

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO COMPOSTADO E
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM LARANJEIRA
‘VALÊNCIA’.**

MARCIO HENRIQUE LANZA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP –
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia -
Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP

Fevereiro - 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO COMPOSTADO E
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM LARANJEIRA
‘VALÊNCIA’.**

MARCIO HENRIQUE LANZA

Orientador: Prof. Dr. Hélio Grassi Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia - Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP

Fevereiro - 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Lanza, Marcio Henrique, 1988-
L297u Utilização de lodo de esgoto compostado e irrigação com água residuária em laranjeira 'Valência' / Marcio Henrique Lanza. - Botucatu : [s.n.], 2014
viii, 64 f. : tabs., fots. color., grafs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Hélio Grassi Filho
Inclui bibliografia

1. Laranja - Qualidade. 2. Lodo de esgoto. 3. Águas residuais de irrigação. 4. Fertirrigação. 5. Águas - Reutilização. I. Grassi Filho, Hélio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

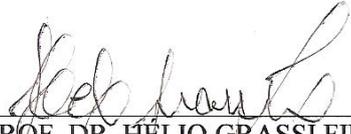
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO COMPOSTADO E IRRIGAÇÃO
COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM LARANJEIRA 'VALENCIA'

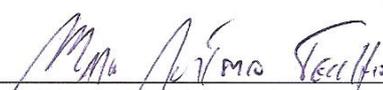
ALUNO: MARCIO HENRIQUE LANZA

ORIENTADOR: PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



PROF. DR. MARCO ANTONIO TECCHIO



PROF. DR. RODRIGO DOMINGUES BARBOSA

Data da Realização: 27 de fevereiro de 2014.

AGRADECIMENTOS

Sou grato a DEUS em primeiro lugar pela vida e por me abençoar em todos aspectos do meu cotidiano me mostrando o caminho que seguir através de pessoas realmente iluminadas.

À minha família pelo apoio e incentivo, que através dos meus pais Ivair Natal Lanza e Clarice Antonia Cruz Lanza que sempre valorizando o ensino, estando sempre ao meu lado com um amor incondicional e ao meu irmão Michel Augusto Lanza pela grande amizade e cumplicidade.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pela oportunidade da realização do curso de mestrado e pela contribuição na minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

Ao Prof. Dr. Hélio Grassi Filho pela orientação, companheirismo, dedicação, e paciência ao compartilhar seus conhecimentos e me ajudar na construção de meu caráter.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, especialmente ao Prof. Dr. Rodrigo Máximo S. Román pelos ensinamentos e confiança ao meu trabalho demonstrado.

A Faculdade Eduvale Avaré por iniciar minha formação profissional, e em especial os professores, Eduardo Negrisoni, Rodrigo Domingues Barbosa, Ramon Juliano Rodrigues e Angela Vacaro de Souza, que me incentivaram na minha formação acadêmica.

Aos membros da banca Prof. Dr. Marco Antonio Tecchio e Dr. Rodrigo Domingues Barbosa por aceitarem o convite e pelas valorosas contribuições e sugestões nesse trabalho.

Ao Bruno Henrique Leite Gonçalves, ao Jackson Mirellys Azevêdo Souza, ao Fernando Ferrari Putti, a Lais Lorena Queiroz Moreira, ao Ramilos Rodrigues de Brito, ao Heroy Otilo Mehl, pela ajuda, sugestões, troca de experiências e preciosa amizade.

A minha namorada Karen Cristina Molina, pelo carinho, amizade, compreensão, ajuda e por estar sempre ao meu lado.

Ao Pedrinho por toda ajuda, apoio e comprometimento durante a condução do experimento. Sua ajuda foi fundamental e de grande preciosidade.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo e Recursos Ambientais, em especial o José Carlos, Antônio, Silvinha, Neia, Drika, Adenir, Dorival, Emerson e Daniel.

A todos os funcionários da biblioteca e da Seção de Pós-Graduação pela atenção e pelo atendimento de altíssima qualidade.

E a todos que, de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

O que as suas mãos tiverem que fazer, que o façam com toda a sua força, pois na sepultura, para onde você vai, não há atividade nem planejamento, não há conhecimento nem sabedoria.

Eclesiastes 9:10

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	10
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Históricos da citricultura brasileira	7
2.2 Cenário Atual da Importância econômica da Citricultura Brasileira.....	8
2.3 Importância econômica	20
2.4 Irrigação na citricultura.....	11
2.5 Uso de águas residuárias na agricultura.....	12
2.6 Qualidade da água para irrigação.....	13
2.7 Lodo de esgoto: características gerais.....	15
2.7.1 Uso do lodo de esgoto na agricultura.....	16
2.7.2 Metais pesados no lodo de esgoto.....	17
2.7.3 Legislação quanto à aplicação do lodo de esgoto na agricultura Brasileira	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Localização da área experimental.....	22
3.2 Clima.....	22
3.3 Caracterização do solo e implantação do experimento.....	22
3.4 Descrição da Copa e Porta-Enxerto	24
3.5 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos	25
3.6 Análise química e aplicação do lodo de esgoto compostado.....	27
3.7 Sistema de Irrigação	28
3.8 Parâmetros avaliados	40
3.8.1 Diagnose foliar.....	40
3.8.2 Qualidade, tamanho e peso dos frutos	31
3.8.3 Metais pesados	32
3.9 Análise estatística	32

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Características Físico-Químicas dos Frutos.....	33
4.2 Produção de Frutos.....	39
4.3 Solo atributos químicos	40
4.4 Metais pesados	47
5 CONCLUSÕES.....	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cultivar ‘Valencia’ enxertada sobre porta-enxerto ‘Citrumelo swingle’, Botucatu – SP, 2013.....	36
Figura 2. Sistema de irrigação por gotejamento com 2 gotejadores por planta, Botucatu – SP, 2013.	39
Figura 3. Folha coletada para avaliação do estado nutricional das plantas, Botucatu – SP, 2013.....	40
Figura 4. Média de sólidos solúveis (S.S) dos frutos da laranja ‘Valência’ em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP)..	44
Figura 5. Média de acidez titulável (Ac. T) dos frutos da laranja ‘Valência’ em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP)...	45
Figura 6. Média de acidez titulável (Ac. T) dos frutos da laranja ‘Valência’ em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	39
Figura 7. Média da vitamina C (Vit. C.) dos frutos da laranja ‘Valência’ em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	40
Figura 8. Média do pH dos frutos da laranja ‘Valência’ em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	47
Figura 9. Atributos químicos médios do pH do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	49
Figura 10. Atributos químicos médios do M.O do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	50

Figura 11. Atributos químicos médios do P do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	50
Figura 12. Atributos químicos médios do K do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP)	51
Figura 13. Atributos químicos médios do Ca do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	52
Figura 14. Atributos químicos médios do Mg do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	52
Figura 15. Atributos químicos médios da soma de bases (SB) e da CTC do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	52
Figura 16. Atributos médios do metal pesado Ba no tecido foliar em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	55
Figura 17. Atributos médios dos metais pesados Cu e Zn no tecido foliar em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	56
Figura 18. Atributos médios dos metais pesados Ni e Cr no tecido foliar em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas de lodos de esgoto (matéria seca)	20
Tabela 2. Classes de lodo de esgoto ou produtos derivados – agentes patogênicos.....	21
Tabela 3. Concentração máxima permitida de substâncias orgânicas no lodo de esgoto ou produto derivado.....	23
Tabela 4. Parâmetros químicos médios do solo nos diferentes tratamentos na profundidade de 0-20 cm no ano de 2012.....	24
Tabela 5. Parâmetros químicos médios do solo nos diferentes tratamentos na profundidade de 0-20 cm no ano de 2011.....	28
Tabela 6. Análise química do lodo de esgoto compostado utilizado no experimento a partir do quarto ano de cultivo da laranjeira.	38
Tabela 7. Características físicas do peso unitário (g) e número de sementes de frutos de laranja Valência, Botucatu - SP, 2013.....	35
Tabela 8. Médias dos diâmetros longitudinais (DL) e transversais (DT) e relação DL/DT] de frutos de laranja-Valência, Botucatu - SP, 2013.....	40
Tabela 9. Valores médios da produção em kg ha ⁻¹ , quantidade de frutos e volume de copa em m ³ , da laranjeira 'Valencia', Botucatu - SP, 2013.....	49
Tabela 10. Atributos químicos (V%, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) do solo em função da aplicação do lodo compostado e os tipos de água utilizado na irrigação.....	55

CONTAMINAÇÃO COM METAIS PESADOS EM ÁGUA, FOLHAS, FRUTOS E SOLO DE LARANJEIRA NA UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO E IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA. Botucatu, 2014, 77 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

Autor: Marcio Henrique Lanza

Orientador: Hélio Grassi Filho

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da adubação com lodo de esgoto compostado para substituição da adubação nitrogenada mineral pelo equivalente deste elemento presente no resíduo e da irrigação com efluente de esgoto tratado nos parâmetros químicos do solo (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, CTC e V%), teores nutricionais do tecido foliar (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), na qualidade e na quantidade dos frutos de laranjeiras 'Valência' e nos teores de metais pesados nas folhas e nos frutos. O experimento foi instalado em recipientes com capacidade de 500 L de solo à céu aberto, no Departamento de Solos e Recursos Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/ Campus Botucatu- SP, contemplando 6 doses de lodo de esgoto compostado que representa 0, 25, 50, 75, 100 e 125%, respectivamente, da recomendação de N para a cultura da laranjeira e 2 tipos de água para irrigação (água tratada e efluente de esgoto tratado). A irrigação por gotejamento baseou-se na reposição ao solo da quantidade de água evapotranspirada no dia imediatamente anterior, tanto nos tratamentos com água tratada quanto nos tratamentos com água residuária. Os dados foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste de comparação de médias Tukey ($p \leq 0,05$), sendo as análises estatísticas realizadas no *softwares* Minitab 16, Sigstat 3.5 e Excel. Houve influência do lodo compostado nas características físicas dos frutos somente na dose de 100%, mas os tratamentos irrigados com água residuária proporcionou maior massa dos frutos sendo que, em todos tratamentos os frutos apresentaram formato arredondado classificando-os como fruto para mesa. Quanto a característica química dos frutos, houve decréscimo nos teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ratio foi com o aumento de doses de lodo compostado, mas independente das variações, o lodo

compostado e a água residuária apresentaram características favoráveis de frutos com finalidade industrial. Com a aplicação de lodo compostado houve redução dos teores do K, Mg e V% e aumento dos teores de M, O.,P, Ca, CTC, SB, S, B, Cu, Mn. A utilização da água residuária promoveu aumento do teor de P no solo. Os metais pesados no tecido foliar não indicaram teores fitotóxicos e os elementos As, Cd, Pb,Hg, Mo e Se estavam abaixo do método analítico analisado. Concluiu que o uso do lodo de esgoto compostado e a irrigação com água residuária da E.T.E. como fontes alternativas de nutrientes e água, é viável do ponto de vista técnico.

Palavras-chave: Qualidade de fruto, reúso, laranja 'Valência', nutrição mineral, metais pesados, efluente de esgoto tratado.

CONTAMINATION WITH HEAVY METALS IN WATER, LEAVES, FRUITS AND SOIL OF ORANGE TREE IN THE USE OF SEWAGE SLUDGE AND IRRIGATION WATER WITH WASTEWATER. Botucatu, 2014, 77 p. Dissertation (Master Thesis on Irrigation and Drainage) – Faculty of Agricultural Sciences, University Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho.”

Author: Marcio Henrique Lanza

Adviser: Hélio Grassi Filho

SUMMARY

This study was aimed to evaluate the effects of fertilizing with composted sewage sludge with the function to substitute the fertilizer with mineral nitrogen, with the equivalent of this element present in the residue, irrigation with treated sewage effluent on soil chemical parameters (pH, Om, P, K, Ca, Mg, S, B, Ci, Fe, Mn, Zn, and V% CTC), nutritional contents of the leaf tissue (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn), the quality and quantity of fruit of orange trees ‘Valencia’ and heavy metal contents in leaves and fruits. The experiment was carried out in containers with a capacity of 500 liters of soil in the open air at the Department of Soil and Environmental Resources, Faculty of Agricultural Sciences – UNESP/Campus Botucatu – SP, contemplating 6 doses of composted sewage sludge representing 0,25, 50, 75, 100 e 125%, respectively, of the N recommendation for the cultivation of orange tree and 2 types of irrigation water (treated water and treated sewage effluent). Drip irrigation was based on soil replenishment of water quantity transpired the day immediately preceding, both in treatments with water as treated in wastewater treatments. After collected and tabulated, the data were subjected to analysis of variance and compared by comparison Tukey test ($p < 0.05$), statistical analyzes were performed in software Mintab 16, Sigstat 3.5 and Excel. No influence of sludge compost on the physical characteristics of the fruit, but the treatments irrigated with wastewater yielded higher values in unit weight, and all treatments have fruit rounded shape classifying them as fruit for the table. Regarding the chemical characteristics of the fruits, total soluble solids, the acidity and ratio was decreasing with the increase in dose of composted sludge and wastewater exhibit favourable characteristics of fruit with industrial purpose, and the application of composted sludge caused a reduction in levels of K, Mg and V% and increased levels of OM, P, Ca, CE, SB, S, B, Cu, Mn, where the wastewater provided superior data for P. The heavy metals in leaf tissue indicated no phytotoxic levels

and As, Cd, Pb, Hg, Mo and Se elements were below the average analytical analysis. We conclude that the use of composted sewage sludge and irrigation with wastewater from WWTP as alternative sources of nutrients and water, is feasible from a technical standpoint.

Keywords: Quality of fruit, reuse, orange `Valencia`, mineral nutrition, heavy metal and treated sewage effluent.

1 INTRODUÇÃO

Com a mudança dos anos, as Alterações climáticas se tornam evidentes, havendo, com isso, na agricultura em geral. Invernos cada vez mais secos, veranicos presentes com grande intensidade e longevidade na estação chuvosa, bem como algumas doenças severas advindas de práticas de cultivo inadequadas estão dificultando o cultivo e onerando a cadeia produtiva, diminuindo a competição do produto brasileiro no mercado externo.

A irrigação na citricultura torna-se cada vez mais necessária, não só para obtenção de produções economicamente viáveis, como também para produção de uma fruta de qualidade e/ou produções na entressafra visando o abastecimento de frutas para mesa da e indústria citrícola brasileira. Assim, esta prática visa o fornecimento artificial de água às culturas, quando o índice pluviométrico, ou qualquer outra forma natural de abastecimento não são suficientes para suprir as necessidades hídricas das plantas. Além da disponibilidade hídrica, a laranjeira requer elevada quantidade de nutrientes no solo, tendo em vista a alta demanda nutricional da cultura. Em destaque, cálcio (Ca), nitrogênio (N) e potássio (K) são os elementos extraídos em maior quantidade, respectivamente, devendo-se ter atenção especial à eles para que a planta consiga expressar todo seu potencial produtivo.

Uma forma de disponibilizar nutrientes às plantas é a adição de matéria orgânica ao solo. Presente em pequenas quantidades na maioria dos solos brasileiros, a matéria orgânica atua de maneira bastante favorável ao sistema de cultivo, já

que além de fornecer nutrientes de maneira contínua ao longo do ano, melhora as condições físicas do solo como a porosidade, aeração, estruturação, permeabilidade e principalmente, a capacidade de retenção de água deste solo, favorecendo o crescimento do sistema radicular, bem como o armazenamento de água no solo, diminuindo assim os riscos de estresse hídrico da planta. Esta característica é muito importante do ponto de vista ambiental e econômico, já que armazenando maior quantidade de água no solo na região das raízes, menores serão as lâminas aplicadas em função do aumento da eficiência de utilização da água em função da redução das perdas por percolação.

No tratamento de esgotos sanitários, além da geração de água residuária, é produzido o lodo de esgoto, um resíduo que merece destaque, não somente pelas grandes quantidades produzidas, mas também pelo seu potencial poluidor, quando sua destinação final não é adequada do ponto de vista ambiental.

Dentre as opções propostas para a destinação final do lodo de esgoto, a utilização na agricultura tem se mostrado como a alternativa mais viável, pois além de proporcionar uma forma de minimizar os problemas ambientais da disposição final inadequada, o lodo de esgoto é um material rico em matéria orgânica que promove melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além de disponibilizar nutrientes, em especial o nitrogênio. Entretanto, dependendo da origem, este resíduo pode apresentar em sua composição, características que limitem sua utilização agrícola, como organismos patogênicos e metais pesados.

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da adubação com lodo de esgoto compostado, e a irrigação com água residuária em função da substituição da adubação nitrogenada mineral pelo equivalente deste elemento presente no resíduo nos parâmetros químicos do solo (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, CTC e V%), teores nutricionais do tecido foliar (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), na qualidade e quantidade dos frutos de laranjeiras 'Valência' e nos teores de metais pesados nos frutos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 História da citricultura brasileira

Poucos anos depois do descobrimento do Brasil, entre 1530 e 1540, os portugueses introduziram as primeiras sementes de laranja doce (*Citrus sinensis*) no Estado da Bahia. Fatos auspiciosos ocorreram no século XIX relacionados aos citros na região: o surgimento da laranja 'Bahia' (*C. sinensis*) no bairro do Cabula, em Salvador, contribuindo para o desenvolvimento da citricultura nos cinco continentes após sua introdução na Califórnia (EUA) e a exportação de laranjas doces do Ceará para Londres (ALMEIDA, C. O. de., et al, 2011).

Somente em 1930, as frutas cítricas começaram a ser cultivadas comercialmente no Nordeste brasileiro, atualmente, os estados da Bahia e Sergipe, que respondem por mais de 80% da produção nordestina, mas com algumas peculiaridades como a produção de laranja 'Lima' (*C. sinensis*) em Alagoas, talvez a maior área contígua cultivada no País; a de tangerina 'Dancy' (*C. tangerina*) no Brejo Paraibano, a 600 m de altitude, e a de lima ácida 'Galego' (*C. aurantiifolia*) nos Estados do Ceará e Sergipe. No período de 1960 a 2010, o Nordeste apresentou as maiores taxas de crescimento entre as regiões produtoras de citros, especialmente a partir da década de 1970. Dois fatores foram fundamentais nesse processo: 1. estabelecimento de ações públicas nas áreas de pesquisa e

desenvolvimento, extensão rural e crédito; 2. desempenho do setor privado reconhecendo a citricultura como nova opção econômica para a região (PASSOS O. S., et al, 2010).

2.2 Cenário atual da importância econômica da citricultura brasileira

Segunda dados do Instituto Brasileiro de geografia e estatística (2012) a citricultura brasileira está concentrada na produção de laranjas doces, com cerca de 90% do total da produção nacional de citros, neste contexto a região Sudeste sendo responsável por 81,8% da produção Brasileira. O estado de São Paulo, detém quase 80% da produção nacional de laranjas com o predomínio das variedades Pera (29,0%), Valência (28,5%), Hamlin (12,7%) e Natal (10,9%), Essas variedades têm como principal destino a indústria de sucos, à exceção da Pera, em relação à qual pequena parte do volume de frutos produzido é absorvida pelo mercado interno de frutas frescas. Este mercado compreende 14% do total de laranja produzida pelo cinturão citrícola do Estado de São Paulo, sendo, portanto, os 86% restantes direcionados à indústria. Conforme dados de comercialização de frutos pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP), tem-se que a Pera é a principal variedade de laranja para consumo de mesa, representando cerca de 80% do total de fruta comercializada nessa central de abastecimento. A análise desse conjunto de informações mostra claramente uma alta concentração da citricultura paulista na indústria de sucos, que, em última análise, é quem dita os preços da fruta.

Atualmente o parque citrícola paulista tem cerca de 36% sob o domínio direto (pomares próprios) das indústrias de suco, o que reforça a participação destas na composição do preço final da fruta. Vale ressaltar que o que se assiste atualmente é uma crescente concentração da produção paulista de laranjas nas mãos da indústria, haja vista que esta, em 2002, produzia 10 milhões de caixas de laranja, passando a 130 milhões em 2012, com tendência de aumento (O Diário *on line*, 2012).

Diversos fatores têm determinado uma baixa absorção, pela indústria de suco, da laranja produzida por citricultores independentes, levando a um desestímulo destes em relação à sua permanência na cultura dos citros, atualmente a 5ª em valor da produção agrícola nacional, atrás somente da soja, cana-de-açúcar, milho e café (IBGE, 2012). Esses fatores compreendem a oferta de sucos, néctares e refrescos de diversas frutas no mercado internacional, concorrendo com o suco de laranja (NEVES;

ROMBIN, 2013); a queda das exportações brasileiras de suco, como reflexo da crise econômica, principalmente na Europa, nosso maior comprador; o aumento das últimas safras de laranja 2011 e 2012, onde em 2011 houve um aumento da safra de laranja no Estado de São superando a produção média, em torno de 14,3 milhões de toneladas de frutas, que, em termos gerais, vinha se repetindo ao longo dos anos anteriores (2007-2010). Nota-se que o comportamento da citricultura paulista, por seu expressivo volume de produção, praticamente determina a tendência da citricultura brasileira. Reportando-se à safra 2012, esta também foi estimada acima do normal, da ordem de 364 milhões de caixas de 40,8 kg (IEA, 2013).

Altos estoques de sucos armazenados pela indústria são os fatores anteriormente tratados levaram à formação de elevados estoques de suco, a ponto do Conselho Monetário Nacional (CMN) aplicar, a partir de 2011, a Linha Especial de Crédito (LEC) a esses estoques, de modo a mantê-los parcialmente indisponíveis à exportação, no intuito de impedir o aviltamento do preço pago pelos importadores. Em outras palavras, a LEC destina recursos para indústrias e cooperativas estocarem suco de laranja, de forma a manter elevada a cotação do produto no mercado internacional. Segundo Christian Lohbauer, presidente da Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos (CitrusBR), “A LEC é uma forma de garantir renda aos produtores, pois muitos deles corriam o risco de quebrar. Em contrapartida, a indústria brasileira de suco de laranja se comprometeu a comprar pelo menos 40 milhões de caixas do produto”. Nesse cenário o que se vê é que a indústria tem priorizado o processamento de sua própria fruta. Diante do exposto, tem-se que o quadro atual da citricultura paulista é extremamente crítico. Dentre os citricultores os mais prejudicados são os pequenos e médios, que se encontram em geral descapitalizados, situação esta agravada pelo não escoamento esperadas safras produzidas nos últimos dois anos e pela baixa produtividade de seus pomares, reflexo inequívoco da não adoção de tecnologias modernas, em oposição ao que se verifica junto aos maiores produtores, mais capitalizados, dentre os quais se incluem os empresários da indústria. Esse desestímulo contribui fortemente para a progressão de fatores de risco comprometedores da sustentabilidade do parque citrícola paulista, a exemplo do *huanglongbing* (HLB, *ex-greening*), que é o mais grave, seguido de outros também importantes como o cancro cítrico, clorose variegada dos citros (CVC) e pinta preta.

Dentro de uma estratégia voltada à proteção da citricultura paulista, é indiscutível a necessidade de estabelecer mecanismos que favoreçam a boa relação entre a indústria e citricultores. É fundamental, também, a abertura de outras vias de escoamento da produção, destacando-se, aqui, o mercado de frutas frescas. O cultivo de variedades mais adequadas a essa finalidade, portanto, é fundamental. O exemplo da Espanha mostra-nos claramente a importância do mercado de frutas in natura. Esse país mediterrâneo, com uma área plantada de cerca de 1/3 daquela ocupada pela citricultura nacional (FAO, 2013a), auferiu divisas da ordem de US\$ 3 bilhões com a exportação de laranjas (US\$ 1,2 bilhão) e tangerinas (US\$ 1,7 bilhão) (FAO, 2013b), quantitativo este superior aos US\$ 2,3 bilhões obtidos anualmente pelo Brasil com a exportação de suco (BRASIL, 1965).

2.3 Importância econômica

Atualmente, o Brasil detém mais de 50% da produção mundial de suco de laranja e exporta 98% de sua produção. Em 2009, as exportações do complexo cítrico totalizaram 2,15 milhões de toneladas de produtos e US\$ 1,84 bilhão em receita, representando cerca de 3% das exportações do agronegócio (NEVES et al., 2010).

De acordo com os dados do AGRIANUAL (2013) o país produziu cerca de 487,7 milhões de caixas de 40,8 kg numa área de 782,04 mil hectares.

A maioria dos estados brasileiros cultiva frutas cítricas, entretanto o estado de São Paulo destaca-se como o maior produtor do país. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2012 o estado de São Paulo produziu 76,3% do volume nacional de frutas cítricas.

Atualmente, o estado de São Paulo possui aproximadamente 12.000 citricultores, cujos pomares totalizam 190,8 milhões de plantas em produção, e 19,6 milhões de pés ainda sem produção para a atual safra 2013/14 (CONAB, 2013).

Apesar de não ser o principal setor empregatício do agronegócio em São Paulo, a citricultura é uma das maiores atividades quanto a ocupação de mão de obra, principalmente na etapa de colheita da laranja que é realizada exclusivamente manual. Estima-se que nessa época estão envolvidas em torno de 38,9 mil pessoas somente no Estado de São Paulo (AIA, 2012).

Em 2012, a citricultura paulista vivenciou um de seus piores anos devido à baixa rentabilidade, o que levou milhares de produtores a abandonar a cultura.

Cerca de 2,2 mil propriedades deixaram de produzir citros no estado em comparação a 2011, gerando uma redução de 12% do número de propriedades produtoras (HORTIFRUTI BRASIL, 2013).

Um dos motivos que influenciaram a redução da rentabilidade da citricultura em 2012 foi a redução nas exportações, devido a descoberta de vestígios do fungicida Carbendazim pelo FDA/EUA, órgão regulador para alimentos e saúde dos EUA, visto esse produto ser proibido no mercado norte americano e os carregamentos de suco concentrado congelados provenientes do Brasil foram devolvidos devido a presença deste agroquímico (AIA, 2012). A crise econômica que se iniciou no final de 2008, também influenciou na redução do consumo do suco de laranja, sobretudo na Europa e nos Estados Unidos, que eram grandes consumidores do suco de laranja brasileiro.

Apesar da crise enfrentada atualmente pelos citricultores, existe a estimativa de que nos próximos anos os grandes consumidores tradicionais podem voltar a comprar volumes próximos dos que eram usuais há poucos anos e os países emergentes devem aumentar o consumo (AGRIANUAL, 2013).

Diante do volume de negócios gerados, a citricultura é uma atividade de grande importância social, por isso todos os esforços devem ser voltados para garantir a permanência e modernização do setor com novas alternativas que favoreçam a cadeia produtiva.

2.4 Irrigação na citricultura

O avanço da irrigação na citricultura brasileira ocorreu à partir da década de 70, com o sistema de irrigação pelo carretel enrolador e na década de 90 com a irrigação localizada, principalmente o sistema de gotejamento (PIRES et al., 2005).

O uso da irrigação em pomares de citros proporciona inúmeros benefícios. De acordo com Pires et al. (2005) a irrigação possibilita o aumento de produtividade pelo adequado fornecimento de água, proporciona melhor desenvolvimento das plantas, maior pegamento de flores e frutos, redução da queda de “chumbinhos”, melhor qualidade dos frutos e maior quantidade de óleo na casca.

As plantas cítricas apresentam pouca resistência ao período prolongado de seca devido seu sistema radicular que, apesar de atingir profundidades acima de 1m, é frequentemente mais superficial, concentrando-se efetivamente entre 50 e

60 cm de profundidade (VIEIRA e GOMES, 1999). Diante disso, a irrigação torna-se fundamental, especialmente entre o florescimento e a queda fisiológica, quando a necessidade hídrica é máxima, podendo atingir uma transpiração de mais de 150 L planta⁻¹ dia⁻¹ (MARIN, 2000).

Bertonha (1997), observou redução no ciclo da laranjeira 'Pêra' em dois meses comparando o cultivo não irrigado com o irrigado associado à adubação nitrogenada.

Alves Júnior et al. (2004) observaram diferença estatística significativa na produção de frutos em pomar irrigado por gotejamento de lima ácida Tahiti enxertado em citrumelo Swingle, aos 31 meses após o plantio, comparando tratamento irrigado com a reposição do consumo de água pela cultura medido em lisímetro com o não irrigado. Para as condições em que o experimento foi desenvolvido, a produção do tratamento não irrigado correspondeu apenas a 34% do irrigado.

2.5 Uso de águas residuárias na agricultura

Em função da escassez de água que atinge várias regiões do mundo juntamente com problemas de qualidade da água, a utilização de águas residuárias na agricultura torna-se uma alternativa viável, visto que a irrigação agrícola representa aproximadamente 70% do consumo hídrico no mundo (HESPANHOL, 2002).

São vários os benefícios proporcionados pela utilização de águas residuárias proveniente do tratamento de esgotos na agricultura, podendo-se mencionar a economia da quantidade de água potável utilizada para irrigação e pela possibilidade do aproveitamento de nutrientes contidos nestes efluentes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas, como N, P, Zn, B e S (BLUM, 2003).

No Brasil, são poucos os registros do reúso de águas residuárias proveniente do tratamento de esgoto em diversas atividades, principalmente na agricultura. Entretanto, experiências nacionais e internacionais têm demonstrado tendência ao fortalecimento e expansão do reúso no Brasil, para fins diversos, especialmente para a irrigação de diversas culturas como o algodão (BEZERRA e FIDELIS FILHO, 2009), milho (COSTA et al., 2009), girassol (ANDRADE et al., 2012), espécies forrageiras (AZEVEDO et al., 2007) e na produção de mudas de espécies florestais (AUGUSTO et al.,

2003). Alguns trabalhos também demonstram os benefícios relacionados à irrigação com águas residuárias no cultivo de citros (REBOLL et al., 2000; PARSONS et al., 2001; MORGAN et al., 2008).

O maior número de trabalhos publicados sobre a utilização de águas residuárias em citros provém do projeto Water Conserv II, conduzido pela Universidade da Florida, EUA. De acordo com Parsons et al. (2001), este é o maior projeto do mundo de irrigação com águas residuárias em citros, possuindo aproximadamente 1900 hectares. Nas condições estudadas por estes autores, o uso da água residuária foi capaz de suprir totalmente a necessidade de Ca, P e B exigidos pela cultura.

De acordo com Meli et al. (2002) o fornecimento de águas residuárias para a irrigação de laranjeiras aumenta a quantidade de nutrientes disponíveis no solo, uma vez que a utilização desta água melhora a eficiência metabólica da microflora do solo associada com a maior atividade de enzimas hidrolases e fosfatases.

2.6 Qualidade da água para irrigação

Além da quantidade, a qualidade da água é de extrema importância para a irrigação. no passado o fator qualidade não era visto como prioridade, pois as fontes d'água eram abundantes e de boa qualidade (AYERS & WESTCOT, 1991).

Quanto ao aspecto de qualidade da água, este é definido em função dos critérios de salinidade, sodicidade, toxidez, concentração de íons e aspectos sanitários de acordo com Araújo (1999).

Já Ayers & Westcot (1991) classificaram as águas para irrigação em três grupos: sem restrição ao uso, com restrição leve a moderada e com restrição severa. Dentre os parâmetros utilizados nesta classificação, destacam-se a salinidade, a sodicidade, a toxidez, efeitos diversos e o pH.

O risco de salinidade é uma preocupação específica do reúso da água na irrigação, pois a água residuária pode apresentar em sua composição um elevado teor de sais. Se quantidades excessivas de sais solúveis forem acumuladas na zona das raízes, a pressão osmótica do solo em solução torna-se excessivamente alta e a água torna-se menos disponível para as plantas (CROOK, 1993).

É importante ainda que seja realizado o monitoramento dos teores de sódio no solo, uma vez que, grandes proporções de sódio nos sítios de troca reduzem a

atração eletrostática entre as partículas, ocasionando expansão e dispersão das argilas, levando à desagregação das partículas, destruindo assim, a estrutura do solo. Essas partículas dispersas podem mover-se ao longo do perfil do solo, ocupando os espaços porosos e comprometendo a infiltração de água e aeração do solo (RAIJ, 1991; RENGASAMY & OLSSON, 1991).

Fuentes et al. (2002) observaram, em solos irrigados com águas residuárias oriundas de sistemas de drenagem agrícola, durante um período de cinco anos, um aumento na concentração de sódio em relação ao cálcio e magnésio. Os autores concluíram que, a aplicação de tais águas residuárias, sem um tratamento prévio, poderá ocasionar a sodificação do solo. Outros autores têm observado também a elevação nos teores de sódio trocável em solos irrigados com efluentes tratados (AL-NAKSHABANDI et al., 1997; DUARTE, 2006; LEAL et al., 2009).

Águas residuárias contendo elevadas concentrações de metais pesados acarretam sérios problemas de contaminação do solo, quando estas são utilizadas na fertirrigação de culturas. Al-Nakshabandi et al. (1997) observaram aumento na concentração de metais pesados, tais como, zinco, chumbo, cobre e cádmio, no solo que recebeu aplicação de esgoto sanitário tratado.

Oliveira & Mattiazzo (2001) estudaram a movimentação de cádmio, cromo, cobre, níquel, chumbo e zinco num solo argiloso tratado com aplicações sucessivas de efluente de lodo de esgoto, por um período de dois anos. Os resultados para cádmio, níquel e chumbo não foram conclusivos, uma vez que seus teores no solo e na solução do solo estiveram abaixo da sensibilidade do método analítico utilizado.

Outros estudos demonstraram que, as concentrações de metais pesados disponíveis no solo não têm sido alteradas, mediante a aplicação de esgoto sanitário tratado. Smith et al. (1996) verificaram que em solos florestais irrigados com água residuária por mais de quatro anos, as concentrações de cromo, níquel, chumbo e zinco permaneceram constantes.

Com relação ao pH, Falkiner e Smith (1997) observaram aumento no valor de pH de solos fertirrigados com água residuária e diminuição do teor de alumínio trocável, devido ao aumento dos cátions trocáveis no solo (cálcio, magnésio, potássio e sódio) adicionados pelo esgoto sanitário tratado.

2.7 Características gerais lodo de esgoto:

O lodo de esgoto ou biossólido é o resíduo obtido do processo de tratamento primário, secundário e terciário de esgotos provenientes das descargas domésticas, industriais e rurais.

No Brasil, o atendimento em coleta de esgotos chega a 46,2% da população brasileira. Do esgoto gerado, apenas 37,9% recebe algum tipo de tratamento. Entretanto a produção de lodo de esgoto vem aumentando, devido ao crescimento e desenvolvimento sócio-econômico da população e da expectativa da universalização do saneamento básico. Estima-se que para o ano de 2015, cerca de 286 mil toneladas anuais de lodo em base seca (785 Mg por dia) serão produzidos apenas no estado de São Paulo (TSUTYA, 2000).

A composição do esgoto é variável de acordo com o processo utilizado na estação de tratamento de esgoto, origem e época do ano, mas em média pode-se observar que 99,9% do esgoto doméstico é constituído de água e 0,01% de sólidos. A parte sólida é constituída de 70% de substâncias orgânicas, como as proteínas, carboidratos e gorduras e 30% de substâncias inorgânicas, constituídas principalmente por diversos tipos de sais e areia (BERTON et al, 2010).

As características químicas do lodo dependem da qualidade do esgoto que irá ser tratado, do tipo de equipamentos adotados pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), forma de condicionamento do lodo e do tratamento para redução de patógenos. Algumas características químicas de tipos de lodo de esgoto podem ser visualizadas na tabela 1.

Tabela 1 Características químicas de lodos de esgoto (matéria seca).

Característica	Unidade	Líquido com cal	Seco	Compostado
pH (<i>in natura</i>)	-----	11	8,3	7,3
Umidade	% (m/m)	98,8	23	55
Carbono orgânico	g kg ⁻¹	168,1	264	303
Nitrogênio total	g kg ⁻¹	28,1	39	23
Relção C/N	-----	6	7	13
Fósforo	g kg ⁻¹	6,5	19	0,7
Potássio	g kg ⁻¹	5,5	1,6	3,8
Cálcio	g kg ⁻¹	63	12	7,4
Magnésio	g kg ⁻¹	2,3	5,2	2,3
Enxofre	g kg ⁻¹	4	7	2,6
Zinco	mg kg ⁻¹	305	734	373
Cobre	mg kg ⁻¹	347	237	105
Boro	mg kg ⁻¹	18	17	39

Adaptado de Berton et al. (2010).

2.7.1 Uso do lodo de esgoto na agricultura

A elevada produção de lodo de esgoto, principalmente nos grandes centros urbanos, incentivou vários pesquisadores a intensificarem os estudos para utilização desses resíduos, para fins agrícolas. Desta forma, a reciclagem, via utilização agrônômica por meio da aplicação do lodo de esgoto no solo, apresenta-se como uma tendência mundial (LOPES et al., 2008).

O lodo de esgoto contém considerável percentual de matéria orgânica e elementos essenciais às plantas, podendo substituir, ainda que parcialmente, os fertilizantes minerais, desempenhando importante papel na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo (NOGUEIRA et al., 2008).

Diversos autores (TSUTIYA, 2000; MELFI & MONTES, 2001; MELO & MARQUES, 2000) afirmam que a matéria orgânica contida no lodo de esgoto pode aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e infiltração da água no solo, aumentando a resistência dos agregados e reduzindo a erosão.

Madejon et al. (2003) observaram que aplicações repetidas de quantidades moderadas de lodo de esgoto no cultivo de laranjeiras promoveram efeitos positivos nas propriedades químicas e bioquímicas do solo, assim como na produção dos frutos.

No entanto, o lodo de esgoto pode apresentar em sua composição poluentes potencialmente tóxicos, como: metais pesados; compostos orgânicos persistentes e organismos patogênicos como coliformes fecais, salmonela, vírus e helmintos (SILVÉRIO, 2004) exigindo assim a definição de critérios que garantam a segurança do seu uso.

2.7.2 Metais pesados no lodo de esgoto

Embora a utilização agrícola do lodo de esgoto se apresente como uma das alternativas mais viáveis para disposição final deste resíduo, a presença de metais pesados pode limitar sua aplicação, principalmente devido ao risco de contaminação dos solos e da transferência ao homem pela absorção e translocação desses elementos nas plantas (NOGUEIRA et al., 2009).

A concentração de metais pesados no lodo de esgoto é um dos fatores que vai determinar a viabilidade de sua aplicação na agricultura e por quanto tempo o mesmo poderá ser aplicado até que a concentração dos mesmos no solo atinja um potencial elevado de risco para o ambiente e para a saúde do homem (MELO et al., 2010). No entanto, o lodo de esgoto doméstico tende a apresentar concentrações mais baixas de metais pesados em relação aos esgotos industriais.

Diversos trabalhos demonstram que a aplicação de lodo de esgoto promove o aumento da concentração de metais pesados no solo (MULCHI et al., 1991; HOODA & ALLOWAY, 1993). No entanto, o fato do metal pesado estar presente no solo não significa que esteja em forma prontamente assimilável pelas plantas, podendo permanecer por longos períodos sem ser absorvido em quantidades tóxicas (SIMONETE & KIEHL, 2002). Marques et al. (2001), estimam que menos de 1% do total de metais pesados originários de biossólidos são absorvidos pelas plantas.

McBride (1995) argumenta que a degradação da matéria orgânica adicionada ao solo pelos resíduos orgânicos poderá liberar metais pesados em formas de complexos solúveis. Assim, a capacidade do solo em absorver metais é inicialmente

aumentada pela matéria orgânica do resíduo e, com o tempo, seguido da interrupção da aplicação e a conseqüente degradação dessa carga orgânica, a capacidade de retenção tenderia a voltar ao seu estado original, liberando os metais para a solução do solo e conseqüentemente influenciando o desenvolvimento de espécies vegetais de interesse agrícola.

Oliveira et al. (2001) avaliaram a movimentação de metais pesados, em profundidade, num Latossolo Amarelo distrófico tratado com aplicações sucessivas de lodo de esgoto no cultivo de cana-de-açúcar. De acordo com os autores, não foram detectados os metais Cd, Cr, Ni e Pb no solo por estarem abaixo do limite de determinação do método utilizado. Já em relação ao Zn foram observados aumentos nos teores totais em função das doses de lodo de esgoto e uma progressão dos teores em profundidade de um ano agrícola para o outro.

Rangel et al. (2004) e Nogueira et al. (2008), também obtiveram aumento nos teores de Zn em Latossolo cultivados por três e nove anos, respectivamente, com milho adubado com lodo de esgoto. De acordo com os autores, tais acréscimos de Zn no solo estão relacionados aos elevados teores desse elemento no lodo de esgoto utilizado.

De forma geral, é possível determinar intervalos de concentrações de metais pesados em plantas, capazes de promover o surgimento de sintomas de toxicidade, que depende não somente de variáveis relacionadas à planta, mas também daquelas relacionadas ao solo, à natureza do metal e sua concentração. De acordo com Oliveira et al. (2001), a maior ou menor mobilidade dos metais pesados será determinada pelos atributos do solo, como teores e tipos de argila, pH, capacidade de troca de cátions, teor de matéria orgânica, entre outros, que influenciarão as reações de adsorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução. Portanto é de fundamental importância o estudo sobre o comportamento das plantas manejadas com compostos orgânicos, como o lodo de esgoto.

2.7.3 Legislação quanto à aplicação do lodo de esgoto na agricultura no Brasil

Os primeiros órgãos ambientais a estabelecerem uma legislação específica, regulamentando a aplicação do lodo de esgoto na agricultura, estão situado no estados São Paulo, Paraná e Distrito Federal.

No Estado de São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), estabeleceu em 1999 (CETESB, 1999), a Norma Técnica P4.230 intitulada Aplicação de Lodos de Sistemas de Tratamento Biológico em Áreas Agrícolas - Critérios para Projetos de Operação. Esta norma refere-se exclusivamente a lodos oriundos de sistemas de tratamento biológico de despejos líquidos sanitários e industriais e estabelece os procedimentos, critérios e requisitos para a elaboração de projetos, implantação e operação de sistemas de aplicação deste tipo de lodo, em áreas agrícolas, que visam atender as exigências ambientais.

No Estado do Paraná, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), em dezembro de 2003, editou uma instrução normativa que teve por objetivo estabelecer os aspectos legais, critérios para elaboração, implementação e operacionalização, procedimentos, níveis de competência e premissas para a concessão do licenciamento ambiental para utilização agrícola do lodo de estações de tratamentos de efluentes domésticos (ETE), adequadamente processados e que apresentem composição de interesse agrônomo. A legislação mencionada tem extensão e validade para a utilização agrícola de biossólidos, nas formas sólida, líquida ou pastosa, gerados nas ETES que já estão em operação ou que vierem a ser implantadas no Paraná.

No Distrito Federal, o Conselho do Meio Ambiente do Distrito Federal publicou, em Julho de 2006, a resolução 03/2006, que estabelece normas, padrões e procedimentos para distribuição e uso de lodo de esgoto na agricultura, reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, processamento e pesquisas no Distrito Federal.

Em 29 de Agosto de 2006, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabeleceu a resolução nº 375. Essa resolução é a mais recente e aplica-se a todos os Estados. O objetivo principal da resolução é de evitar o uso indiscriminado e não regulamentado do lodo de esgoto, visando benefícios à agricultura e evitando riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

A resolução nº 375 do CONAMA define critérios e procedimentos para o uso agrícola do lodo de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto e seus produtos derivados. A resolução estabelece qual é a declividade da área a ser tratada, a distância mínima de nascentes de água e leitos de rios, os teores totais de alguns metais pesados no solo e espécie vegetal de interesse. Quanto ao lodo de esgoto, aspectos relacionados à degradação da fração orgânica do resíduo, taxa de mineralização do

nitrogênio, teores totais de metais pesados e conteúdo de organismos patogênicos. A resolução também restringe a aplicação deste resíduo em diversas culturas como as olerícolas, pastagens, tubérculos e raízes inundadas e outras culturas, cuja parte comestível entre em contato com o solo.

De acordo com a resolução, o lodo de esgoto é classificado de acordo com a concentração de patógenos presentes no material, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Classes de lodo de esgoto ou produtos derivados – agentes patogênicos.

Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado	Concentração de patógenos
A	Coliformes termotolerantes $<10^3$ NMP g ST ⁻¹ Ovos viáveis de helmintos $<0,25$ ovo g ST ⁻¹ Salmonella ausência em 10 g ST ⁻¹ Vírus $<0,25$ UFP ou UFF g ST ⁻¹
B	Coliformes termotolerantes $<10^6$ NMP g ST ⁻¹ Ovos viáveis de helmintos <10 ovos g ST ⁻¹

CONAMA (2006)

ST: Sólidos Totais; NMP: Número Mais Provável; UFF: Unidade Formadora de Foco; UFP: Unidade Formadora de Placa.

A resolução ainda estabelece a concentração máxima permitida de substâncias inorgânicas no lodo de esgoto ou produto derivado (Tabela 3).

Tabela 3: Concentração máxima permitida de substâncias orgânicas no lodo de esgoto ou produto derivado.

Substâncias	Concentração máxima permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg kg⁻¹, base seca)
Inorgânicas	
Arsênio	41
Bário	1300
Cádmio	39
Chumbo	300
Cobre	1500
Cromo	1000
Mercúrio	17
Molibdênio	50
Níquel	420
Selênio	100
Zinco	2800

CONAMA (2006)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi instalado no Departamento de Solos e Recursos Ambientais, da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/ Campus Botucatu- SP, situado 22°52'55'' S e 48°26'22'' W e a 786 m de altitude.

3.2 Clima

O município de Botucatu-SP apresenta clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno (Cwa - Koppen), com temperatura média mais quente superior a 22°C (CUNHA et al., 1999).

3.3 Caracterização do solo e implantação do experimento

O experimento teve início no ano de 2008. Os vasos forma preenchidos com 500 L de solo do tipo LATOSSOLO VERMELHO de acordo com a classificação da EMBRAPA (2006).

Em 2012, ano de início do período de avaliação foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 - 20 cm de todas parcelas dos tratamentos . Realizou-se a análise química do solo no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, pertencente a UNESP/Botucatu, segundo metodologia descrita por Raij et al. (2001) e as medias das variáveis avaliadas encontram-se nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Parâmetros químicos médios do solo nos diferentes tratamentos na profundidade de 0-20 cm no ano de 2012.

Trat.	pH	M.O.	P _{resina}	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----					
1	5,5	28,0	3,4	2,2	27,3	19,6	49,2	77,2	63,4
2	5,6	26,0	2,6	2,2	27,7	19,2	49,0	70,7	69,0
3	5,6	26,6	10,9	1,4	38,4	21,6	61,3	87,7	69,0
4	5,3	29,8	7,2	1,1	33,0	13,2	47,3	78,8	59,9
5	5,8	27,7	15,2	1,2	47,0	13,2	61,4	82,6	74,0
6	5,9	26,9	14,2	1,3	57,7	15,4	74,3	92,5	80,0
7	5,5	31,4	49,2	1,0	75,7	7,9	84,3	112,2	74,7
8	5,4	26,8	31,3	1,2	63,3	4,6	68,9	98,3	70,1
9	5,4	35,2	52,3	1,6	112,4	3,6	117,8	146,1	80,7
10	5,7	41,1	36,9	1,3	110,1	6,4	117,8	140,5	83,3
11	5,2	39,8	57,4	1,2	144,4	2,3	147,9	185,5	79,5
12	5,3	32,0	61,3	0,8	107,0	3,3	111,1	143,7	77,3

Fonte: Laboratório de Fertilidade do solo. DSRA-FCA.

Tabela 5. Parâmetros químicos médios do solo nos diferentes tratamentos na profundidade de 0-20 cm no ano de 2011.

Trat.	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg dm ⁻³ -----						
1	8,1	0,3	0,8	28,0	0,8	0,8
2	2,7	0,2	0,8	29,8	0,9	2,1
3	48,4	0,2	0,8	29,8	0,9	2,1
4	51,2	0,2	1,0	38,9	1,3	4,2
5	112,1	0,3	1,6	23,0	1,5	5,8
6	138,3	0,2	0,7	23,4	1,9	5,3
7	452,2	0,3	1,1	44,4	3,4	18,2
8	355,4	0,3	1,1	44,4	3,4	18,2
9	633,4	0,4	1,7	54,8	3,9	25,8
10	480,9	0,3	1,3	43,3	3,1	18,6
11	897,2	0,3	1,5	56,2	4,6	28,5
12	843,9	0,3	1,4	53,9	2,7	35,2

Fonte: Laboratório de Fertilidade do solo. DSRA-FCA.

3.4 Descrição da Copa e Porta-Enxerto

Utilizou-se no experimento a 'Valência' como variedade copa que apresenta maturação tardia e ocupa lugar de destaque entre os produtores, principalmente pela boa produtividade e pelo tamanho adequado dos frutos (PIO et al., 2005). Seus frutos podem ser destinados aos três tipos de comercialização disponíveis: exportação de fruta fresca, mercado interno e suco concentrado congelado (FIGUEIREDO, 1991).

O porta-enxerto utilizado no experimento foi o limoeiro 'Swingle' que pode substituir com vantagens os porta-enxertos de 'Trifoliata', 'Citranges Carrizo' e 'Troyer', em função da resistência à Gomose (*Phytophthora spp*), ao Nematóide dos Citros (*Tylenchulus semipenetrans*), e ao frio é igual ou superior à dos porta-enxertos substituídos. Além disso, tem mostrado até o momento uma tolerância superior ao Declínio dos citros. A qualidade das laranjas (*Citrus sinensis*) produzidas em 'Swingle' é ótima,

com altos índices de açúcares, sabor excelente para o consumo como fruta fresca, e alto rendimento industrial na extração de suco.

Em anos de alta produtividade, laranjeiras em 'Swingle' exigem adubações mais pesadas de potássio para alcançar frutos com tamanhos similares aos dos produzidos em limoeiro Cravo. O crescimento das laranjeiras enxertadas em 'Swingle' é mais vigoroso do que o daquelas enxertadas em 'Trifoliata' e similar ao das enxertadas nos 'Citranges'. É menor, no entanto, do que o das plantas em porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' ou tangerineira 'Cleópatra', o que propicia custos menores de pulverização e de outros tratamentos culturais. Como sobrevivem melhor a diversas doenças importantes, plantas em 'Swingle' acabam se desenvolvendo em árvores de grande porte. Mesmo assim, são plantadas em espaçamentos menores do que aquelas sobre os porta-enxertos vigorosos, resultando numa densidade maior de plantas, e numa boa produção por hectare plantado. Com o tempo, entretanto, tomam todo o espaçamento a elas oferecido, sendo muito provável a necessidade de podas nas ruas de plantio para permitir a operação de máquinas. Isto no entanto, é resultado de sua longevidade, e portanto, compensado pelo que se economiza com replantas dentro do talhão, ou com o precoce replantio total da área. (citrolima, 2010)

3.5 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

O experimento foi instalado em recipientes com capacidade de 500 L de solo espaçadas em 5 m entre linha e 4 entre plantas, contemplando 6 doses de lodo de esgoto compostado que representa 0, 25, 50, 75, 100 e 125%, respectivamente, da recomendação de N para a cultura da laranjeira e 2 tipos de água para irrigação (Água Potável (AP) e Água Residuária (AR)), em esquema fatorial 6 x 2, com 6 repetições. A complementação da dose de N necessária para se alcançar os 100% do requerimento da cultura deu-se pela aplicação de N mineral.

T1: 100% da dose de N recomendada fornecida via adubação mineral, sendo utilizada água potável (AP) na irrigação da cultura.

T2: 100% da dose de N recomendada fornecida via adubação mineral, sendo utilizada água residuária (AR) na irrigação da cultura.

T3: 75% da dose de N recomendada fornecida via adubação mineral e 25% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água potável (AP) na irrigação da cultura.

T4: 75% da dose de N recomendada fornecida via adubação mineral e 25% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água residuária (AR) na irrigação da cultura.

T5 : 50% da dose de N recomendada fornecida via adubação mineral e 50% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água potável (AP) na irrigação da cultura.

T6 : 50% da dose de N recomendada fornecida via adubação mineral e 50% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água residuária (AR) na irrigação da cultura.

T7 : 25% da dose de N recomendada fornecida via adubação mineral e 75% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água potável (AP) na irrigação da cultura.

T8 : 25% da dose de N recomendada fornecida via adubação mineral e 75% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água residuária (AR) na irrigação da cultura.

T9 : 100% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água potável (AP) na irrigação da cultura.

T10 : 100% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água residuária (AR) na irrigação da cultura.

T11 : 125% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água potável (AP) na irrigação da cultura.

T12: 125% da dose de N recomendada fornecida via lodo de esgoto compostado, sendo utilizada água residuária (AR) na irrigação da cultura.

Todos os tratamentos receberam adubações complementares de cobertura juntamente com a água de irrigação (fertirrigação) a fim de satisfazer as necessidades nutricionais da cultura quanto aos elementos P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, de acordo com recomendação proposta por Quaggio et al. (1997).



Figura 1. Cultivar 'Valencia' enxertada sobre porta-enxerto 'Citrumelo swingle', Botucatu – SP, 2013.

3.6 Análise química e aplicação do lodo de esgoto compostado

Atendendo as normas de utilização do lodo de esgoto segundo a Resolução do CONAMA nº 375/2006 (BRASIL, 2006) o lodo de esgoto utilizado no experimento foi compostado, tendo origem da Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí.

Para determinação dos parâmetros químicos realizou-se a análise do lodo de esgoto compostado (Tabela 6) no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu – SP, sendo determinado pH, C/N, N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg, S, M.O., C, Na, Cu, Fe, Mn e Zn, de acordo com a metodologia de LANARV (1988).

Tabela 6 Análise química do lodo de esgoto compostado utilizado no experimento a partir no quarto ano de cultivo da laranjeira.

pH	C/N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Um.	M.O.	C	Na	Cu	B	Fe	Mn	Zn
-----% na matéria seca-----										-----mg kg ⁻¹ matéria seca----						
7,21	13/1	1,07	1,00	0,14	1,72	0,38	1,26	37	25,83	14,35	3700	240	209	3260	210	1400

Fonte: Laboratório de Fertilidade do solo. DSRA-FCA.

Para o cálculo do N disponível no lodo de esgoto compostado a Resolução do CONAMA nº 375/2006 (BRASIL, 2006) estabelece uma taxa de mineralização para o lodo de esgoto compostado de 10%. Entretanto, foi considerada uma taxa de mineralização de 30% pois a taxa estabelecida pela resolução é específica para solos de clima temperado que se difere das condições tropicais (ANDRADE et al., 2010).

Considerando a umidade do lodo compostado de 37%, adotou-se o seguinte cálculo para definição da quantidade de lodo compostado a ser aplicado ao solo:

Considerando a necessidade da cultura de 300 g de N planta⁻¹, segundo recomendação de Quaggio et al. (1997);

Considerando que 100 kg de lodo de esgoto compostado na base seca possui 1,07 kg de N.

Considerando que 30% do N presente no lodo, será mineralizado, temos doses aproximadas de 0; 24; 48; 72; 96 e 120 kg de lodo (base seca) por planta, correspondendo a 0; 25; 50; 75; 100 e 125%, respectivamente da recomendação de N para a cultura, as doses recomendadas foram divididas em duas aplicações espaçadas de 90 dias (agosto e novembro).

3.7 Sistema de Irrigação

O sistema de irrigação conta com 4 reservatórios com capacidade de 1000L cada. Destes, 2 reservatórios foram utilizados para armazenamento de AP e 2 para armazenar a AR. Cada tratamento apresenta registro para abertura e fechamento manual, permitindo a aplicação de água e fertilizantes de maneira individualizada, onde as linhas laterais são compostas por mangueira de polietileno com 16

mm de diâmetro, com 2 gotejadores por planta marca NETAFIM autocompensante de vazão 4 L h^{-1} cada um.

Durante o experimento, realizou-se a irrigação diariamente de maneira a repor a quantidade de água utilizada pelas plantas devido à evapotranspiração da cultura, obtida diariamente através do método do Tanque Classe A para estimativa da evaporação, corrigida pelo coeficiente da cultura de acordo com a idade das plantas. A lâmina de água a ser aplicada foi determinada de acordo com a seguinte equação:

$$L_{ap} = \frac{EC \times K_p \times K_c}{E_f}$$

Ef

L_{ap} : lâmina a ser aplicada

EC: evaporação obtida pelo Tanque Classe A

K_p : coeficiente do tanque

K_c : coeficiente da cultura

Ef: eficiência do sistema

Para fins deste experimento, considerou-se 95% de eficiência do sistema, conforme Bernardo et al. (2008) e um K_c de 0,65. O tempo de irrigação foi obtido pela razão entre a lâmina a ser aplicada e a intensidade de aplicação do gotejador.



Figura 2. Sistema de irrigação por gotejamento com 2 gotejadores por planta, Botucatu – SP, 2013.

3.8 Variáveis avaliados

3.8.1 Análise química do solo

Foram coletadas amostras simples de solo de todos os vasos, na profundidade de 0-20 cm. As amostras retiradas foram homogeneizadas, secas em estufa com circulação forçada de ar em temperatura variando entre 65-70°C e enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP/Câmpus de Botucatu para a determinação do pH, M.O., P, H+Al, Al, K, Ca, Mg, S, SB, CTC e V%, segundo metodologia descrita por Raij et al. (2001). As análises químicas para determinação de B foram realizadas em extrato de água quente, enquanto para os nutrientes Cu, Mn e Zn em extrato de DTPA a pH 7,3.

3.8.2 Diagnose foliar

Foram coletadas amostras de folhas, que correspondem a 4° folha

de ramos frutíferos geradas na primavera com aproximadamente 6 meses de idade, onde foram coletas 4 folhas por planta, uma em cada quadrante, na altura mediana da copa (Figura 3).

Após a coleta, as folhas foram lavadas com detergente e água deionizada e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar e temperatura variando entre 65-70 °C, até peso constante. Após a secagem, as folhas foram moídas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP/Campus de Botucatu, para as determinações analíticas dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).



Figura 3. Folha coletada para avaliação do estado nutricional das plantas, Botucatu – SP, 2013.

3.8.3 Qualidade, tamanho e peso dos frutos

Dos frutos colhidos, foram retiradas amostras de 24 frutos por tratamento para análises de acidez titulável - AT (PREGNOLATTO & PREGNOLATTO, 1985), teor de sólidos solúveis - SS, relação entre sólidos solúveis e acidez titulável ou

“ratio” (TRESSLER & JOSLYN, 1961), diâmetro transversal e longitudinal de frutos e peso médio de frutos.

3.8.4 Metais pesados no frutos

Para a determinação dos metais pesados nos frutos foram selecionados 3 frutos/repetição/tratamento. Os frutos foram processados para a obtenção das frações: casca, bagaço/semente e suco. As frações casca e bagaço/semente foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 55 °C, durante 72 h, para a secagem completa. Todas as frações foram utilizadas para a determinação dos elementos As, Cd, Cr, Hg, Pb, Ni, Zn, Cu, Mo e Se de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e as determinações analíticas foram feitas por espectrometria de emissão atômica com plasma indutivo.

3.9 Análise estatística

Para a análise da Normalidade dos dados foi utilizado o teste de Anderson-Darling e em seguida o teste da equação de variância (Levenn's). Posteriormente, realizou a análise variância dos dados com 2 fatores e aplicou o teste de comparação de médias Tukey ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas no *softwares* Mintab 16, Sigstat 3.5 e Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características físico-químicas dos frutos

A massa de frutos apresentou valores variando-se de 187g a 245g quando as plantas foram submetidas a irrigação com água residuária de 171g a 210g, quando utilizou-se irrigação com água potável (tabela 7). Comparativamente às médias de Cavalcante, Martins e Stuchi (2006) de 120g a 160g, em estudo realizado na região de Bebedouro com dezoito variedades de laranja, observou que os dados obtidos neste experimento foram maiores.

Os números de semente por frutos da variedade Valência obteve-se a média de 7 sementes, sendo uma característica desejável a frutos de mesa, que é característica dessas variedade pode ser objeto de futuros trabalhos de melhoramento vegetal. A quantidade de sementes registrada é alta quando comparadas a outras frutas cítricas, como a laranjeira 'lima' que apresenta de 5 a 6 sementes/fruto (GOMES, 2007). Em complemento, essa é uma característica interessante para as espécies indicadas como filtro do porta-enxerto cítrico, como se observa nos valores semelhantes reportados por Soares Filho et al. (2002), que registraram 26,3 sementes na laranjeira 'Azeda Comum', 21,2 no limoeiro 'Volkameriano', 16,6 na tangerineira 'Clementina', 13,8 na laranjeira 'Azeda Double Calice', 7,6 no limoeiro 'Cravo' e 5,7 na tangerineira 'Sunki'.

Tabela 7 Características físicas do peso unitário (g) e número de sementes de frutos de laranja Valência submetidas a doses de lodo de esgoto e irrigadas com AP e AR, Botucatu - SP, 2013.

Doses	Massa fresca dos frutos g		Nº Sementes	
	AR	AP	AR	AP
0%	245,07Aa	171,12Ba	4,50Ab	10,00Aa
25%	193,76Aa	210,67Ba	9,25Aa	5,50Ab
50%	218,25Aa	199,9Ba	6,25Aa	6,00Aa
75%	205,47Aa	197,5Ba	8,25Aa	6,50Aa
100%	186,82Ab	209,92Aa	7,00Aa	7,50Aa
125%	240,6Aa	197,34Ba	7,50Aa	7,75Aa
D.M.S	6532		0,925	
CV%	53,47		47,68	

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Os diâmetros longitudinal dos frutos não apresentaram uma variação entre as doses de lodo, mas entre água residuária e água potável, os tratamentos irrigados com água residuária mostrou-se maiores, com valores médios não superiores a 79,41mm (tabela 8). Quanto ao diâmetro transversal, os resultados médios oscilaram entre 60,72 e 73,75mm, valores que conferem ao fruto da laranja Valência, de acordo com parâmetro estabelecido por Viégas (1991), a classificação como “grandes” e enfatizam o potencial para consumo como fruto de mesa.

A partir da razão entre os dois diâmetros estudados, obtém-se o valor DL/DT, importante para determinar o formato do fruto, uma característica relevante para a comercialização do produto como fruto de mesa. Quanto a essa variável, os valores variaram de 0,87 a 1,02, com média geral equivalente a 1,0, isto é, os frutos são de formato arredondado e possuem diâmetro longitudinal semelhante ao transversal, classificando-o como fruto de qualidade para mesa.

Tabela 8 Médias dos diâmetros longitudinais (DL) e transversais (DT) e relação DL/DT] de frutos de laranja-Valência, Botucatu - SP, 2013.

Dose	DL. (mm)		DT. (mm)		Relação DL/DT	
	AR	AP	AR	AP	AR	AP
0%	59,67Bb	69,71Ba	60,88Bb	66,53Aa	1,02	0,95
25%	74,76Aa	76,477ABa	73,75Aa	60,53Bb	0,98	0,92
50%	78,33Aa	70,892ABb	61,15Aa	60,39Bb	0,87	0,93
75%	76,38Aa	75,67ABa	61,28Aa	60,44Ba	0,89	0,94
100%	76,34Aa	72,18ABa	60,98Ba	60,32Ba	0,9	0,94
125%	79,41Aa	77,093Aa	60,72Ba	60,48Ba	0,91	0,95
D.M.S	13,90		18,58		0,003	
CV%	8,23		8,21		6,09	

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Dentre as variáveis químicas avaliadas (figura 4), os teores de sólidos solúveis nos tratamentos com água residuária apresentaram valores médios variando entre 6,9 e 8,85 °Brix e na água potável valores médios variando entre 7,38 e 9,36 °Brix, e portanto valores baixos se comparados com os obtidos por Cavalcante, Martins e Stuchi (2006), que registrou o mais elevado SS equivalente 13,6 °Brix para a variedade Hamlin, uma das quatro variedades de laranja mais plantadas no Estado de São Paulo e também abaixo dos valor mínimo estabelecidos para sólidos solúveis, que de acordo com as normas de classificação, padronização e identidade da laranja para o Programa Brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros, deve ter no mínimo 10 °Brix (HORTIBRASIL, 2013).

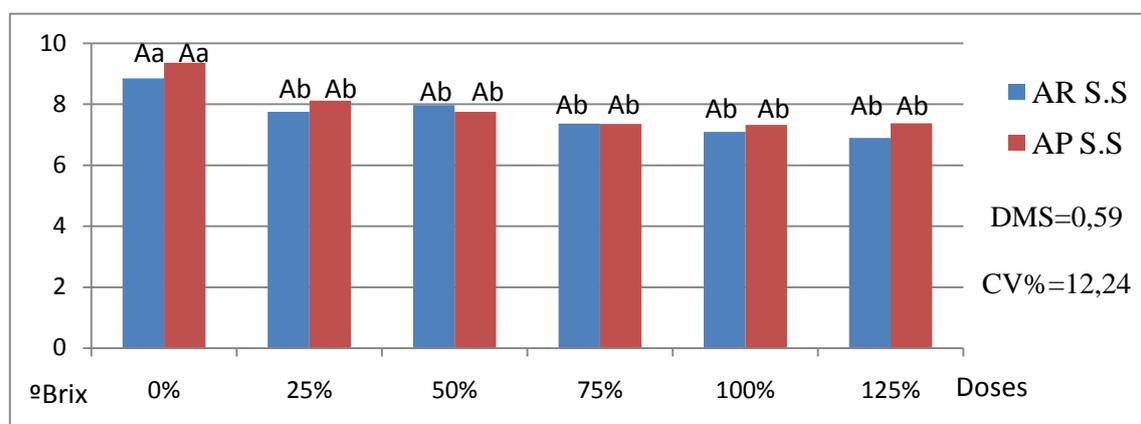


Figura 4. Média dos teores sólidos solúveis (S.S) dos frutos da laranja 'Valência' em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Para a acidez titulável (AT) os valores observados no figura 5, para a laranja ‘Valência’ encontram-se menores dos apresentados, por exemplo, para a variedade ‘Hamlin’ (CAVALCANTE; MARTINS; STUCHI, 2006). O consumo da maioria das laranjeiras depende do teor de diminuição do teor de acidez até um ponto em que seu suco se torne agradável ao paladar (AWAD, 1993), ponto a partir do qual a diminuição da AT passa a representar um fator deletério da qualidade do fruto.

Para frutos de laranja produzidos com finalidade industrial, foram determinados por Steger (1990) limites inferiores e superiores de acidez titulável que o fruto deve apresentar no momento da colheita, equivalentes a 0,75 e 1% respectivamente. Nesse sentido, todos os tratamentos produziram frutos ótima acidez, numa variação de 0,6 à 0,82%, na figura 5, inclusive com média inferior à “João Nunes”, variedade que reconhecidamente é caracterizada por possuir frutos de media acidez, com percentuais não superiores a 0,85% (DONADIO; FIGUEIREDO, 1995).

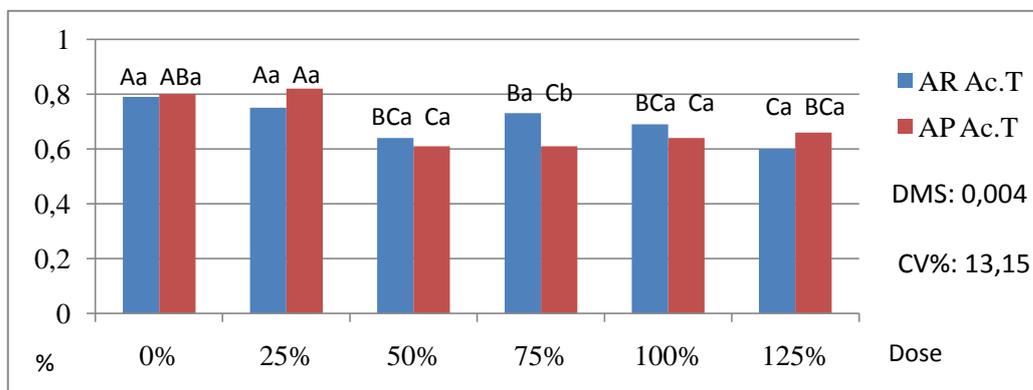


Figura 5. Média de acidez titulável (Ac. T) dos frutos da laranja ‘Valência’ em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Quanto ao “ratio” (SS/AT), as médias dos tratamentos variaram entre 10,03 a 12,35 irrigados com água residuária e 10,4 a 12,31 com água potável, portanto encontram-se bem abaixo dos apresentados por Cavalcante, Martins e Stuchi

(2006) para algumas cultivares tradicionais de laranja cultivadas no Estado de São Paulo como João Nunes, Hamlin e Westin com 23,46; 18,98 e 19,32 respectivamente.

O “ratio” ou relação dos açúcares/ácidos inorgânicos é uma relação que apresenta relevância diferenciada para o fruto cítrico se comparada a outras frutas, pois reflete o índice de maturidade do fruto cítrico a partir do balanço do sabor doce e ácido. Conforme Marchi (1993), a faixa de ratio de 12 a 13 é a preferida para a indústria iniciar o processamento; Steger (1990) relacionou o “ratio” entre 12 e 14 como o de melhor sabor para o consumo na forma de suco.

Embora também classificada como laranja-azeda e com características morfológicas semelhantes de acordo com Lorenzi et al. (2006), a laranja Valencia avaliada no presente estudo, não apresentou baixos valores acidez, o que caracteriza o sabor azedo.

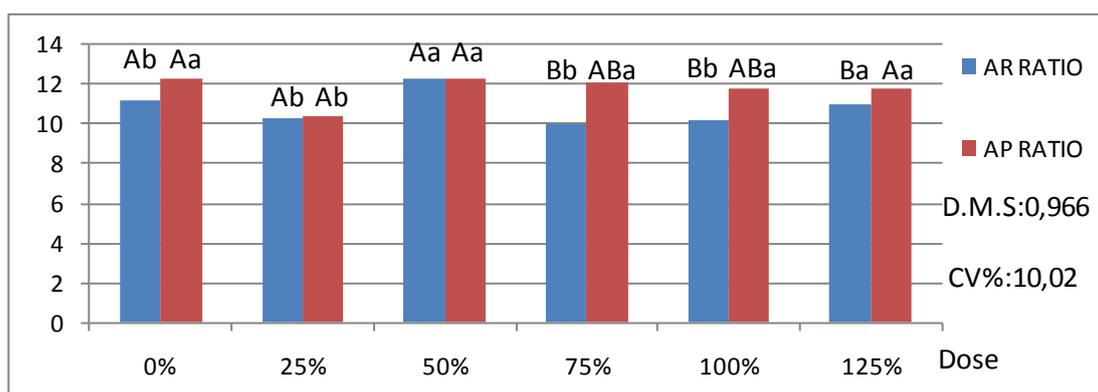


Figura 6. Média de acidez titulável (Ac. T) dos frutos da laranja ‘Valência’ em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP). Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

O conteúdo de vitamina C variou dentre os tratamentos de 58 a 73 mg/100 g de polpa não tendo uma seqüência lógica, portanto inferior aos 113 mg/100 g de polpa apresentados para o caqui (CAVALCANTE et al., 2007b), e acima dos valores obtidos para limão e uva (LEE; KADER, 2000) com médias de 50 mg/100g e 21 mg/100g de polpa, respectivamente. Por outro lado, os resultados do presente trabalho são inferiores à média reportada por Cavalcante et al. (2007a) para a acerola, que registraram resultados entre 575 e 1141 mg/100g de polpa. De uma forma geral os valores contidos na figura 7 são considerados altos para uma fruta cítrica, considerando-se o nível mínimo adequado é de 50 mg/100g de polpa (KIMBALL, 1991). Para a laranja, especificamente, Lee e Kader

(2000) reportaram 75 e 54 mg/100g de polpa, respectivamente, para laranjas produzidas na Califórnia e Flórida.

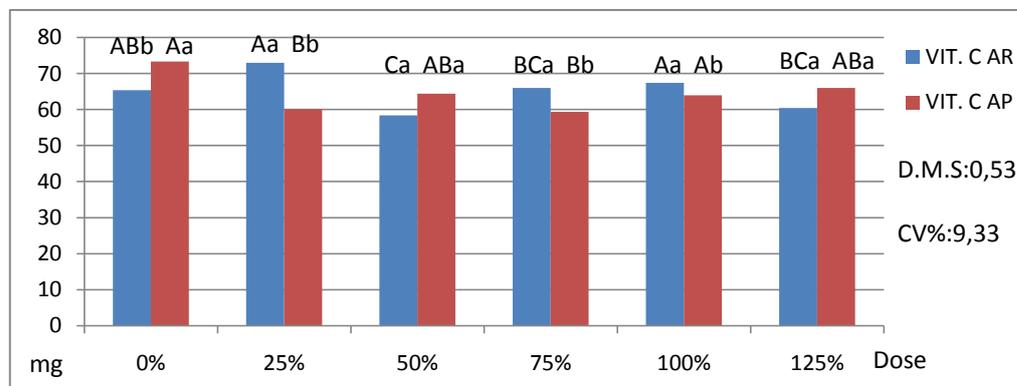


Figura 7. Média da vitamina C (Vit. C.) dos frutos da laranja ‘Valência’ em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).
Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Em relação ao pH, a laranja ‘Valência’ apresentou medias de 3,44 a 3,79, portanto bem inferior ao apresentado por Damasceno Júnior e Bezerra (2002) para o caju, com média de 4,4, para o mamão (MESQUITA et al., 2007) com média de 5,4. A acidez constitui fator de grande importância para o sabor e aroma dos frutos pois essa característica influencia o escurecimento oxidativo dos tecidos vegetais. A diminuição do seu valor acarreta redução da velocidade de escurecimento do fruto (BRAVERMAN, 1967).

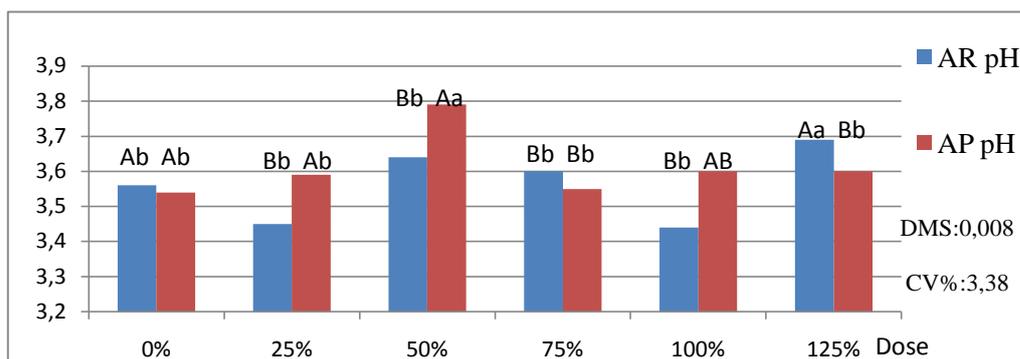


Figura 8. Média do pH dos frutos da laranja ‘Valência’ em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

4.2 Produção de Frutos

Na produção de frutos observou-se que houve influência significativa nos tratamentos obtiveram-se maiores valores nos tratamentos aplicado lodo e foi irrigado com água potável teve as maiores medias com 15794 kg ha¹, 146,25 frutos e 9,68 m³ de volume de copa, e destacando as doses de lodo de 25%, 75% e 100% irrigados com água residuária mostraram-se produtivo com 15798, 13905 e 14184 kg ha¹, 133,75, 101,75 e 137,50 frutos e 7,87, 9,81 e 8,49 m³ de volume de copa respectivamente, mas estando abaixo da produção estimada por Figueiredo (2006) para pomares com 5 anos, cerca de 38352 kg ha¹, e também o volume de copa ficou abaixo dos valores apresentados por Auler (2008) variando de 21,9 á 34,3m³; deve-se a limitação apresentada pelos vaso em que as plantas foram conduzidas, limitando o volume de solo e diminuindo o desenvolvimento de raízes e copa.

Tabela 9 Valores médios da produção em kg ha⁻¹, quantidade de frutos e volume de copa em m³, da laranjeira 'Valencia', Botucatu - SP, 2013.

Doses	Ton. ha ¹		Numero de frutos por plantas		Volume de copa m ³	
	AR	AP	AR	AP	AR	AP
0%	7.2BCb	15.8Aa	44,25Cb	146,25Aa	7,32Bb	9,68Aa
25%	15.8Aa	9.0BCb	133,75Aa	64,25BCb	7,87ABa	7,12BCa
50%	4.9Ca	14.4ABb	35,3Cb	111,50ABa	7,70ABa	8,01BCa
75%	13.9Ba	5.2Cb	101,75Ba	36,75Cb	9,81Aa	8,96ABa
100%	14.2ABa	6.6Cb	137,50Aa	73,3BCb	8,49ABa	8,25ABCa
125%	8.5ABCb	13.5ABa	53,75Cb	103,5ABa	6,62Bb	8,51ABCa
D.M.S	8,84		890,98		1,04	
CV%	46,19		49,13		15,03	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna (avaliações), minúscula na linha (cultivares), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

4.3 Atributos químicos do solo

De acordo com os dados da figura 9 os valores de pH dos tratamentos irrigados com água residuária foram inferiores aos irrigados com água potável, tendo na média uma faixa de mínima e máxima de 4,5 e 5,4, porém a faixa ideal de pH para o cultivo de laranja situa-se entre 5,5 e 6,5. Observou-se que nenhum tratamento ficou na faixa considerada adequada para o desenvolvimento. Os resultados pode ser atribuídos à liberação de ácidos orgânicos no processo de mineralização do resíduo. Entretanto, em muitos trabalhos pode ser observado o aumento do pH do solo em função do acréscimo das doses de lodo de esgoto aplicadas ao solo. Esses resultados podem estar relacionados ao tipo de tratamento que lodo recebeu, onde muitas vezes é feito com cal hidratada, atuando como corretivo da acidez do solo. Diversos trabalhos também relatam acréscimos no valor de pH do solo em diferentes sistemas de irrigação com efluentes (JOHNS & McCONCHIE, 1994; AL-NAKSHABANDI et al., 1997).

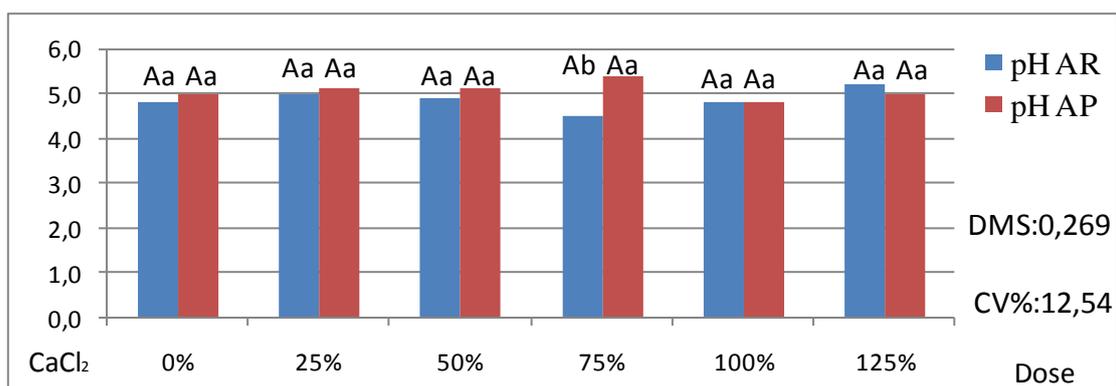


Figura 9. Atributos químicos médios do pH do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Nas avaliações de matéria orgânica houve um acréscimo significativo em relação as doses de lodo compostado, cerca de 70% se comparada com o tratamento sem lodo compostado e houve também acréscimo em relação aos tratamentos irrigados com água residuária, resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2002) e Moreira (2013).

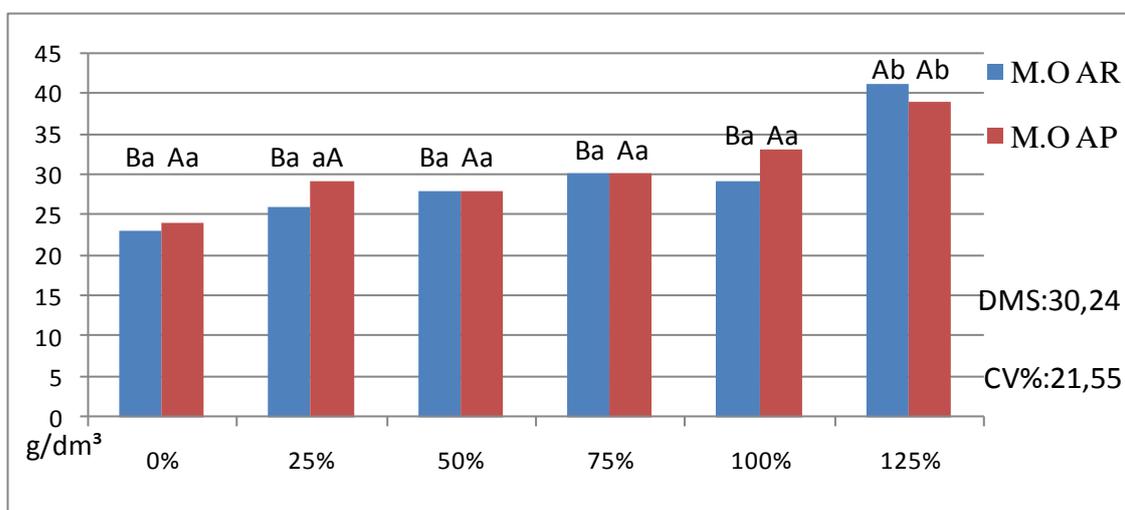


Figura 10. Atributos químicos médios do M.O do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Houve um acréscimo nos teores de P com o aumento da dose de lodo compostado, e uma grande diferença nos tratamentos irrigados com água residuária sendo superior aos tratamentos irrigados com água potável como mostra a figura 11, esse teores estão acima de 30 mg dm^{-3} , considerados altos para o cultivo de laranjeiras. De acordo com Ayuso et al. (1992) o lodo é uma fonte de P proveniente em grande parte dos detergentes que contém compostos polifosfatados.

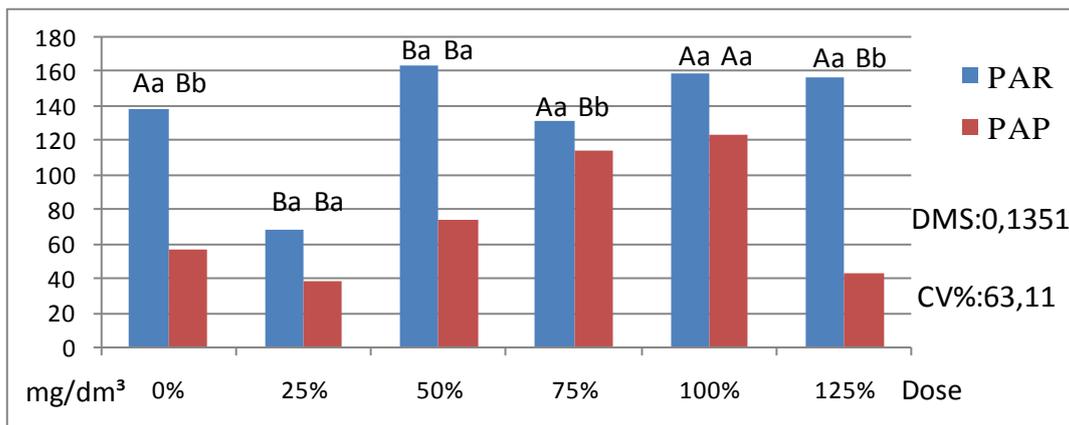


Figura 11. D.M.S:0,1351 CV%:63,11 Atributos químicos médios do P do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Para o K, (figura 12) observou-se uma redução do teor de K no solo conforme o aumento da dose de lodo compostado sendo mais acentuado nos tratamentos irrigado com água potável, mostrando que mesmo sendo baixo os teores de K na água residuária supre essa exportação desse nutriente pelo fruto, pois os níveis se mantiveram em médios entre $1,6$ a $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Tal elemento influencia o rendimento e a qualidade do fruto e também sua resistência aos ventos fortes, á geadas e á seca. Auxilia no crescimento e divisão celular de tecidos jovens, necessário á síntese e transporte de carboidratos, á síntese de proteínas e óleos, regulador osmótico e estabilizador do metabolismo das plantas, mantendo equilíbrio eletroquímico nas células como ativador de enzimas de reações metabólicas pelas quais se processa

fisiologicamente a abertura dos estômatos, fotossíntese e respiração, presente em todos os tecidos e é o elemento dominante do fruto (MAGALHÃES, A. F. de J, 1997).

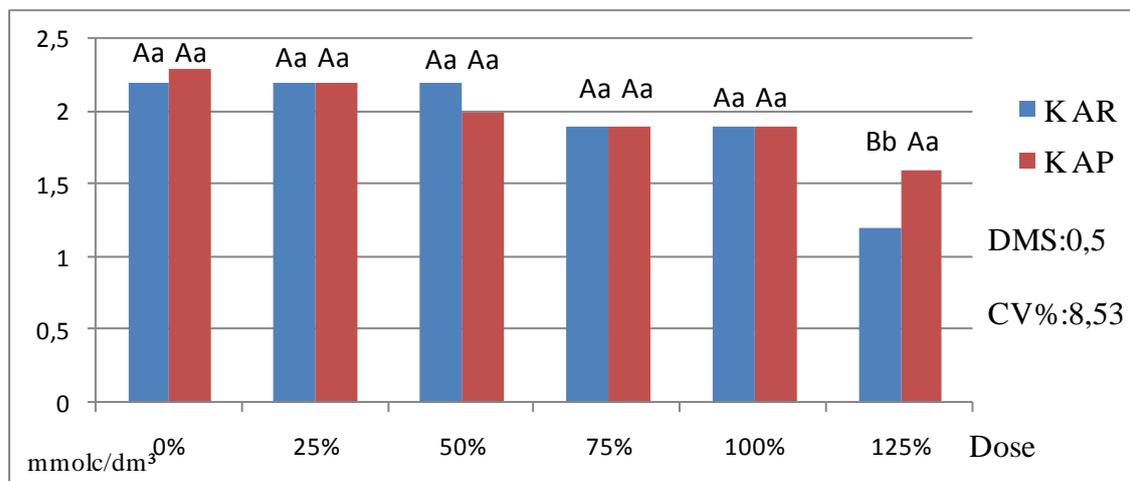


Figura 12. Atributos químicos médios do K do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Nos teores de Ca e Mg houve uma relação inversa, onde com o aumento da dose do lodo compostado o Ca (figura 13) elevou os teores e o Mg (figura 13) houve redução, resultados semelhantes mostrados por Moreira (2013), mas os tratamentos irrigados com água residuária manteve-se no teor mínimo, de 4 mmol dm⁻³ de Mg necessário para evitar a deficiência nas plantas de citros segundo Raji (1997).

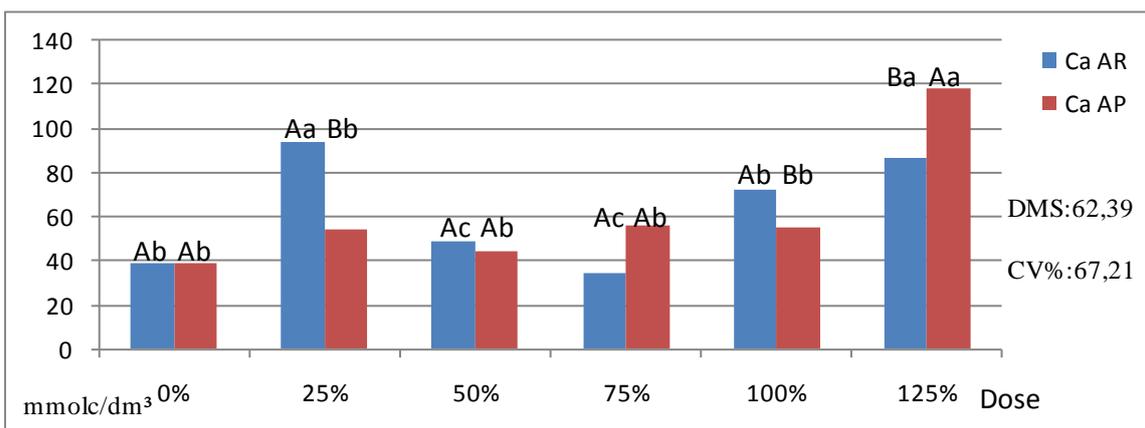


Figura 13. Atributos químicos médios do Ca do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

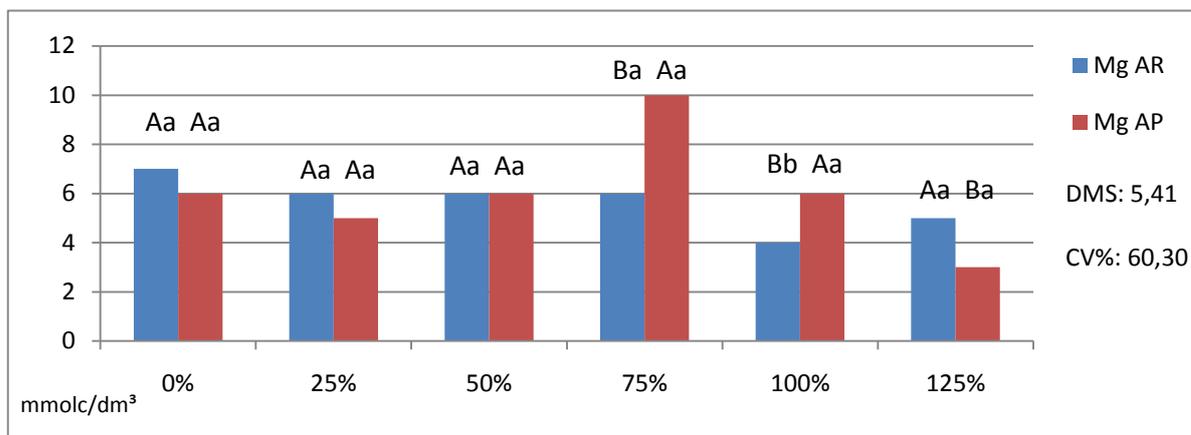


Figura 14. DMS:5,41 CV%:60,30 Atributos químicos médios do Mg do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Os resultados da figura 15 mostra um aumento correspondente da SB e da CTC, conforme a adição do composto aumenta os dados avaliados também, decorrente ao aumento de teores trocáveis de Ca^{+2} no solo, dados semelhantes foram encontrados por Moreira (2013).

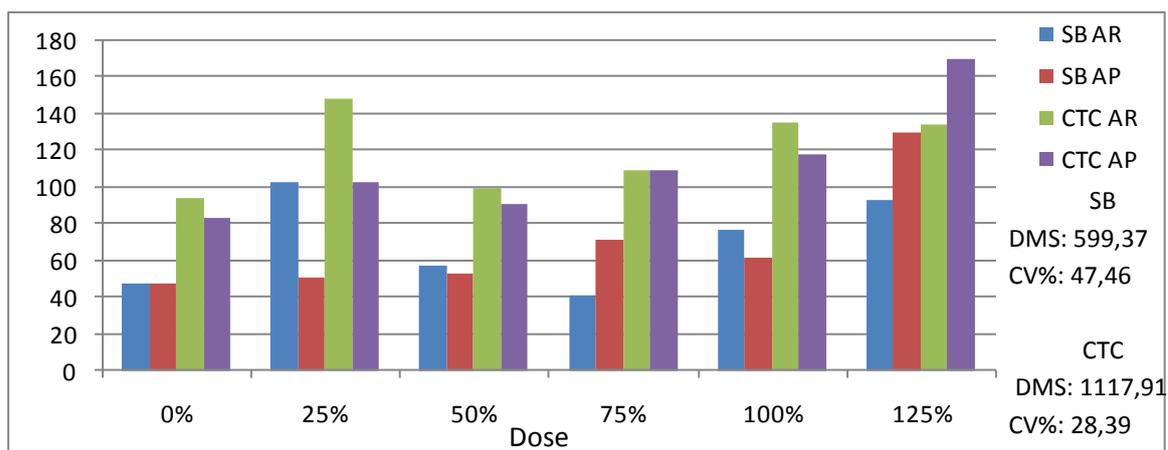


Figura 15. Atributos químicos médios da soma de bases (SB) e da CTC do solo em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Os valores da V% reduziu significativamente conforme a dosagem do lodo compostado aumentou, e os tratamentos irrigados com água residuária teve valores ainda menores (tabela 10), deve-se a diminuição do pH, valores inverso ao encontrado por Moreira (2013).

Como a maior parte do S está combinada com a matéria orgânica, sua liberação ocorreu de acordo com a mineralização da matéria orgânica, conseqüentemente houve aumento dos teores de S foi em função da dosagem de lodo compostado e os tratamentos irrigado com água residuária os teores de S foram maiores, ficando abaixo do teor adequada para o cultivo de laranja segundo Malavolta et al.(1997), (20 mg dm^{-3}) somente o tratamento que não teve adição de lodo compostado e nem irrigado com água residuária.

O teor de B em todos os tratamento atingiu a faixa adequada para o cultivo de laranja entre $0,21$ a $0,60 \text{ mg dm}^{-3}$ segundo Malavolta et al. (1997), porem os tratamentos irrigados com água residuária ficaram muito próximo do máximo, mesmo com a faixa do com a faixa do pH fora da sua maior disponibilidade.

De acordo com a tabela 10 os teores de Cu e Mn variou conforme a dosagem de lodo compostado, porem os tratamentos irrigados com água residuária teve teores menores em relação aos tratamentos irrigados com água potável, mesmo com tal variação somente Mn ficou na faixa adequada para o cultivo de laranja 1,3 - 5,0mg dm⁻³ e o Cu teve teores maior 0,8 mg dm⁻³ considerado alto segundo Malavolta et al. (1997).

Todos os valores de Fe e Zn estão acima dos teores considerados alto para a cultura da laranja sendo 12 e 5 mg dm⁻³ respectivamente, houve contribuição das doses de lodo compostado para a elevação dos teores, e os tratamentos não irrigados com água residuária apresentaram teores menores porem muito acima do recomendado.

O lodo compostado e a água residuária tem potencial de suprir o necessidade de micronutrientes e S exigido pela cultura de laranja, porém somente B e Mn mantiveram teores adequados, em quanto Cu, Fe, e Zn teve seus teores aumentados.

Tabela 10 Atributos químicos (V%, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) do solo em função da aplicação do lodo compostado e os tipos de água utilizado na irrigação.

FV	GL	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Q.M.								
Água	1	163,1	11401**	0,045ns	1,21ns	713,3ns	1,16ns	918,1ns
Doses	5	1928,7*	71318**	0,059**	6,52*	6757,7**	6,80*	885,3ns
D x A	5	1202,6ns	5940**	0,013ns	1,71ns	3408,1**	1,32ns	134ns
CV%		21,76	88,48	23,12	41,61	48,11	38,36	40,21
DMS		122,12	4622,7	0,0106	1,56	753,86	1,65	329,98
Água		mg dm ⁻³						
AR		56,81	139,6	0,58	3,22	91,5	3,74	52,02
AP		61,06	104,0	0,51	3,6	82,61	4,07	41,92

Legenda: G.L.= Graus de liberdade; Q.M.= Quadrado médio. * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} não significativo; CV= coeficiente de variação.

4.4 Teores de metais pesados

Em relação ao teor de metais pesados no tecido foliar da laranjeira, inicialmente, deve-se destacar que os teores considerados fitotóxicos são, em mg kg^{-1} de 100 a 150 para o Mn; 50 a 100 para o Ni; 3 a 20 para o Cu; 500 a 1.500 para o Zn (Webber et al., 1984), e de 56 para o Pb (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Os teores de metais pesados verificados no tecido foliar da laranjeira indicaram, a partir dos dados máximos citados anteriormente, que os teores fitotóxicos não foram alcançados na aplicação das doses crescentes dos lodos compostado.

Ainda assim, para os metais Ba, Cu, Cr, Ni e Zn, foi possível detectar teores foliares de laranjeira, sendo que as leituras dos seguintes elementos As, Cd, Pb, Hg, Mo e Se estavam abaixo do método analítico utilizado.

Os teores de Ba foram os mais altos dos metais avaliados, houve diferença significativa em relação ao lodo compostado, conforme a dosagem aumenta os teores de Ba também aumentou, em relação a água residuária foi nítida a diferença, pois os tratamentos irrigados com água potável se mantiveram não variando como mostra a figura 16, Moreira (2013) também teve resultados semelhantes em casca de laranja.

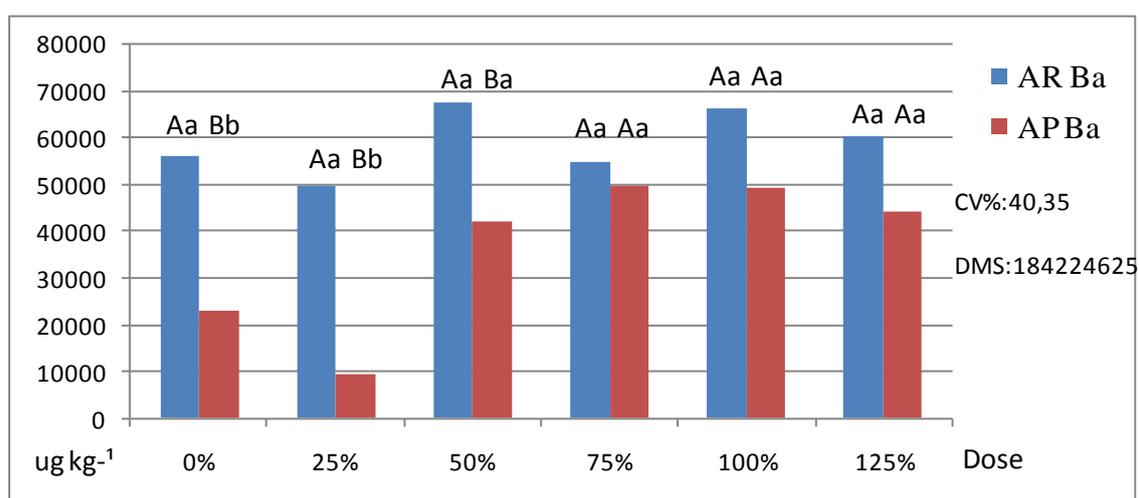


Figura 16. CV%:40,35 D.M.S:184224625 Atributos médios do metal pesado Ba no tecido foliar em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).

Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Dos metais avaliados, o Cu foi o que apresentou teores em folha dentro da faixa considerada fitotóxica. Foram observados efeitos significativos da aplicação das doses de lodo compostado nos teores foliares de Cu da laranjeira, o que indica a presença de resposta dos teores foliares deste metal pela aplicação das doses crescentes do lodo compostado em estudo. Essa presença dos teores foliares de Cu à adição das doses crescentes de lodo compostado não é maior pois pode ser atribuída à forte complexação que esse elemento sofre pela matéria orgânica (Kabata-Pendias & Pendias, 2001) e pelo antagonismo que ocorre entre o Cu e o Zn (adicionado ao solo em maior quantidade pelas duas fontes de lodo) na solução do solo (Faquin, 2001). Outro fator a ser considerado é que o Cu tende a acumular mais nas raízes, em relação às folhas, indicando que a menor resposta às adições de lodo de esgoto, em termos de teores de Cu nas folhas, pode estar relacionada também com a baixa translocação desse nutriente na planta (Garcia et al., 1979; Martins et al., 2003).

Tanto o Cu e Zn (figura 17) foi possível detectar uma fração maior dos teores nos tratamentos irrigados com água residuária. Os teores de Zn nas folhas de laranjeira aumentaram de modo significativo, com resposta linear à aplicação das doses dos lodos o mesmo os resultados obtidos por Bidwell & Dowdy (1987) e Martins et al. (2003). Dos metais avaliados, o Zn foi o que apresentou maior aumento nos teores foliares com a seqüência as dosagens, o que, segundo Pierrisnard (1996), deve-se ao acúmulo preferencial do Zn em folhas. Os incrementos lineares nos teores foliares de Zn observados neste estudo podem ser uma resposta à alta concentração desse metal no lodo compostado e na água residuária.

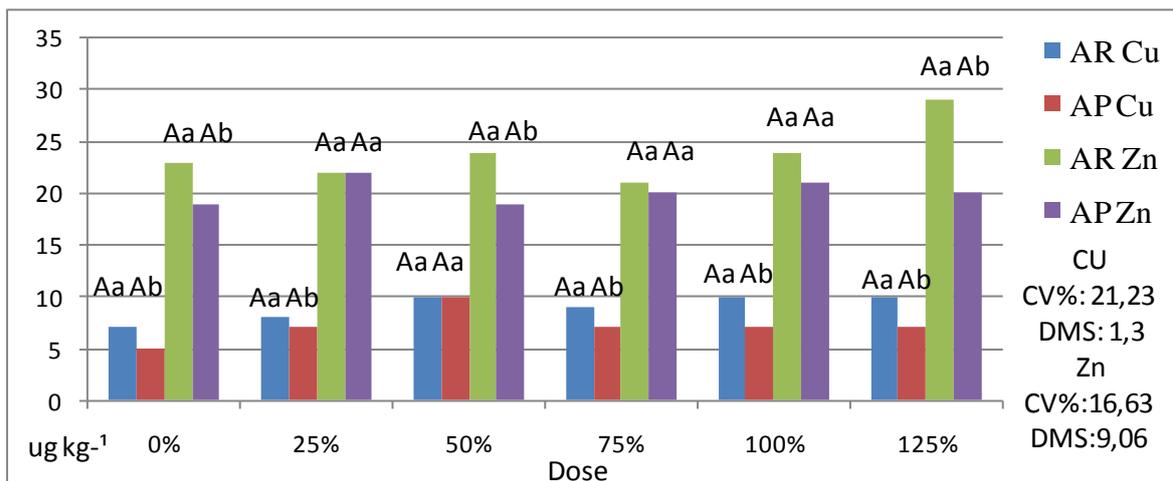


Figura 17. Atributos médios dos metais pesados Cu e Zn no tecido foliar em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP). Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Na figura 18 mostra os teores de Ni e Cr onde houve diferença significativa tanto a dose de lodo compostado quanto a água usada na irrigação, os tratamentos irrigados com água residuária apresentou cerca de 100% a mais nos teores de Ni, porém o os teores de Cr não mostrou-se muito expressivo, Santos et al (2011) obteve baixos teores de Cr na casca de tangerina 'Ponkan'.

Os teores de metais pesados em todos os tratamentos, apesar das diferenças encontradas, estão abaixo do limite máximo de tolerância estabelecido no Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 (BRASIL, 1965), ainda em vigor. É importante ressaltar que, muitas vezes o risco de contaminação dos pomares por metais pesados não se dá apenas pela utilização do lodo de esgoto, há também o risco inerente de contaminação do pomar pela aplicação de fertilizantes e corretivos que podem conter altos teores de metais pesados (MARCHIORI JÚNIOR, 2002).

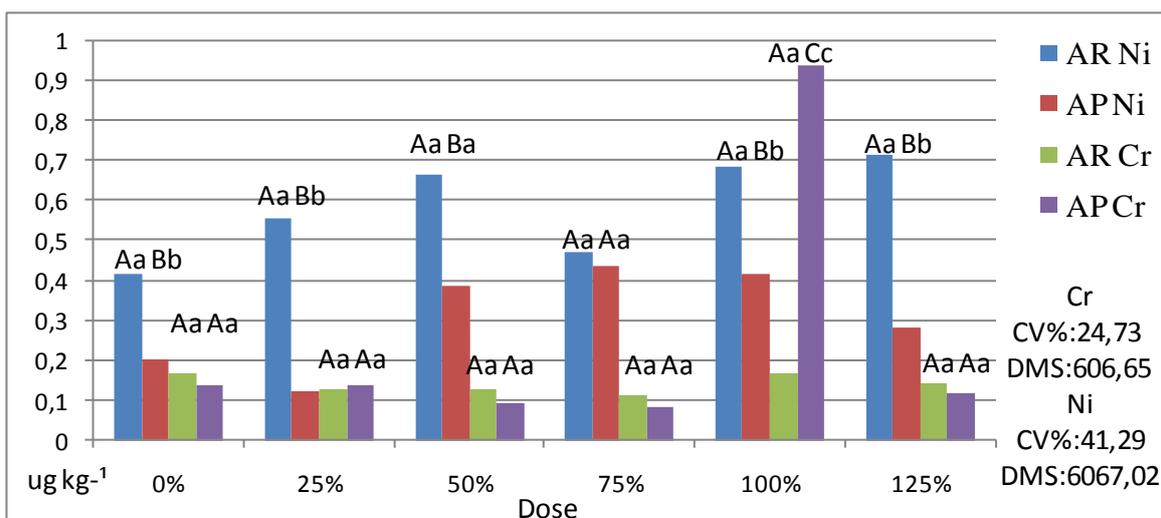


Figura 18. Atributos médios dos metais pesados Ni e Cr no tecido foliar em função das doses de lodo compostado e a comparação entre água residuária (AR) e água potável (AP).
Legenda: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas doses e maiúscula no tipo de água, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste tukey.

5. CONCLUSÕES

Não houve influência do lodo compostado nas características físicas dos frutos, mas os tratamentos irrigados com água residuária proporcionou maior massa, e todos os tratamentos possuem frutos de formato arredondado classificando-os como fruto para mesa.

Quanto característica química dos frutos, os sólidos solúveis totais, acidez titulável total e ratio foi decrescente conforme aumentava a dose de lodo compostado, mas independente das variações, o lodo compostado e a água residuária apresentam características favoráveis para indústria.

A aplicação de lodo compostado proporcionou redução dos teores de K, Mg e V% e aumento dos teores de M. O., P, Ca, CTC, SB, S, B, Cu, Mn, sendo que a água residuária proporcionou dados superiores para P.

Os metais pesados no tecido foliar não indicaram teores fitotóxicos e os elementos As, Cd, Pb, Hg, Mo e Se estavam abaixo do método analítico analisado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL: Anuário da Agricultura Brasileira 2013. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2013. 480 p.

AIA - ANÁLISES E INDICADORES DO AGRONEGÓCIO. v.7, n. 12, dezembro de 2012. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-65-2012.pdf>> Acesso em: 20 de fevereiro de 2013.

ALMEIDA, C. O. de; PASSOS, O. S. **Citricultura brasileira em busca de novos rumos: Desafios e oportunidades na região nordeste**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 145 p.

AL-NAKSHABANDI, G. A. et al. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.34, p.81-94, 1997.

ALVES JUNIOR, J. et al. Produção e qualidade de fruto de plantas jovens de Lima ácida ‘Tahiti’ sob diferentes manejos de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33, 2004. São Pedro. **Anais...** São Pedro: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. CD-ROM.

ANDRADE, C. A.; OLIVEIRA, C; CERRI, C. C. Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo tratado com biossólido e cultivado com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n.5, p. 803-816, 2005.

ANDRADE, C.A., BOEIRA, R.C., PIRES, A.M.M. Nitrogênio presente em lodo de esgoto e a resolução n. 375 do Conama In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto**: Avaliação após a resolução nº 375 do Conama. Botucatu: Editora FEPAF, 2010. p. 157-170.

ANDRADE, L. O. et al. Crescimento de girassóis ornamental em sistema de produção orgânica e irrigada com água residuária tratada. **Irriga**. Botucatu, SP, Edição Especial, v. 1, n.1, p. 69-82, 2012.

ARAÚJO, A. L. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.)**.1999. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1999.

AUGUSTO, D. C. C. et al. Utilização de esgotos biológicos na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (Capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Copaíba). **Revista Árvore**, v. 27, n. 03, p. 335-342, 2003.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A. **Qualidade da água na agricultura**. Tradução: H. R. Gheyi e J. F. Medeiros. Water Quality for Agriculture. Roma: FAO, 1991, 218 p.

AYUSO, M. et al. Utilización dun lodo aeróbio como substitutivo de fertilizantes fosforados inorgânicos. **Suelo y Planta**, Madri, v. 2, p. 271-280, 1992.

AZEVEDO, M. R. Q. A. et al. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 02, n. 01, p. 63-68, 2007.

AWAD, M. **Fisiologia pós colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 596 p.

BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T, A, R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto** - Avaliação após a resolução nº 375 do Conam. Botucatu: Editora FEPAF, 2010. p. 157-170.

BEZERRA, B. G.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, CE, v. 40, n. 3, p. 339-345, 2009.

BIDWELL, A.M. & DOWDY, R.H. Cadmium and zinc availability to corn following termination of sewage sludge applications. *J. Environ. Qual.*, 16:438-442, 1987.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P. C. S & SANTOS, F. S. **Reúso de água**. Barueri: Editora Manole, 2003. p. 125-174.

BRASIL. Decreto no 55.871, de 26 de março de 1965. Altera o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprêgo de aditivos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 abr. 1965, Seção 1.

BRAVERMAN, J. B. S. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967. cap. 14. 355 p.

CAVALCANTE, Í. H. L.; MARTINS, A. B. G.; STUCHI, E. S. Fruit characteristics of eighteen orange cultivars. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 72-77, 2006.

CAVALCANTE, Í. H. L.; MARTINS, A. B. G; OLIVEIRA, I. V. M.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Características de frutos de cinco variedades de caqui madurados en la planta o en post cosecha. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 201-209, 2007b.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Decisão de diretoria Nº195-2005-E**, de 23 de novembro de 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em: 12 de julho de 2013.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma P.4230**: Aplicação de bio sólido em áreas agrícolas: Critérios para Projetos e Operação. São Paulo, 1999. 33 p.

CITROLIMA, Boletim Técnico Citrolima, Casa Branca - SP, v. 01, p. 05, set. 2010. Disponível em: <<http://www.citrolima.com.br/portaenxertos/swingle.htm>> acesso em: 12 de junho de 2013.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 375/2006: Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em 60 estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.** Brasília, DF, 2010. 32 p.

COSTA, F. X. et al. Efeitos residuais da aplicação de bio sólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, PB, v.13, n. 6, p. 687-693, 2009.

CROOK, James. Critérios de qualidade da água para reuso. Revista DAE. Departamento de Águas e Esgotos SABESP, São Paulo, v. 53, nº 174, nov. dez. p. 10 a 18. 1993. Disponível em: < http://www.usp.br/cirra/arquivos/criterios_crook.pdf > Acesso em: 15 de junho de 2013.

CUNHA, A.R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu-SP, segundo Koppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, p.487-491, 1999.

DAMASCENO JUNIOR, J. A.; BEZERRA, F. C. Qualidade de pedúnculo de cajueiro-anão precoce cultivado sob irrigação e submetido a diferentes sistemas de condução e espaçamento. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 258-262, abr. 2002.

DONADIO, L. C.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R. M. **Variedades cítricas.** Jaboticabal: Funep, 1995. 297 p.

DUARTE, A. S. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*).** 2006. 187f. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia - Área de concentração em Irrigação e Drenagem) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 2006. 412p.

FALKINER, R.A.; SMITH, C.J. Changes in soil chemistry in effluent- irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 131- 147, 1997.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2013a. Production (2011). Disponível em:<<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 28 jan. 2013a.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2013b. Trade (2010). Disponível em:<<http://faostat.fao.org/site/535/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 28 jan. 2013b.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 182p. KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 2001. 413p.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 182p.

FIGUEIREDO, M. G.; BARROS, A. L. M. de. **XLIV Congresso da sober**. Piracicaba - SP, ESALQ-USP, 2006.

FIGUEIREDO, J.O. Variedades copas. In: RODRIGUEZ, O. et al. (Ed.). **Citricultura Brasileira**. 2. ed. Campinas. Fundação Cargill, v.1, p.228-257, 1991.

FUENTES, R. E.; CONSTATINO, L. C.; SILVA, E. E.; DENDOOVEN, L. Characteristic, and carbon and nitrogen dynamics in soil irrigated with wastewater for different lengths of time. **Bioresource Technology**. v. 85, p. 179-187, 2002.

GARCIA, W.J.; BLESSIN, C.W.; SANFORD, H.W. & INGLETT, G.E. Translocation and accumulation of seven heavy metals in tissues of corn plant grown on sludge-treated strip-mined soil. *J. Agric. Food Chem.*, 27:1088-1094, 1979.

GOMES, S. B. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v. 11, p. 459-465, 2007.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil - Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre RS, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

HOODA, P.S.; ALLOWAY, B.J. The plant availability and DTPA extractability of trace metals in sludge-amended soils. **The Science of the Total Environment**, v.149, p.39-51, 1993.

HORTIBRASIL. **Norma.** Disponível em: <
<http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/laranja/arquivos/norma.html> > Acesso em: 22 de junho de 2013.

HORTIFRUTI BRASIL. Edição especial, ano 12, nº 123, Maio 2013. Disponível em: <
<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/> > Acesso em: 05 de junho de 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores da produção agrícola.** Março, 2012. Disponível em: <
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201203.pdf> Acesso em: 05 de setembro de 2013.

IEA - INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Análises e Indicadores do Agronegócio. Previsões e estimativas das safras agrícolas do estado de São Paulo, ano agrícola 2012/13, intenção de plantio, e levantamento final, ano agrícola 2011/12, setembro de 2012, v. 7, n. 11, Nov., 2012. Disponível em:<<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-62-2012.pdf>>. Acesso em: 30 jan.2013.

JOHNS, G. G.; McCONCHIE, D. M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. II. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residues in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 45, p. 1619-1638, 1994

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 2001. 413p.

KIMBALL, D. A. **Citrus processing: quality control e technology**. AVI. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 473 p.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. [S.l.]: Rural, 2002. 214 p.

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL – LANARV. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes - métodos oficiais**. Brasília: Ministério de Agricultura, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1988. 104 p.

LEAL, R. M. P. et al. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p. 242-249, 2009.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing Vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LOPES, M.A.J. **Incorporação de lodo de esgoto e seus efeitos sobre alguns atributos do solo cultivado com Rabanetes**. 2008. 99 f. dissertação. Recife, Universidade Católica de Pernambuco, 2008.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2006. 640 p.

MACHIORI JÚNIOR, M. **Impacto ambiental da citricultura nos teores de metais pesados em solos do Estado de São Paulo**. 2002. 185 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 2002.

MADEJON, E.; BURGOS, P.; LÓPEZ, R.; CABRERA, F. Agricultural use of three organic residues: effect on orange production and on properties of a soil of the “Comarca Costa de Huelva” (SW, Spain). **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v.65, n.3, p.281-288, 2003.

MAGALHÃES, A. F. de J. Citrus nutrição e adubação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 1997. 37 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica, 28).

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 201 p.

MARCHI, R. J. **Modelagem de curvas de maturação da laranja “Pêra” (citrus cinensis L. Osbeck) na região de Bebedouro – SP**. Jaboticabal, 1993. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

MARIN, F. R. **Evapotranspiração, transpiração, e balanço de energia em pomar de lima “Tahiti”**. 2000. 74p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2000.

MARQUES, M. O., MELO, W. J., MARQUES, T. A. Metais Pesados e o Uso de Biossólidos na Agricultura. In: TSUTIYA et al. **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001.

MARQUES, M.O. **Incorporação de “resíduo orgânico” em solo cultivado com cana-de-açúcar**. 1996. 111p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 1996.

MARTINS, A.L.C.; BATAGLIA, O.C.; CAMARGO, O.A. & CANTARELLA, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. R. Bras. Ci. Solo, 27:563-574, 2003.

McBRIDE, M. B. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective. **Journal of Environmental Quality**. Madison, v. 24, n.5-18, 1995.

MELFI, A. J., MONTES, C. R. Impacto dos biossólidos sobre o solo. In: TSUTIYA et al. **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001.

MELI, S. et al. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **The Science of the Total Environment**, v. 285, p.69-77, 2002.

MELO, W. J. et al. A resolução CONAMA 375 e os metais pesados. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto** - Avaliação após a resolução nº 375 do Conama. Botucatu: Editora FEPAF, 2010. p. 157-170.

MELO, W. J., MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W., CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 109-142.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M. T. et al. (Eds.). **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2001. p. 289-363.

MESQUITA, E. F. de; CAVALCANTE, L. F.; GONDIM, S. C. J.; CAVALCANTE, Í. H. L.; ARAÚJO, F. A. R. de; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Produtividade e qualidade de frutos do mamoeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 3, p. 349-353, jul./set. 2007.

MORGAN, K.T.; WHEATON, T.A.; PARSONS, L.R.; CASTLE, W.S. Effects of reclaimed municipal waste water on horticultural characteristics, fruit quality, and soil and leaf mineral concentration of citrus. **HortScience**, Alexandria. v.43, p. 459-464, 2008.

LOPES, M.A.J. **Incorporação de lodo de esgoto e seus efeitos sobre alguns atributos do solo cultivado com Rabanetes**. 2008. 99 f. dissertação. Recife, Universidade Católica de Pernambuco, 2008.

MOREIRA, L. L. **Alterações químicas no sistema solo-planta após adubação com lodo de esgoto compostado e irrigação com água residuária em laranjeira 'valência'**. 2013. 68 f. dissertação. Botucatu, Faculdade de Ciência Agrônoma-UNESP, 2013.

MULCHI, C.L. et al. Residual heavy metal concentrations in sludge-amended coastal plain soils: I. Comparason of extractants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.22, p.919-941, 1991.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G. A Demanda mundial de sucos de frutas e o impacto na laranjabrasileira. **Coopercitrus**: Revista agropecuária, v. 279, Jan., 2013, Disponível em:<<http://www.revistacoopercitrus.com.br/?pag=materia&codigo=5745>>. Acesso em: 24 jan.2013.

NEVES, M. F. et al. **O retrato da citricultura brasileira**, São Paulo: CitrusBR, 2010. 138p.

NOGUEIRA, T. A. et al Nickel in soil and maize plants grow on na oxisol treated over a long time with sewage sludge. **Chemical Speciation and Bioavailability**, Surrey, v. 21, p. 165-173, 2009.

NOGUEIRA, T. A. et al. Cádmio, cromo chumbo e zinco em plantas de milhos e em latossolo, após aplicações anuais de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p.2195-2207, 2008.

O DIARIO ONLINE. **Indústria tem produção agrícola própria de 130 milhões de caixas de laranja e “esmaga” pequeno citricultor**. Disponível em: <<http://www.odiarionline.com.br/noticia/7809//noticia/7809/INDUSTRIA-TEMPRODUCAO-AGRICOLA-PROPRIA-DE-130-MILHOES-DE-CAIXAS-DE-LARANJA-E-ESMAGAPEQUENO-CITRICULTOR>> Acesso em: 01 fev. 2013.

OLIVEIRA, F. C. et al. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 505-519, 2002.

OLIVEIRA, F. C. et al. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 360-367, 1995.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Mobilidade de metais pesados em um Latossolo Amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**. v.58, n.4, 2001, p.807-812.

PARSONS, L.R.; WHEATON, T.A.; CASTLE, W.S. High Application Rates of Reclaimed Water Benefit Citrus Tree Growth and Fruit Production. **HortScience**, Alexandria, v. 36, n. 7, p. 1273-1277, 2001.

PASSOS, O. S., 50 ANOS DE P&D EM CITROS NO NORDESTE BRASILEIRO, 12º Congresso Brasileiro de Fruticultura, Bento Gonçalves-RS 2010. 1 p.

AULER, P. A. M.; FIORI-TUTIDA, A. C. G.; TAZIMA, Z. H.. **Rev. Bras. Frutic. vol.30 no.1 Jaboticabal Mar. 2008**. Comportamento da laranjeira 'Valência' sobre seis porta-enxertos no noroeste do Paraná.

PEREIRA, B. F. F. **Alterações químicas no sistema solo-planta irrigado com efluente de esgoto tratado no cultivo dos citros**. 2009. 163 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PIERRISNARD, F. Impact de l' amedment des boues residuaires de la ville de arseille sur de sols a vocation agricole: comportement du Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn, des hydrocarbures et des composes polares. Marseille, Université de Marseille, 1996. 408p. (Tese de Doutorado)

PIRES, R. C. M. et al. Irrigação. In: MATTOS JÚNIOR, D. et al. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundag, 2005. p. 370-408.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N.P. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1, 533 p.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundag, 2005. p. 484-507.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; PIZA JUNIOR, C. T.. Frutíferas. In: RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 119-154.

RAIJ, B. Van et al. **Recomendação de adubação e calagem no Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 300p. (Boletim 100).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônômico. 284p. 2001.

RANGEL, O. J. P. et al. Acúmulo de Cu, Mn, Ni, Pb e Zn em latossolo vermelho, adubado com fontes de lodo de esgoto e cultivado com milho. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 28, p. 15-23, 2004.

REBOLL, V. et al. Influence of wastewater vs groundwater on young citrus trees. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 1441–1446, 2000.

RENGASAMY, P.; OLSSON, K.A. Sodicity and soil structure. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.29, p.935-952, 1991.

SANTOS, C. H. et al. Fertilidade do solo e nutrição de tangerineiras ‘Ponkan’ manejados com resíduos sólidos e adubação química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 75–83, 2011.

SILVÉRIO, L. Uso agrícola do lodo de esgoto, da matéria orgânica do lixo urbano e de resíduos industriais. **Revista O Agrônomo**, São Paulo, SP, v.56, n. 1, p. 5-8, 2004.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C. Extração e fitodisponibilidade de metais em resposta a adição de lodo de esgoto no solo. **Scienta Agrícola**, Piracicaba, v.19, n.3, 2002.

STEGER, E. Trinta anos de desenvolvimento em processamento de citros, histórico, estado da arte e visão geral. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 11, n. 2, p. 463-502. 1990.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C. Extração e fitodisponibilidade de metais em resposta a adição de lodo de esgoto no solo. **Scienta Agrícola**, Piracicaba, v.19, n.3, 2002.

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.

SOARES FILHO, W. S.; MEDRADO, A. C. M.; CUNHA, M. A. P.; CUNHA SOBRINHO, A. P.; PASSOS, O. S. Frequência de híbridos em cruzamentos controlados de citros: cultivo de sementes versus cultivo in vitro de embriões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 981-988, 2002.

TRESSLER, D.K.; JOSLYN, M.A. **Fruits and vegetables juice processing technology**. Westport: AVI, 1961. 1.028 p.

TSUTYA, M.T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.) **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa, 2000. Cap. 4, p.69-106.

VIEIRA, D. B., GOMES, E. M. Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular do limão 'Cravo' com copa de lima ácida 'Tahiti'. **Laranja**, v.20, p.419-431, 1999.

VIÉGAS, F. C. P. A industrialização dos produtos cítricos. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A. A. (Ed.). **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 2, p. 898- 921.

WEBBER, M.D.; KLOKE, A. & JELL, J.C. A review of current sludge use guidelines for the control of heavy metal contamination in soils. In: L'HERMITE, P. & OTT, H., eds. **Processing and use of sewage sludge**. 3.ed. Dordrecht, Reidel, 1984. p.371-386.