

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 31/09/2023

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until September 31, 2023

KEVIM MUNIZ VENTURA

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO EM CAMPO DE UM APLICATIVO PARA
MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO**

Botucatu

2022

KEVIM MUNIZ VENTURA

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO EM CAMPO DE UM APLICATIVO PARA
MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román

**Botucatu
2022**

V468d Ventura, Kevim Muniz
Desenvolvimento e validação em campo de um aplicativo para manejo da adubação mineral associada à irrigação com água residuária de efluente de estação de tratamento de esgoto doméstico / Kevim Muniz Ventura. -- Botucatu, 2022
82 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román

1. Reúso de água. 2. Programação. 3. SODIS. 4. Irrigação localizada. 5. Horticultura Irrigada. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO EM CAMPO DE UM APLICATIVO PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

AUTOR: KEVIM MUNIZ VENTURA

ORIENTADOR: RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN (Participação Virtual)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP

Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD (Participação Virtual)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP

Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO (Participação Virtual)
Ciência Florestal Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP

Dra. ROBERTA DANIELA DA SILVA SANTOS (Participação Virtual)

Prof.^a Dr.^a PATRICIA ANGELICA ALVES MARQUES (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Biosistemas-ESALQ / Piracicaba/SP

Botucatu, 31 de março de 2022

AGRADECIMENTOS

A **Hekátē**, que diariamente se mostrou presente em minha vida, e durante essa jornada foi o vento me empurrando pra frente, o apoio sempre que eu caia e a mão estendida que me levantou todas as vezes. Que seu poder continue sendo o meu e o meu poder continue sendo o seu.

Ao meu noivo, **Jonas Rafael Vargas**, que desde o início dessa caminhada nenhuma vez me negou apoio, carinho e incentivo. Obrigado, amor da minha vida, por lidar com minhas crises de estresse e ansiedade. Chegar até aqui não seria possível sem você ao meu lado.

Ao meu orientador, Professor **Rodrigo Máximo Sánchez Román**, parafraseio Isaac Newton quando penso no senhor. “Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos gigantes”. Obrigado por acreditar em mim desde o princípio e estar presente durante esses anos de pós graduação. Digo a todos que sou extremamente privilegiado por ter um orientador como o senhor. Sua orientação foi essencial para meu desenvolvimento como pesquisador, e por isso sou eternamente grato.

A **Regiane de Carvalho Bispo**, pessoa que tenho orgulho de chamar de amiga. Você foi crucial e imprescindível para que eu chegasse até aqui. Obrigado pelos momentos felizes, e mais obrigado ainda por chorar comigo quando eu precisei. Teus conselhos, nossas conversas, nossos encontros, são momentos queridos que levarei pra toda a vida.

A minha *sestra* **Luiz Felipe Perdigão Alves**, uma das poucas pessoas que sabe de verdade como foi árdua a caminhada até esse momento. Dizer “sem você eu não estaria aqui”, não faz jus a sua importância na realização desta conquista. Obrigado por ser luz durante a escuridão, por me escutar quando eu precisava desabafar e por sempre estar presente.

Aos meus companheiros não humanos. **Caprio, Cosima, Ludovico, Maeve, Selina, Otávio e Tony**. Meu pequeno zoológico, essencial para manter minha sanidade até o momento.

A minha família, **Rosemary Ventura, Kleber Muniz e Maicon Muniz Ventura**, obrigado por todo o apoio que me permitiu chegar até aqui. Sem vocês esse sonho não teria sido possível.

A **Amanna Gonzaga Jacaúna**, super amiga que o gramado me proporcionou. Obrigado pela parceria. Pelos incontáveis rodízios. Pela constante companhia. Pela conexão que nos permite conversar sem usar palavras. Obrigado por ser leveza durante os momentos pesados do doutorado.

Aos colegas de pós-graduação, **João Jesus, Leticia Thália, Karl Marx, Tamires Silva, Marina Sbardella e Priscila Pegorin**. Obrigado pela parceria.

Ao grande amigo e professor que Botucatu me deu, **José Eduardo Vasconcellos**. Obrigado por muitas vezes, até sem saber, me colocar pra cima. Sua companhia foi sempre momentos de recarga quando eu estava esgotado.

Ao meu grande amigo, **Danilo Dias Pinto Santine**. Obrigado pela parceria, por todos os treinos, pelos momentos de descontração, pelos desabafos, por toda ajuda e companheirismo.

Ao técnico do laboratório de Irrigação **José Israel Ramos**, obrigado por toda ajuda durante meu experimento.

Ao **Departamento de Engenharia Rural e Socioeconômica** da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, e ao **Programa de Pós-graduação em Agronomia - Irrigação e Drenagem** pela oportunidade de realização do curso.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ)**, pela concessão da bolsa de doutorado.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche (Processo nº 88887.371770/2019-00).

Aos professores **Alfonso Jose Calera Belmonte** e **José María Tarjuelo Martín-Benito**, por me receberem e orientarem durante meu período na *Universidad de Castilla-La Mancha*.

Ao professor **Tasuku Kato**, por me receber e orientar durante meu período na *Tokyo University of Agriculture and Technology*.

A **NaanDanJain Irrigation Ltd.** pelo fornecimento dos materiais de irrigação utilizados na pesquisa.

E a **todos** que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização do meu doutorado, deixo meus sinceros agradecimentos.

Eu sou pequeno, mas eu vou em busca
da coroa.

I'll find my own bravado.

(Ella Marija Lani Yelich-O'Connor)

RESUMO

A horticultura representa uma parcela importante na economia brasileira, sendo comumente praticada por pequenos e médios produtores, e agricultores familiares. Amplamente utilizada na produção de hortícolas, a irrigação é uma ferramenta que garante níveis de produção elevados. Entretanto, nos últimos anos o país vem sendo acometido por secas severas, desta forma é de suma importância aprimorar as técnicas de irrigação para essa nova realidade. O uso de água residuária tratada aparece como uma alternativa à água limpa, além de possuir uma carga nutricional que pode ser benéfica para o cultivo. Porém, o uso e proveito desses nutrientes da água residuária não é realizado devido à dificuldade dos cálculos de adubação considerando o reuso de água. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver e validar um aplicativo para dispositivo móvel capaz de realizar os cálculos de adubação considerando a carga nutricional presente na água residuária utilizada na irrigação de três espécies de hortaliças, em sistemas de produção com adubação orgânica e mineral, além de comparar o efeito da utilização de um efluente secundário da estação de tratamento de esgoto tratada com sistema de desinfecção solar como fonte de irrigação em dois sistemas de produção de hortaliças, com adubação mineral e orgânica. Para isso, foram utilizadas as culturas alface, rabanete e salsinha, em duas safras. A irrigação utilizada foi gotejamento, utilizando água de abastecimento e efluente secundário da estação de tratamento de esgoto da SABESP, tratada com o sistema de desinfecção solar (SODIS). Foram analisados parâmetros biométricos das culturas, produtividade e teores nutricionais. Para avaliar o aplicativo, foram utilizados cinco tratamentos de forma a possibilitar a comparação dos resultados. Os resultados encontrados mostraram que para as culturas estudadas, com as duas fontes de adubação, orgânica e mineral, o uso do aplicativo resultou em uma economia no uso de fertilizantes, produzindo hortaliças com parâmetros biométricos equivalentes ao tratamento controle utilizando água de abastecimento e realizando os cálculos de adubação de forma manual. O aplicativo ainda facilita a aplicação de fertilizantes, pois o mesmo foi capaz de criar um calendário de aplicação, com as datas e quantidades de adubo a ser aplicado, facilitando o manejo do produtor.

Palavras-chave: reúso de água; programação; SODIS; irrigação localizada, horticultura irrigada.

ABSTRACT

Horticulture represents an important part of the Brazilian economy, is commonly practiced by small and medium producers and family farmers. Usually used in horticultural production, irrigation is a tool that guarantees high production levels. However, in recent years the country has been affected by severe droughts, so it is extremely important to improve irrigation techniques for this new reality. The use of treated wastewater appears as an alternative to clean water, in addition to having a nutritional load that can be beneficial to the crop. However, the use and benefit of these nutrients from wastewater is not carried out due to the difficulty of fertilizer calculations considering water reuse. Thus, the objective of this research was to develop and validate an application for mobile device capable of performing fertilizer calculations considering the nutritional load present in the wastewater used in the irrigation of three species of vegetables, in organic and conventional production systems, in addition, to compare the effect of using a secondary effluent from a sewage treatment plant treated with a solar disinfection system as an irrigation source in two vegetable production systems, conventional and organic. For this, lettuce, radish, and parsley were used, in two harvests at different times of the year. The irrigation used was drip irrigation, using water supply and secondary effluent from the SABESP sewage treatment plant, treated with the solar disinfection system (SODIS). Biometric parameters of crops, productivity, and nutritional contents were analyzed. To evaluate the application, five treatments were used to enable the comparison of results. The results found showed that for the crops studied, in organic and conventional production systems, the use of the application resulted in an economy in the use of fertilizers, producing vegetables with biometric parameters equivalent to the conventional treatment using clean water and performing the fertilizer fertilization calculations. manual way. The application also facilitates the application of fertilizers because it was able to create an application calendar, with the dates and quantities of fertilizer to be applied, facilitating the producer's management.

Keywords: water reuse; programming; SODIS; drip irrigation, irrigated horticulture.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

Figura 1 - Fluxograma básico do aplicativo.....	27
Figura 2 - Tela de início e menu inicial.....	29
Figura 3 - Banco de dados de culturas e informações pertinentes aos cálculos de adubação.....	30
Figura 4 - Banco de dados de adubos comerciais mais utilizados e seus teores nutricionais.....	30
Figura 5 - Tela de adição de um novo cultivo no aplicativo.....	32
Figura 6 - Tela de inclusão dos dados da análise do solo.....	33
Figura 7 - Tela para definição do tipo de adubação e fertilizantes a serem utilizados.....	34
Figura 8 - Tela de seleção sobre o uso de água residuária.....	35
Figura 9 - Tela de inclusão dos dados da análise da água residuária e lâmina de irrigação.....	36
Figura 10 - Resultado final apresentado em forma de calendário de aplicação.....	38
Figura 11 - Relatório final de economia.....	38

CAPÍTULO 2 - VALIDAÇÃO DO APLICATIVO “RESIDUFERTI” PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

Figura 1 - Água residuária no sistema de tratamento SODIS.....	44
Figura 2 - Radiação solar global registrada na estação meteorológica próxima à área do estudo.....	45
Figura 3 - Precipitação e evapotranspiração de referência durante o período dos experimentos.....	46

Figura 4 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na alface com adubação mineral.....	50
Figura 5 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na alface com adubação orgânica.....	51
Figura 6 - Produtividade da alface para os diferentes tratamentos.....	52
Figura 7 - Exemplares de alface nos diferentes tratamentos com adubação orgânica.	53
Figura 8 - Exemplares de alface nos diferentes tratamentos com adubação mineral.	54
Figura 9 - Resultado da análise foliar para macro e micronutrientes da alface com adubação mineral.....	55
Figura 10 - Resultado da análise foliar para macro e micronutrientes da alface com adubação orgânica.....	56
Figura 11 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados no rabanete nos dois ciclos do experimento com adubação mineral.....	57
Figura 12 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados no rabanete nos dois ciclos do experimento com adubação orgânica.....	57
Figura 13 - Produtividade do rabanete para os diferentes tratamentos nos dois ciclos do experimento.....	58
Figura 14 - Exemplares de rabanete nos diferentes tratamentos com adubação orgânica.....	60
Figura 15 - Exemplares de rabanete nos diferentes tratamentos com adubação convencional.	61
Figura 16 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes do rabanete com adubação mineral.	63
Figura 17 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes do rabanete com adubação orgânica..	64
Figura 18 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na salsinha nos dois ciclos do experimento com adubação mineral	65
Figura 19 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na salsinha nos dois ciclos do experimento com adubação orgânica.....	66
Figura 20 - Produtividade da salsinha para os diferentes tratamentos nos dois ciclos do experimento.....	67

Figura 21 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes da salsinha com adubação mineral..	68
Figura 22 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes da salsinha com adubação orgânica..	69
Figura 23 - Lâmina total aplicada nos tratamentos que receberam AR nos dois ciclos do experimento..	70
Figura 24 - Nutrientes (N, P e K) presentes na água residuária.....	70
Figura 25 - Aporte nutricional fornecido pela AR e recomendação de adubação para as culturas do experimento nos dois ciclos do experimento.	71

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

Tabela 1 - Informações referentes aos dados do aplicativo.....28

Tabela 2 - Banco de dados de adubos presentes no aplicativo.....31

CAPÍTULO 2 - VALIDAÇÃO DO APLICATIVO “RESIDUFERTI” PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

Tabela 1 - Caracterização inicial do solo.43

Tabela 2 - Caracterização do solo no início do segundo ciclo do experimento.....43

Tabela 3 - Detalhes da condução das culturas.....47

Tabela 4 - Detalhes sobre os diferentes tratamentos do experimento.48

Tabela 5 - Resultado das análises microbiológicas da água residuária (AR) nos dois ciclos do experimento.....49

Tabela 6 - Estimativa da economia em porcentagem e reais por hectare para os macronutrientes das culturas conforme cotação realizada em Botucatu/SP em 2021 para os tratamentos com adubação convencional nos dois ciclos do experimento. .72

Tabela 7 - Estimativa da economia em porcentagem e reais por hectare das culturas conforme cotação realizada em Botucatu/SP em 2021 para os tratamentos com adubação orgânica nos dois ciclos do experimento.72

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	21
CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA.....	24
1.1 INTRODUÇÃO	24
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
1.4 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO 2 - VALIDAÇÃO DO APLICATIVO “RESIDUFERTI” PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA.....	42
2.1 INTRODUÇÃO	42
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.2.1 Tratamento da água residuária.....	44
2.2.3 Sistema de irrigação	45
2.2.4 Manejo da irrigação.....	46
2.2.5 Condução das culturas	46
2.2.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	47
2.2.7 Variáveis analisadas	48
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
2.3.1 Tratamento da água residuária.....	49
2.3.2 Alface.....	50
2.3.4 Rabanete	57
2.3.5 Salsinha	64
2.3.6 Análise econômica	69
2.4 CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
REFERÊNCIAS	79

INTRODUÇÃO GERAL

Produzindo alimentos fundamentais para a população, a horticultura é uma atividade primordial, e no Brasil esse sistema de produção vem passando por alterações para se adaptar às modernizações de forma a garantir produtividades e qualidade elevadas. Compostas de nutrientes, fibras, vitaminas e minerais que combatem doenças e com baixo teor de calorias, as hortaliças são de suma importância na dieta do brasileiro, e são a fonte de nutrientes essenciais para a alimentação da população (BRANCO e ALCANTRA, 2012).

Localizada na região Sul e Sudeste do país, a maior parte das propriedades que tornam o Brasil destaque na horticultura é considerada de base familiar, sendo responsável pela produção de renda e emprego. No contexto atual, a produção aumentou consideravelmente sem o aumento da área cultivada, que em 2015 era cerca de 800 mil hectares (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2015).

Dados da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) mostram que o consumo de hortaliças vem aumentando, tal como os requisitos de qualidade do consumidor. Como consequência, as pesquisas e geração de tecnologias envolvendo a produção de hortaliças vem permitindo o progresso e gerando cada vez mais estímulos na diversificação e na produção de qualidade hortícola (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2015).

A produção brasileira de hortaliças, também dependente da irrigação, cresce a cada ano,, e em termos de tipo de irrigação, o sistema de irrigação localizada está frequentemente ligado à produção hortícola por apresentar um melhor aproveitamento da água, assegurando maiores produtividades (TESTEZLAF e MATSURA, 2015).

A irrigação localizada baseia-se na aplicação localizada da água no solo junto as raízes das plantas, de forma que o volume de solo molhado é reduzida, assegurando menor perda por evaporação. Além disso, menor uso de mão de obra no campo, facilidade para aplicar adubos, altamente adaptável em diferentes solos e topografias, menor evaporação da água aplicada, maior aproveitamento hídrico e o auxílio no controle fitossanitário (FRIZZONE, 2015; SILVA, FOLEGATTI & DUARTE 2015).

Frente às mudanças climáticas dos últimos anos, surge a necessidade de uma alternativa de fonte hídrica para irrigação. O reúso de água na agricultura vem sendo estudado nos últimos anos como uma possibilidade de substituição da água de fontes

mais nobres. Encontra-se na literatura diversas pesquisas com esse tema, e todas evidenciam os diversos benefícios que esta prática oferece (CUBA et al., 2015; BEDBABIS et al., 2015; ALLENDE; MONAGHAN, 2015; MAKKAEW et al., 2016; GATTA et al., 2016; URBANO et al., 2017; EREGNO et al., 2017; BENEDEUCE et al., 2017; LIBUTTI et al., 2018; CARVALHO et al., 2018).

Para ser utilizada na irrigação, a água de reúso deve seguir as diretrizes da Organização Mundial da Saúde em relação aos parâmetros microbiológicos da mesma (WHO, 1989). Para isso, a mesma deve sempre passar por alguma forma de tratamento visando atender essas recomendações.

Existem inúmeras formas de tratamento, uma delas utiliza a radiação ultravioleta (RUV). Esse sistema de desinfecção atua na remoção de microrganismos, como por exemplo os coliformes fecais. A RUV atua diretamente no DNA, resultando na quebra nas ligações das fitas do DNA (DANIEL e CAMPOS, 1993; SANTOS, 2019). Queluz e Sánchez-Román (2014) desenvolveram uma forma de tratamento que utiliza dessa radiação para tratar águas residuárias com o intuito de torná-las aptas para o uso na irrigação. O SODIS (*Solar Disinfection*), consiste em um reator no formato de cone invertido, pintado de cor preta.

O reúso de água na irrigação, além de ser uma alternativa para o uso de água, pode reduzir os custos da produção, principalmente os relacionados com os fertilizantes, em função da possibilidade de substituição total e/ou parcial de fertilizantes devido à carga nutricional presente neste tipo de efluente (CAPRA; SCICOLONE, 2004). A nível mundial já existem países com áreas agrícolas que utilizam efluentes tratados como fonte de irrigação, México, Chile, China, Índia, Alemanha, Israel, Espanha, França e Estados Unidos são exemplos disso (KIZILOGLU et al., 2007; GUPTA et al., 2009; QADIR et al., 2010; BICHAI et al., 2012; PERVEEN et al., 2012). Entretanto, o produtor carece de ferramentas que possibilitem a realização de cálculos visando tirar vantagem deste fato. Essa demanda pode ser facilmente suprida através do uso de tecnologias computacionais, como softwares e aplicativos para dispositivos móveis.

Dito isso, os objetivos deste trabalho foram i) desenvolver uma ferramenta simples, de baixo custo e eficaz para auxiliar a tomada de decisões de produtores rurais que desejam utilizar água residuária na propriedade e tirar o máximo de vantagem da mesma. ii) desenvolver e validar um aplicativo para dispositivo móvel capaz de realizar os cálculos de adubação considerando a carga nutricional presente

na água residuária utilizada na irrigação de hortaliças, iii) comparar o efeito da utilização de um efluente secundário da estação de tratamento de esgoto tratado com sistema de desinfecção solar como fonte de irrigação em dois sistemas de produção de hortaliças, convencional e orgânico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do aplicativo trouxe resultados satisfatórios no cultivo de hortaliças utilizando água residuária na irrigação, com adubação orgânica e mineral.

Com o modelo de cálculo utilizado pelo aplicativo desenvolvido nesta pesquisa foi possível produzir hortaliças utilizando água residuária na irrigação e reduzindo os custos com fertilizante com base nos teores nutricionais do efluente tratado.

O desenvolvimento de ferramentas que facilitem o uso da água residuária na irrigação, e a existência de sistemas simples de tratamento da água, remanesce para que o Brasil se torne usuário ávido desta técnica de produção, além da necessidade de uma legislação federal que permita a comercialização de hortaliças produzidas com água de reuso, fomentando cada vez mais a busca por uma agricultura sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALLENDE, A; MONAGHAN, J. Irrigation water quality for leafy crops: a perspective of risks and potential solutions. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 7, p. 7457-7477, 2015.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. 2015. Brazilian Vegetable Yearbook. Santa Cruz do Sul: Gazeta. 66p.
- BEDBABIS, S; TRIGUI, D; AHMED, C. B; CLODOVEO, M. L; CAMPOSEO, S; VIVALDI, G. A; ROUINA, B. B. Long-terms effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil, yield and olive oil quality. **Agricultural Water Management**, v. 160, p. 14-21, 2015.
- BENEDUCE, L; GATTA, G; BEVILACQUA, A; LIBUTTI, A; TARANTINO, E; BELLUCCI, M; TROIANO, E; SPANO, G. Impact of the reusing of food manufacturing wastewater for irrigation in a closed system on the microbiological quality of the food crops. **International Journal of Food Microbiology**, v. 260, n. 1, p. 51-58, 2017.
- BRANCO, M. C; ALCÂNTRA, F. A. **Hortas Comunitárias: experiências do Brasil e dos Estados Unidos**. Brasília: 2012.
- CAPRA, A; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural water management**, v. 68, n. 2, p. 135-149, 2004.
- CARVALHO, R.S.C; BASTOS, R.G; SOUZA, C.F. Influence of the use of wastewater on nutrient absorption and production of lettuce grown in a hydroponic system. **Agricultural Water Management**, v. 203, p. 311-321, 2018.
- CUBA, R, S; CARMO, J. R; SOUZA, C. F; 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**, v. 10, n. 3, 2015.
- DANIEL, L.A; CAMPOS, J.R. Metodologia simplificada para determinação de parâmetros cinéticos de desinfecção com radiação ultravioleta. In: **Seminário Internacional - Desinfecção de Águas de Abastecimento e Residuárias em Países em Desenvolvimento**, 1993, Belo Horizonte, Brasil. Anais. Belo Horizonte: Ed. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES – Seção Minas Gerais, 1993. p.229-245.
- EREGNO, F; MOGES, M; HEISTAD, A. Treated greywater reuse for hydroponic lettuce production in a green wall system: quantitative health risk assessment. **Water**, v. 9, n. 7, p. 454, 2017.
- FRIZZONE, J. A. **IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Folegatti/leb1571/Irrigacao_localizada.pdf>. Acesso em: 06 out. 2015.

GATTA, G; LIBUTTI, A; BENEDEUCE, L; GAGLIARDI, A; DISCIGLIO, G; LONIGRO, A; TARANTINO, E. Reuse of treated municipal wastewater for globe artichoke irrigation: Assessment of effects on morpho-quantitative parameters and microbial safety of yield. **Scientia Horticulturae**, v. 213, p. 55-65, 2016.

LIBUTTI, A; GATTA, G; GAGLIARDI, A; VERGINE, P; POLLICE, A; BENEDEUCE, L; DISCIGLIO, G; TARANTINO, E. Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, v. 196, n. 1, p. 1-14, 2018.

MAKKAEW, P; MILLER, M; FALLOWFIELD, H. J; CROMAR, N. J. Microbial risk in wastewater irrigated lettuce: comparing *Escherichia coli* contamination from an experimental site with a laboratory approach. **Water Science and Technology**, v. 74, n. 3, p. 749-755, 2016.

QUELUZ, J.G.T; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M. Efficiency of domestic wastewater solar disinfection in reactors with different colors. **Water Utility Journal**, v.7, n.1, p. 35-44, 2014.

SILVA, V. P. da; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. **IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO E LOCALIZADA**. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso1.htm>>. Acesso em: 13 set. 2015.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. **Engenharia de Irrigação: tubulações e acessórios**. 1. ed. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 2015. v. 1. 153p .

URBANO, V. R.; MENDONÇA, T. G.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. **Agricultural water management**, v. 181, p. 108-115, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Wastewater use in agriculture**. 2. ed. Switzerland: Who Library Cataloguing, 2006.