila	3,29	3,27	%
pH em água	7,24	7,52	-
Condutividade Elétrica (CE)	0,292	0,360	dS m ⁻¹
Sódio (Na)	0,03	0,02	cmol kg ⁻¹
Potássio (K)	0,02	0,02	cmol kg ⁻¹
Fósforo (P)	29,55	33,56	mg kg ⁻¹
Cálcio (Ca)	1,94	1,52	cmol kg ⁻¹
Magnésio (Mg)	0,80	1,20	cmol kg ⁻¹
Acidez Potencial (H+Al ³⁺)	0	0,08	cmol kg ⁻¹
Alumínio (Al ³⁺)	0	0	cmol kg ⁻¹
Nitrogênio (N)	0,47	0,308	g kg ⁻¹
Soma de Bases (SB)	2,79	2,77	cmol kg ⁻¹
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	2,79	2,85	cmol kg ⁻¹
Saturação por bases (V)	100	87,12	%
Saturação por Alumínio (m)	0	0	%
Razão de Adsorção de Sódio (RAS)	2,40	2,70	-
Saturação por sódio (SS)	1,25	0,88	%

As subamostras de solo de cada profundidade foram misturadas para obtenção de uma amostra composta. As amostras compostas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados com sua respectiva profundidade e foram encaminhadas para o Laboratório de Manejo do Solo da UFC. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras com malha de 2 mm de abertura para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

As amostras de solo foram analisadas quanto aos seguintes atributos: pH em água com medidas feitas utilizando phmetro, Ca e Mg extraídos com acetato de amônio e quantificados pelo espectrofotômetro de absorção atômica, K e Na extraídos por Mehlich 1 e quantificados por fotômetro de chama, Al³⁺ extraído com cloreto de potássio a 1 mol.L⁻¹ e quantificado por método volumétrico com hidróxido de sódio, H+Al extraído por acetato de cálcio e quantificado por método volumétrico com hidróxido de sódio. As análises químicas foram realizadas seguindo procedimentos descritos em Teixeira *et al.* (2017). O nitrogênio total foi extraído na digestão sulfúrica com a mistura catalítica de sulfato de cobre e sulfato de potássio, sendo quantificado por titulação com ácido sulfúrico, seguindo os procedimentos

descritos em Raij *et al.* (2001). Os atributos somam de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), razão de adsorção por sódio (RAS) e saturação por sódio (SS) foram calculados com base em critérios definidos em Teixeira *et al.* (2017).

3.1.2 Caracterização das águas utilizadas para irrigação do experimento

As amostras das águas utilizadas neste estudo foram coletadas em pontos distintos da área: poço e tanque da piscicultura. Sendo esses pontos referente as águas utilizadas no sistema de irrigação. As amostras foram coletadas em recipientes de vidro lavados e enxaguados previamente com água deionizada.

As amostras foram coletadas a 30 centímetros da superfície dos reservatórios, evitando a entrada de ar nas garrafas. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em recipiente térmico com gelo e transportadas para o Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola (LCTA), unidade de pesquisa do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizado em Fortaleza, Ceará, onde realizou-se a determinação simultânea dos teores de sódio e potássio na água do poço e no efluente pelo método da Fotometria de Chama (Emissão Atômica).

As demais determinações feitas na água de irrigação foram: condutividade elétrica, medida com o uso de um condutivímetro; alcalinidade total, pelo método de titulação da amostra de água com solução-padrão de ácido sulfúrico; dureza total, por meio da titulação com solução-padrão de EDTA; dureza cálcica, por titulação com solução-padrão de EDTA; nitrogênio amoniacal total (NAT), pelo método do fenato; nitrito, pelo método de Gries-Ilosva; fósforo reativo, pelo método do azul de molibdênio. As determinações físico-químicas listadas acima foram realizadas de acordo com as orientações de APHA (2012).

Adicionalmente, foram determinados os teores de cálcio e magnésio nas águas, cujo método de determinação se baseia na titulometria com a solução de EDTA como titulante e como indicador uma pequena porção de muxerida (APHA, 2012). O pH foi determinado pelo método da potenciometria direta, utilizando um pHmetro acoplado a um eletrodo combinado de vidro.

Os resultados das análises de caracterização das águas utilizadas no presente estudo são apresentados na Tabela 2.

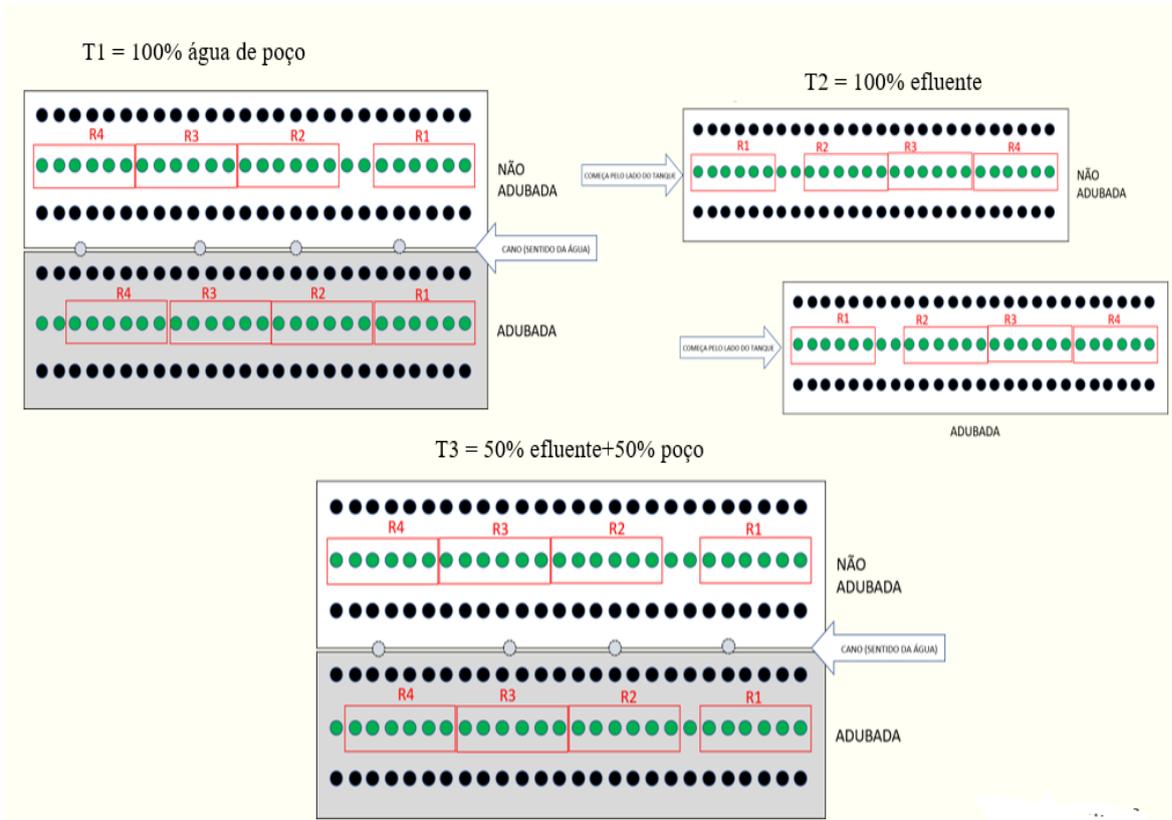
Tabela 2 - Características químicas das águas utilizadas no experimento, Beberibe, CE.

Parâmetros	Fontes		Unidade
	Poço	Efluente	
pH	5,26	5,57	-
Condutividade Elétrica (CE)	0,747	0,761	dS m ⁻¹
Sódio (Na)	44,00	43,09	mg L ⁻¹
Potássio (K)	12,41	12,45	mg L ⁻¹
Alcalinidade total	0,75	0,94	mg L ⁻¹
Nitrito	0,00	0,24	mg L ⁻¹
Nitrato	21,60	23,25	mg L ⁻¹
Amônia (NAT)	0,09	0,32	mg L ⁻¹
Fósforo (P)	0,00	0,00	mg L ⁻¹
Dureza total	69,98	21,62	mg L ⁻¹
Dureza Cálcica	21,62	70,95	mg L ⁻¹
Dureza Magnésiana	48,36	49,33	mg L ⁻¹
Cálcio (Ca)	8,65	8,65	mg L ⁻¹
Magnésio (Mg)	11,51	11,74	mg L ⁻¹

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais foram avaliados três tipos águas utilizados na irrigação (100% poço, 100% efluente, 50% poço + 50% efluente). Nas subparcelas foram avaliados dois tratamentos referentes à adubação (primeiro fator referente ao solo sem adubação e o segundo, solo com adubação orgânica). Os tratamentos foram distribuídos na área experimental, conforme esquemas apresentados nas Figuras 1 e 2.

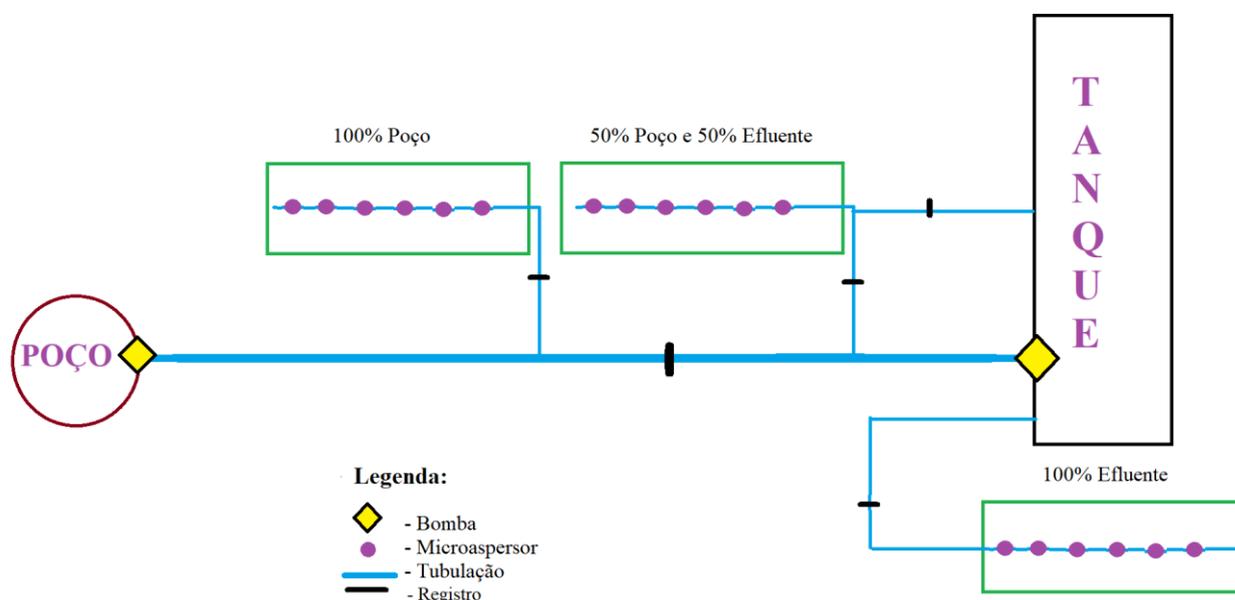
Figura 1 - Croqui da disposição dos canteiros em campo.



Fonte: a Autora.

As parcelas principais apresentaram a dimensão de 10 x 1 metro e as subparcelas apresentaram as dimensões de 5 x 1 metro. A área útil de cada parcela foi representada pelos 3 metros centrais em comprimento e pelos 0,5 metros centrais em largura (Figura 1).

Figura 2- Esquema das fontes de água para aplicação na área experimental.



Fonte: a Autora.

3.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em maio de 2018. O trabalho foi iniciado por meio do preparo de 3 canteiros para produção de hortaliças, apresentando as dimensões de 10 m x 1 m (Figura 2). Após formação dos canteiros, mudas de alface foram transplantadas e os tratamentos passaram a ser aplicados.

O plantio foi realizado com mudas produzidas em bandejas de isopor expandido de 128 células, a cultivar utilizada foi a Lucy Brown sendo as sementes semeadas em substrato de húmus com vermiculita em proporção de 4:1. Quando as mudas apresentaram cerca de 3 a 4 folhas definitivas, foram transplantadas para os canteiros, o que representava entre 20 a 25 dias.

Os tratamentos com adubação foram aplicados a partir da aplicação de cama de frango na quantidade de 450 g m^{-2} , divididos em 2 aplicações (a primeira de 300 g m^{-2} e a segunda 150 g m^{-2}). Os canteiros foram preparados manualmente e, para os tratamentos com adubação orgânica, foi realizada a incorporação do composto preparado na própria propriedade com restos de cultura.

Foram utilizadas duas águas de irrigação. A primeira oriunda de um poço tubular. E a segunda de um cultivo de tilápias do Nilo. O efluente de piscicultura utilizado na irrigação foi proveniente de um tanque de concreto, com capacidade para 14 m³ (5x3x1 m) cada (Figura 3), onde foram cultivadas tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Figura 3- Tanque de criação de tilápia do qual foi retirada a água para irrigação do experimento.



Fonte: a Autora.

A oferta de água para a cultura foi realizada seguindo o padrão adotado pelo produtor, o qual envolveu a irrigação por microaspersão, a uma frequência de 20 minutos, duas vezes ao dia, durante todos os dias do experimento. O volume de água foi medido calculando a vazão de cada microaspersor. Por um determinado tempo foi coletado um volume de água (Figura 4) e, na sequência, calculou-se o volume total de água em cada canteiro na frequência utilizada pelo produtor. A lâmina de água aplicado era de aproximadamente 7,9 mm ao dia.

Figura 4- Coleta de dados referentes à vazão de cada aspersor.



Fonte: a Autora

3.4 Atributos avaliados

Após 35 dias do plantio das mudas de alface foram coletadas amostras de solo na área útil de cada subparcela. As amostras foram coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com auxílio de trado holandês. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para Laboratório de Manejo do Solo da UFC. As amostras foram secas ao ar e peneiradas passando por malha de 2 mm de abertura para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

As amostras de solo foram analisadas para determinação dos valores de pH, condutividade elétrica (CE), teores de sódio (Na), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), teores de alumínio (Al) e de nitrogênio (N). Os procedimentos utilizados nas determinações foram os mesmos mencionados no subitem 3.1.2.

3.5 Análises estatísticas

Inicialmente foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e, mediante ausência de normalidade, foi realizada transformação de dados. Com a distribuição normal os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa computacional AgroEstat® (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2012). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($\alpha = 0,05$).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

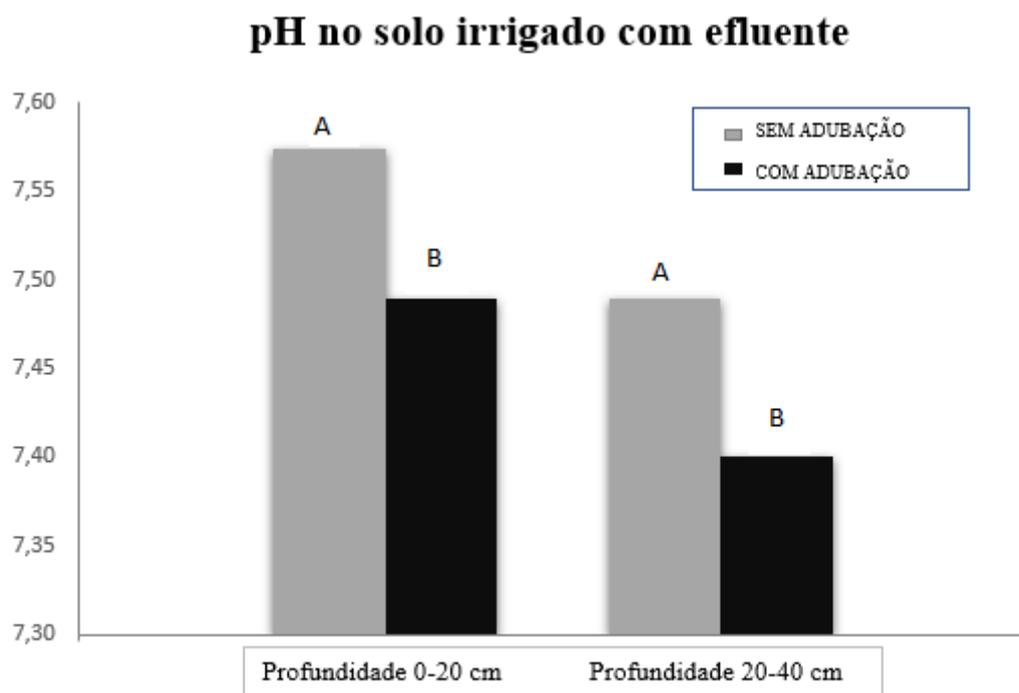
Foi observada diferença significativa em resposta ao fator água na profundidade de 0-20 cm para os seguintes atributos: fósforo, magnésio, cálcio, acidez potencial, alumínio e nitrogênio total (Tabela 3), SB e CTC (Tabela 4). Já na profundidade de 20-40 cm houve significância para os atributos CE, sódio, potássio, fósforo, magnésio e cálcio (Tabela 3), SB, CTC e V% (Tabela 4).

Foi observada diferença significativa em resposta ao fator adubação para os teores de pH, CE, potássio, magnésio, cálcio e acidez potencial (Tabela 3), SB, CTC, V% e SS% (Tabela 4) na profundidade de 0-20 cm. Na profundidade de 20-40 cm houve significância para: pH, CE, potássio, magnésio, cálcio, acidez potencial e nitrogênio total no solo (Tabela 3), SB, CTC, V% e SS% (Tabela 4).

O reuso de efluentes para irrigação de culturas tem sido difundido como uma alternativa viável, devido à redução da carga poluente lançada em cursos d'água e do aporte de nutrientes para as plantas (MIRANDA *et al.*, 2010), reduzindo desta maneira os custos com fertilizantes químicos (AL-JALOUD *et al.*, 1993; CASTRO *et al.*, 2006; MARISCAL-LAGARDA *et al.*, 2012). Entretanto, é importante salientar a necessidade de critérios para a adoção desta técnica, pois de acordo com Toze (2006), o uso continuado de águas residuárias para irrigação pode ocasionar aumento da salinidade do solo, podendo ser prejudicial ao desenvolvimento de determinadas culturas.

Houve redução do pH do solo em resposta à adubação com composto à base de cama de frango (Figura 5). Contudo, sabe-se que a tendência é de que o pH se eleve com a adição de composto orgânico ao solo sobretudo em razão da liberação de bases trocáveis, como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ (KIEHL, 1985) que reduz a atividade dos íons H^+ resultando em aumento do pH. A remoção dessas bases pela lixiviação pode explicar a acidificação do solo (RAIJ, 2011).

Figura 5- Valores de pH do solo nas profundidades e 0-20 e 20- 40 cm em resposta à adubação orgânica.



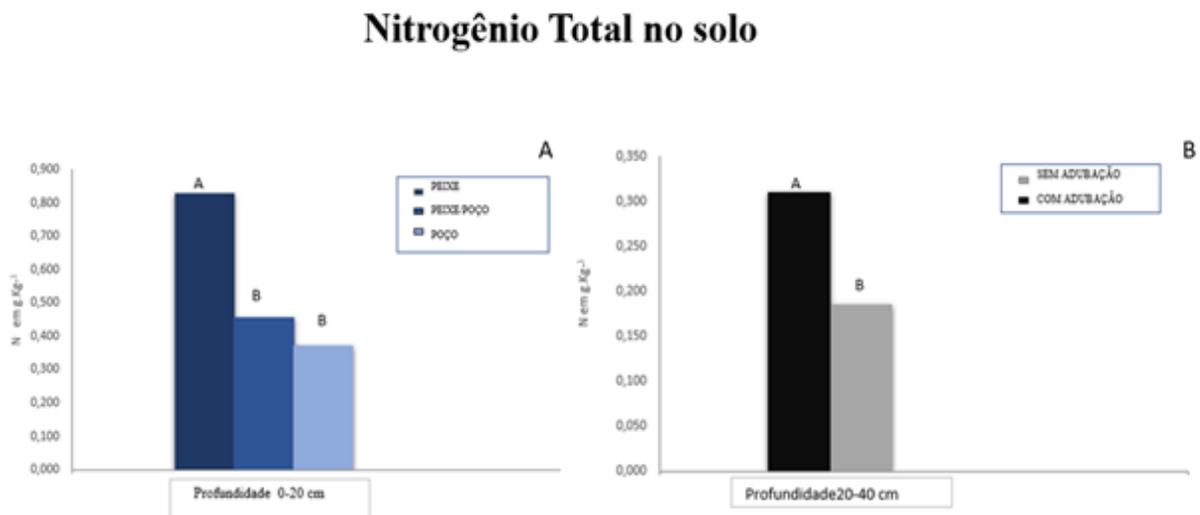
Fonte: a Autora.

A lixiviação dos íons por meio do perfil do solo é uma das causas de perdas de nutrientes e contribui para acidificação dos solos (REICHARDT, 1986). No caso, é necessário

adotar um manejo adequado da irrigação e dos nutrientes, principalmente em solos arenosos onde essa perda de nutrientes pode ser mais acentuada (SOUSA *et al.*,1992). Assim, o uso do efluente da piscicultura nesse tipo de solo é complexo, devido a disponibilidade e concentração de nutrientes podendo ser considerado um tipo de fertirrigação, requerendo assim um melhor acompanhamento da sua utilização.

Na Figura 6 estão apresentados os teores de nitrogênio total no solo que diferiu em resposta às águas de irrigação na camada superficial (0-20 cm) e em resposta à adubação na camada mais profunda (20-40 cm).

Figura 6- Nitrogênio total do solo em resposta às águas de irrigação (A) e à adubação orgânica (B).



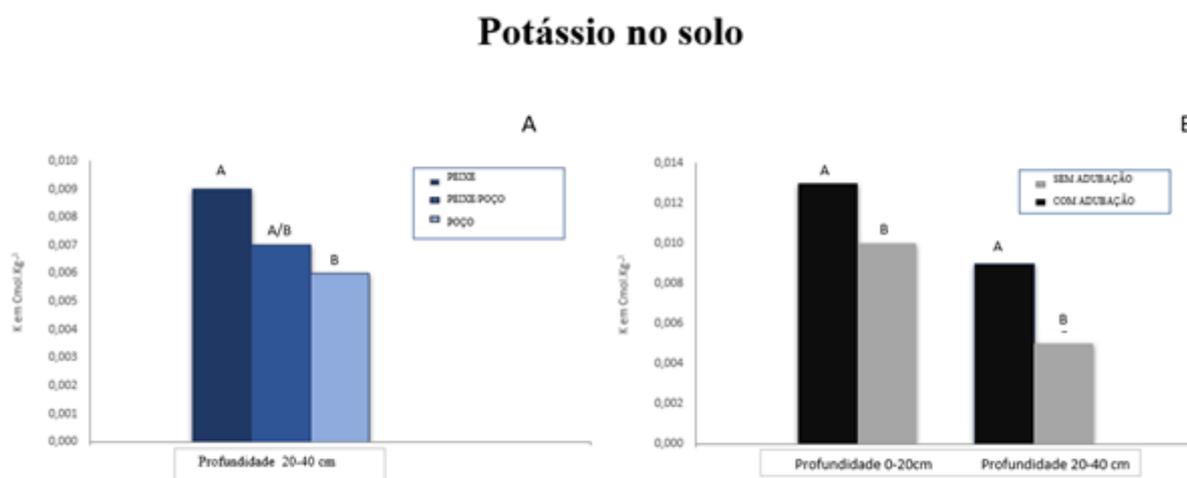
Fonte: a Autora.

O teor de nitrogênio total no solo aumentou mediante irrigação com o efluente da piscicultura, diferindo estatisticamente da mistura dessas águas e da água do poço, nos quais os teores foram iguais estatisticamente (Figura 6). Isso ocorreu devido à presença de nitrogênio em maior quantidade no efluente de piscicultura do que na água de poço. Na Tabela 2, que traz resultados de caracterização das águas utilizadas neste estudo, constata-se que os teores de nitrito, nitrato e amônia foram maiores no efluente do que na água de poço. Um dos principais fatores que acarretam na presença de amônia nos sistemas de criação de peixes é a entrada de grandes quantidades de compostos orgânicos e inorgânicos por meio dos insumos utilizados, como as rações, os quais contêm níveis elevados de nitrogênio e fósforo (PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Em relação ao tratamento referente à adubação, a aplicação do adubo orgânico resultou em maiores teores de nitrogênio total no solo (Figura 6). Apesar de não ter sido realizada a caracterização química do adubo orgânico utilizado no presente trabalho, estudos como o de Carvalho *et al.* (2011) indicam que adubos orgânicos à base de cama de franco possuem nitrogênio total na ordem de 4,4%.

Na Figura 7 são apresentados os teores de potássio no solo que foram maiores mediante irrigação com efluente da piscicultura (Figura 7A), mas não diferiu estatisticamente do tratamento com a mistura de águas. Em relação à adubação, o solo adubado com esterco de galinha apresentou maior teor de potássio que o solo não adubado nas duas profundidades avaliadas (Figura 7B).

Figura 7- Teores de potássio no solo nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação.



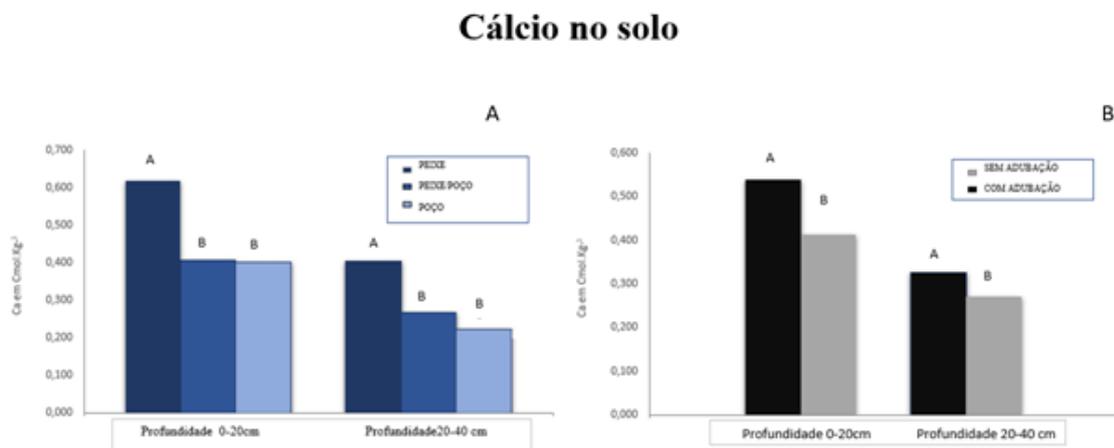
Fonte: a Autora.

As diferenças nos teores de potássio no solo em resposta às águas de irrigação não eram esperadas, pois na caracterização das águas foram detectados valores próximos dos teores de potássio no efluente ($12,45 \text{ mg L}^{-1}$) e na água de irrigação ($12,41 \text{ mg L}^{-1}$). No que diz respeito ao maior teor de potássio em resposta à adubação com cama de frango, esse resultado era esperado tendo em vista que estudos demonstram que a cama de frango possui 37 g kg^{-1} de potássio (CARVALHO *et al.*, 2011).

Os teores de cálcio e magnésio no solo foram maiores mediante irrigação com efluente de piscicultura (Figuras 8A e 9A) e mediante adubação com cama de frango (Figuras

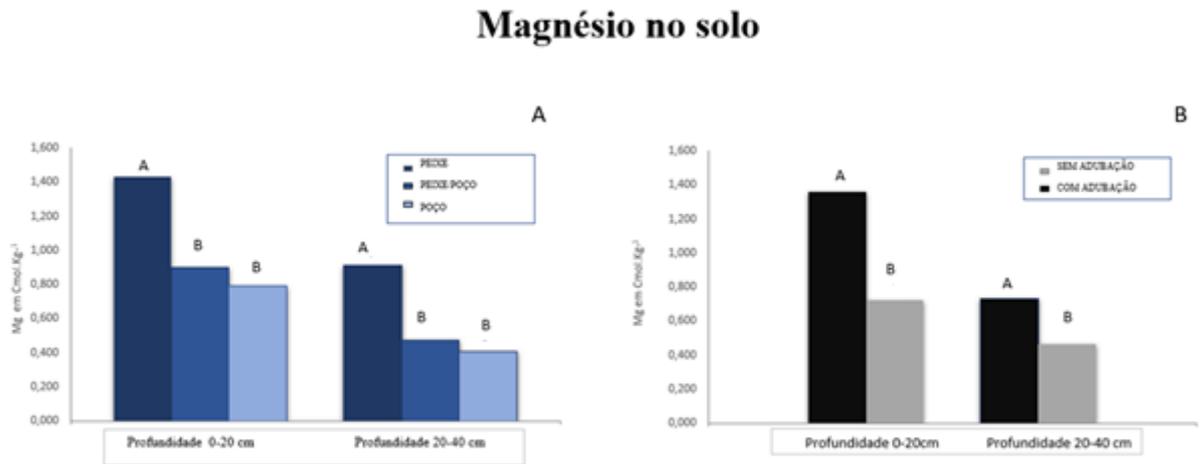
8B e 9B). As diferenças do teor de cálcio em resposta às águas devem estar relacionadas à dureza cálcica que foi maior ($70,95 \text{ mg L}^{-1}$) no efluente do que na água de poço ($21,62 \text{ mg L}^{-1}$), conforme apresentado na Tabela 2. Já a dureza magnésica e os teores de cálcio e magnésio nas águas não foram muito discrepantes (Tabela 2). No que diz respeito aos maiores teores de cálcio e magnésio em resposta à adubação com cama de frango, a explicação está no fato desse material orgânico apresentar estes elementos em sua composição (CARVALHO *et al.*, 2011).

Figura 8 - Teores de cálcio no solo nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação.



Fonte: a Autora.

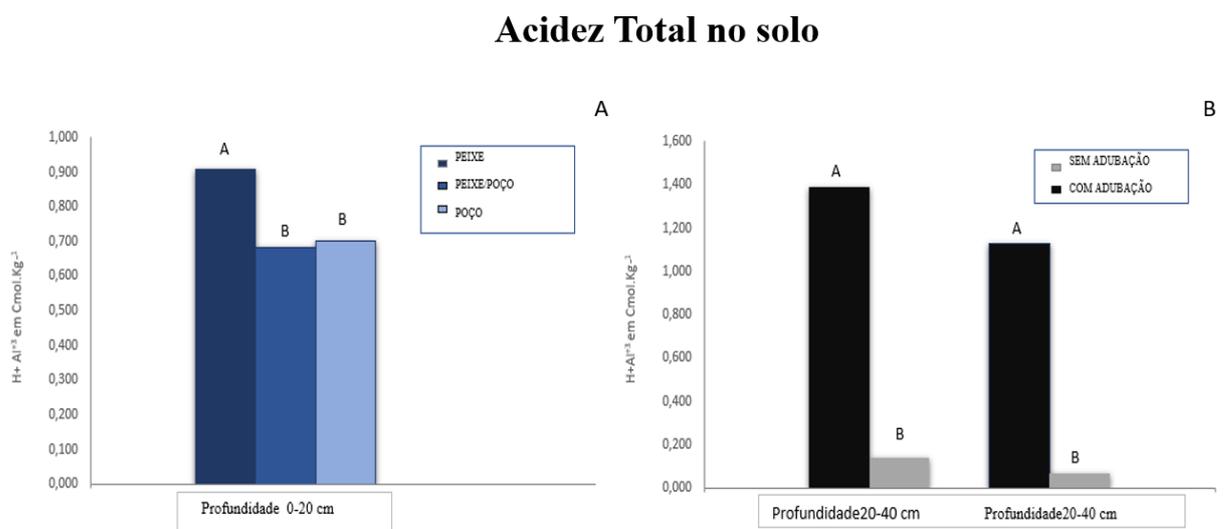
Figura 9 - Magnésio no solo em duas profundidades, 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação.



Fonte: A autora.

A acidez potencial ($H + Al$) no solo aumentou com a adição do efluente de piscicultura (Figura 10A), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Em relação ao tratamento adubação, o solo adubado apresentou maior acidez potencial (Figura 10B).

Figura 10- Acidez potencial ($H+Al$) no solo nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação.



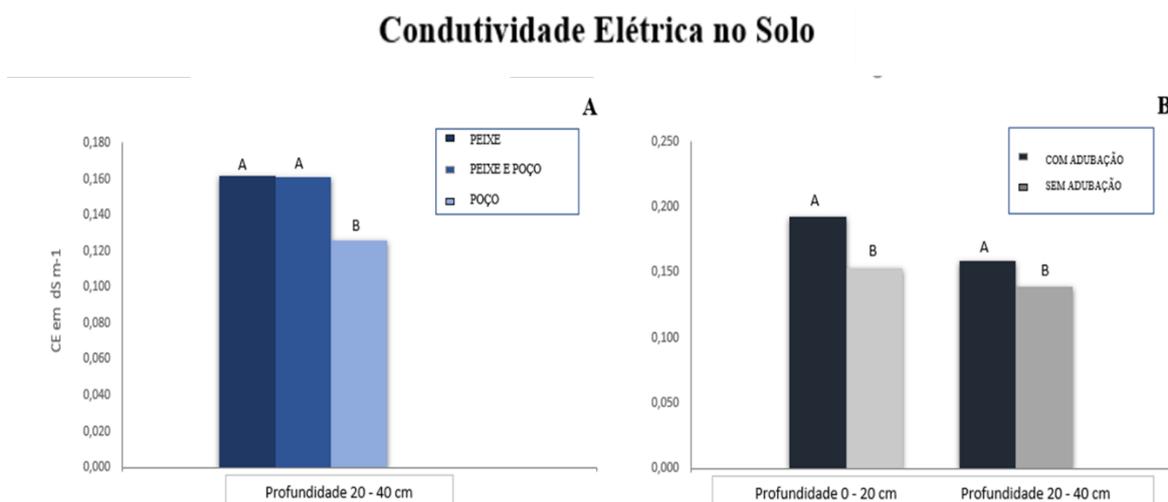
Fonte: a Autora.

Na caracterização das águas de irrigação não há informação que justifique a maior acidez potencial do solo associada à irrigação com o efluente de piscicultura. No que diz respeito à maior acidez potencial no solo adubado, isso está coerente com os menores valores de pH também observados para esse tratamento. Não é descartada a hipótese de que a irrigação, aplicada a um solo de textura arenosa (Tabela 1), tenha resultado em lixiviação de bases e resultado em maiores valores de acidez potencial. O manejo inadequado da irrigação pode acarretar alguns problemas relacionados a perda de nutriente, principalmente por lixiviação. Os principais nutrientes perdidos por lixiviação são: nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio (SANCHEZ,1981).

A condutividade elétrica (CE) foi maior mediante o uso do efluente de irrigação (Figura 11A) e com adubação realizada com cama de frango (Figura 11B). Os aumentos nos teores de íons no solo em resposta ao efluente de piscicultura e à adubação justificam os maiores valores de condutividade elétrica.

Na análise de caracterização das águas foi constatado que o efluente apresenta uma condutividade elétrica um pouco superior ($0,761 \text{ dS m}^{-1}$) em relação à água de poço ($0,747 \text{ dS m}^{-1}$), conforme a apresentado na Tabela 2. A Condutividade elétrica da água (CEa) é um dos parâmetros mais empregados para expressar a concentração de sais solúveis na água, possui uma determinação rápida e com boa precisão na maioria das águas (DONEEN, 1975). No Nordeste as águas usadas na irrigação, apresentando valores de CE abaixo de $0,750 \text{ dS m}^{-1}$, são consideradas de boa qualidade para irrigação se esse manejo for adequado. Todavia, se o manejo for inadequado isso afeta o balanço e a distribuição de sais no solo, podendo ocorrer salinização gradativamente (ALMEIDA, 2010).

Figura 11 - Condutividade elétrica do solo nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm. A: efeitos das diferentes fontes de irrigação; B: efeito da adubação.

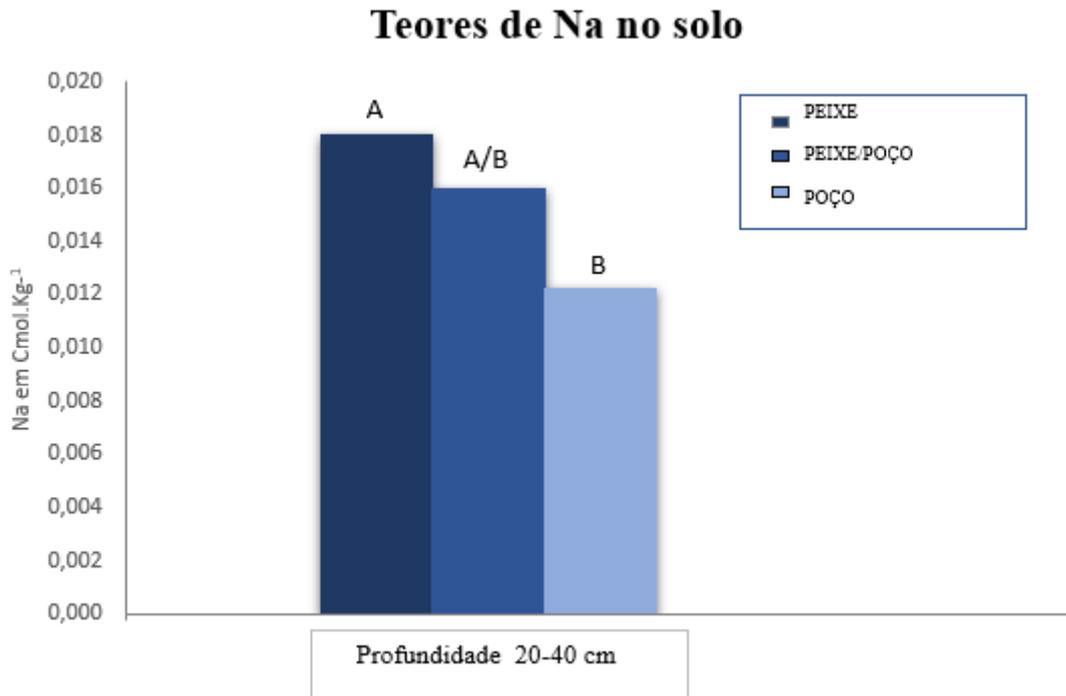


Fonte: a Autora.

De acordo com Carvalho *et al.* (2011), o esterco de galinha apresenta uma alta condutividade elétrica, uma alta concentração e cálcio e magnésio (Tabela 1), explicando o porquê do solo com adubação apresentou uma condutividade elétrica mais alta, do que o solo que não foi adubado, diferindo estatisticamente. Em relação a profundidade, as duas profundidades apresentaram o mesmo comportamento em relação ao tratamento com ou sem adubação.

Os teores de sódio no solo foram maiores nos tratamentos em que a irrigação foi realizada com o efluente de piscicultura (Figura 12), constituindo uma das causas da maior condutividade elétrica associada a este tratamento. Contudo, a análise de caracterização das águas não evidenciou maiores teores de Na no efluente em comparação com a água de poço (Tabela 2).

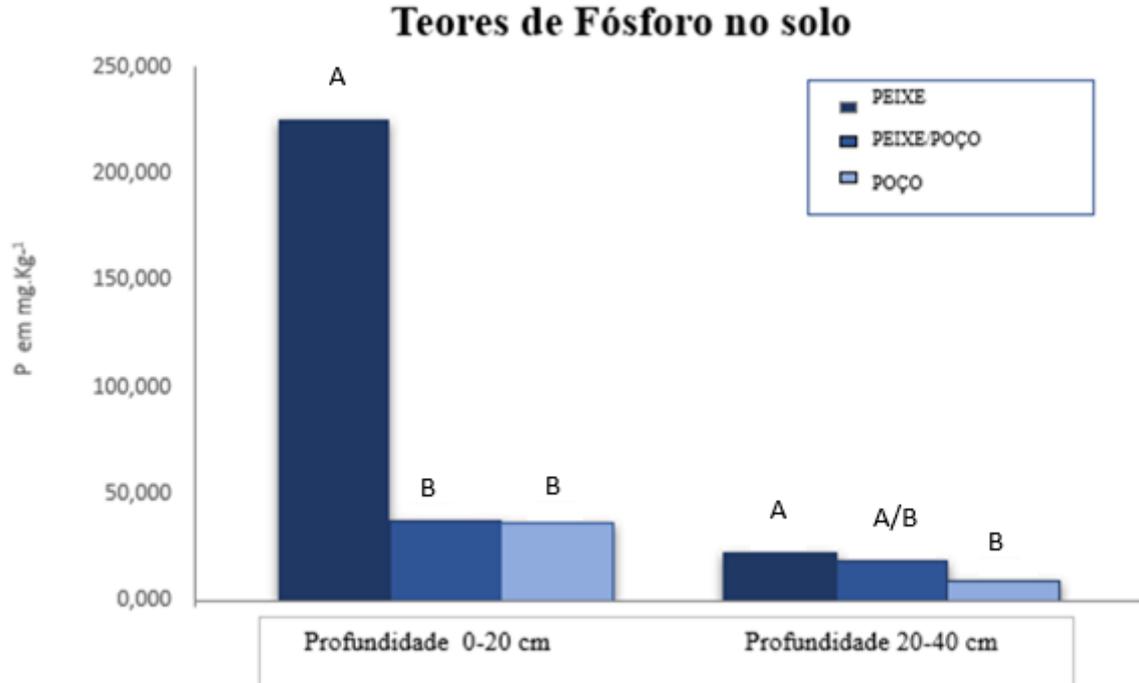
Figura 12- Teores de sódio no solo irrigado na profundidade de 20- 40 cm.



Fonte: A autora.

Apesar do método utilizado na caracterização das águas de irrigação não ter detectado fósforo na água de poço e no efluente (Tabela 2), o efluente de piscicultura resultou em maiores teores de fósforo no solo (Figura 13). Supõe-se que o efluente foi capaz de solubilizar e aumentar os teores de fósforo disponível do solo. Esse fato pode ser explicado a partir da presença de microrganismos nos viveiros de piscicultura que possuem papel importante na ciclagem de nutrientes (CASTRO, 2003), sendo através desses microrganismos que o fósforo é ciclado, estimulando a produtividade primária nos viveiros (MORIARTY, 1997).

Figura 13- Teor de fósforo no solo irrigado nas profundidades de 0-20 e 20- 40 cm.



Fonte: a Autora.

Na Tabela 5 são apresentadas as médias dos atributos químicos calculados do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Os maiores valores de soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC) foram maiores com a irrigação realizada com o efluente e com a aplicação do adubo orgânico. Esses resultados são coerentes com os aumentos nas bases trocáveis (Ca, Mg, K e Na) observados no presente estudo para estes tratamentos. A saturação por bases (V%) e a saturação por sódio (SS%) foram maiores para o tratamento sem adubação orgânica. Isso ocorreu porque este tratamento não resultou em aumento da CTC do solo, fazendo com que as quantidades de bases trocáveis (Ca, Mg e K) e sódio se tornassem mais expressivas.

Tabela 5 - Médias referentes aos parâmetros químicos calculados no solo irrigado com efluente de piscicultura, sob presença ou ausência de adubação, em duas profundidades.

	SB	CTC	V%	m%	SS%
0-20 cm					
Peixe	2,11a	3,02a	74,90ns	1,85A	1,65ns
Peixe/Poço	1,34b	2,02b	74,62ns	1,12AB	1,62 ns
Poço	1,23b	1,93b	73,62ns	0,16B	1,43 ns
DMS	0,41	0,54	7,12	2,97	0,69
20-40 cm					
C/Adubação	1,94a	3,33a	57,74b	1,21ns	0,90b
S/Adubação	1,17b	1,31b	91,02a	3,07ns	2,23a
DMS	0,24	0,35	5,59	3,05	0,43
20-40 cm					
Peixe	1,34a	2,003a	75,75A	7,06ns	1,77 ns
Peixe/Poço	0,76b	1,362b	69,93AB	4,80ns	1,61 ns
Poço	0,65b	1,185b	67,75B	2,20ns	1,11 ns
DMS	0,37	0,35	7,25	8,42	1,08
20-40 cm					
C/Adubação	1,08a	2,21a	48,38b	2,79ns	0,73b
S/Adubação	0,75b	0,82b	93,91a	6,57ns	2,27a
DMS	0,21	0,40	13,45	8,39	0,69

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. ns-médias não foram significativas pelo teste de Tukey.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efluente de piscicultura e a cama de frango melhoram atributos químicos do solo.

A irrigação com o efluente da piscicultura pode ser considerada uma alternativa viável para as condições do semiárido, sendo os solos dessa região a maioria pobre em nutrientes e esse efluente pode ser utilizado como um tipo de fertirrigação.

Contudo, o manejo inadequado da irrigação, combinado com o uso desse efluente, pode acarretar a salinização do solo, havendo a necessidade de monitoramento constante.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010., 2010.
- AL-JALOUD, A. A., HUSSAIN, G., ALSADON, A. A., SIDDIQUI, A. Q., AL-NAJADA, A. Use of aquaculture effluent as a supplemental source of nitrogen fertilizer to wheat crop. *Arid Land Research and Management*, v. 7, n. 3, p. 233-241, 1993.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2015. ANA, 2015.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American public health association, 2012.
- AQUICULTURA E PESCA: uma política sustentável para o Brasil. In: Conferência Nacional de Aquicultura e Pesca, 2, 2006, Brasília. Brasília: IBAMA/Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, 2006. 87p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, revisado 1).
- BACCARIN, A. E.; CAMARGO, A. F. M. Characterization and evaluation of the impact of feed management on the effluents of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 48, n. 1, p. 81-90, 2005.
- BARBOSA, J. C.; JÚNIOR, MALDONADO; AGROESTAT, W. sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos, versão 1.1. 0.626, 2011. Jaboticabal: FCAV-Departamento de Ciências Exatas, 2011.
- BARBOSA, L. P. J. L. Avaliação da toxicidade de cianobactérias na água e da presença de microcistinas nos tecidos de peixes de viveiros em Macapá (AP). 2015. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de pós-graduação em ciências da saúde, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2015.
- BLUM, L.E.B.; KOTHE, D.M.; SIMMLER, A.O. Efeito da adição ao solo da casca de pinus e da cama de aviário na incidência de tombamento (*Phytophthora capsici*) em mudas de cucurbitáceas e pimentão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, suplemento, p. 268, 1999.
- BRASIL, Agência Nacional das Águas. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, DF, 2017. Disponível em <<http://arquivos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 03 out 2017.
- CARVALHO, E. R., DE REZENDE, P. M., DE ANDRADE, M. J. B., DOS PASSOS, A. M. A., OLIVEIRA, J. A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 930-939, 2011.
- CASTAGNOLLI, N. Piscicultura de água doce. Jaboticabal: Funep, v. 189, p. 181-195, 1992.

CASTRO, R. S. CASTRO, R., AZEVEDO, C. B., BEZERRA NETO, F., TORQUATO, J. E. Produtividade do tomate cereja cultivado em sistema orgânico, irrigado com efluente de piscicultura. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, 2003.

CASTRO, R. S., AZEVEDO, C. M. B., BEZERRA-NETO, F. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 1, p. 44-50, 2006.

CEARÁ. PREFEITURA MUNICIPAL DE JAGUARIBARA. Relatório de potencialidades aquícolas do açude castanhão. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Turismo, Aquicultura e Pesca. Jaguaribara: dez. 2013. (Relatório final).

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (Org.). O problema da escassez de água no mundo. São Paulo: Cetesb, 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

COELHO, E. F. et al. Irrigação e fertirrigação na cultura do mamão. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro científico (ALICE), 2011. In: DE SOUSA, V. F. et al. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. 2011.

CORRÊA, C. F., SCORVO FILHO, J. D., TACHIBANA, L., LEONARD, A. Caracterização e situação atual da cadeia de produção da piscicultura do Vale do Ribeira. *Informações Econômicas*, v. 38, n. 5, p. 30-36, 2008.

ELER, M. N. Influência do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) e do fluxo contínuo de água nas características limnológicas de viveiros de piscicultura. 1996. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FACTOR, T. L., DE ARAÚJO, J. A. C., VILELLA JR, LUIZ V.E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 143-149, 2008.

FIGUEIREDO JR, C.A.; VALENTE JR, A.S. Cultivo de tilápias no Brasil: origens e cenário atual. SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Grupo de Pesquisa: Comercialização, Mercado e Preços, 2008. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/9/178.pdf>>. Acesso em novembro de 2017.

FOLEGATTI, M. V; BLANCO, F. F.; SILVA, L. D. B. Manejo da irrigação. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 123 p.

AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FISHERIES DEPARTMENT. The State of World Fisheries and Aquaculture, 2012. Food & Agriculture Org., 2012.

GOOLEY, G. J.; GAVINE F. M. **Integrated Agri-aquaculture Systems. A Resource Handbook for Australian Industry Development**. Rural Industry Research and Development Corporation Publication 03/012, 2003. 183 p

GUO, L.; LI, Z. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. **Aquaculture**, v. 226, n. 1-4, p. 201-212, 2003.

KIEHL, E. J. Fertilizantes Orgânicos. São Paulo: Ceres, 1985. 492p

KOEPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. 1948.

HUSSAR, G. J., PARADELA, A. L., SAKAMOTO, Y., JONAS, T. C., ABRAMO, A. L. Aplicação da água de escoamento de tanque de piscicultura na irrigação da alface: aspectos nutricionais. **Ecossistema**, v. 27, n. 2, 2002.

MAIA, E. L. Decomposição de esterco em Luvisolo no semi-árido da Paraíba. 2002. 35f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Patos.

MARISCAL LAGARDA, M. M., PÁEZ-OSUNA, F., ESQUER-MÉNDEZ, J. L., GUERRERO MONROY, I., DEL VIVAR, A. R., FÉLIX-GASTELUM, R. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: Management and production. **Aquaculture**, v. 366, p. 76-84, 2012.

MACEDO, C. F.; SIPAUBA TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Bol. Inst. Pesca*, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

RODRIGUES DE MIRANDA, F., RODRIGUES CAVALCANTE, R. R., MATOS RIBEIRO, E., NONATO DE LIMA, R. Uso de efluentes da carcinicultura na irrigação de *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, 2010.

MORIARTY, D. J. W. The role of microorganisms in aquaculture ponds. **Aquaculture**, v. 151, n. 1-4, p. 333-349, 1997.

OLIVEIRA, H. D. V., NETO, F. B., AZEVEDO, C. M. D. S. B., BARBOSA, C., SOUSA GURGEL, G. C. Alterações nas características químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo irrigado com efluente de piscicultura, em ambiente protegido. **Revista Agro@ mbiente Online**, v. 3, n. 1, p. 9-14, 2010.

LA, CONTRIBUCIÓN A.; LA, ALIMENTARIA Y. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. 2016.

PÁDUA, H.B. de. Principais variáveis físicas e químicas da água na aquicultura. In: Workshop sobre Qualidade de Água na Aquicultura, 1., Pirassununga, 28-30/ago./2000. Anais... v.1. 2000. p. 17-23.

PEREIRA, L. P. F., MERCANTE, C. T. J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

RAIJ, B. et al (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo Campinas, 2001. 285 p.

RAIJ, B. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

REICHARDT, K. Dinâmica de íons no solo. In: Simpósio avançado de química e fertilidade do solo, 1986, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.43-52

TIAGO, G. G., GIANESELLA, S. M. F. O uso da água pela aquíicultura: estratégias e ferramentas de implementação de gestão. Boletim do Instituto de Pesca, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2003.

TOZE, S. Reuse of effluent water—benefits and risks. **Agricultural water management**, v. 80, n. 1-3, p. 147-159, 2006.

VILLAS BOAS, R. L. et al. Fertirrigação para iniciantes. Pesquisa & Tecnologia, vol. 3, n.2, jul/dez 2006.

VIDAL, M. F. Panorama da piscicultura no Nordeste. ETENE Setorial, v.3, p.13-18, 2016.

SANCHEZ, P. A. Suelos del trópicos: características y manejo. San José: Intituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura, 1981. 660 p.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, J. H.; SILVA, F. B. R. Fertilidade de Solos do Semi-Árido do Nordeste. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 21, 1995, Petrolina. Anais... Petrolina: SBCS, 1995. p.51-71.

SANTOS, F. J. S. Cultivo de tilápia e uso de seu efluente na fertirrigação de feijão-vigna. 2009. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SCHERER, E.E. Avaliação do esterco de aves e da uréia como fontes de nitrogênio para a cultura do milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 8, n. 4, p. 15-18, 1995.

SCHULTER, E. P., VIEIRA FILHO, J. E. R. evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. Rio de Janeiro: Ipea, 2017. 35 p. (2328). Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td_2328.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

SEBRAE. Aquíicultura no Brasil: série estudos mercadológicos . 2015. Acesso em 17/10/2017. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/\\$File/5403.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf)

SMITH, C. J., HOPMANS, P., COOK, F. J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd, in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. *Environmental Pollution*, v.94, p.317-323,1996.

SHILO, M., SARIG, S. Fish culture in warm water systems: Problems and trends. CRC press. Florida.1989.259p.

SOARES, A.M.L. Zoneamento Geoambiental do Município de Beberibe-CE. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará-UECE. 118p. 1998.

SOUSA, V. F., ANDRADE, C. L. T., SOUSA, A. P., AGUIAR NETTO, A. O. Redistribuição de água em solo de textura arenosa sob irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p.963-973.

TEIXEIRA, P. C et al. Manual de Métodos de Análise de Solo. Embrapa Solos-Livro técnico (INFOTECA-E), 2017.

YOO, K.H., MASSER, M.P., HAWCROFT, B.A. An in-pond raceway system incorporating removal of fish wastes. **Aquacultural Engineering**, London, 1995. 14: 175-187.

ZANIBONI-FILHO, E. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 57, n.1, p. 3-9. 1997