AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE TOMATE CEREJA (*LYCOPERSICUM ESCULENTUM SP.*) UTILIZANDO-SE LODO DE ESGOTO COMO FERTILIZANTE

Léa Ferreira Rocha
Pós graduada em Solos e Nutrição de Plantas (ESALQ, 2021), pós graduada em Toxicologia (UEL, 2005), Bacharelada em Química (UEL, 2004).

Endereço: Av Pe Antônio Brunetti, 1234 – Vila Alves – Itapetininga-SP CEP: 18206-420 – Brasil - +55 (15)3275-9175 – Email: lfrocha@sabesp.com.br

RESUMO

Utilizado como fonte alternativa de adubação orgânica, o lodo de esgoto permite a melhora da qualidade física do solo, aumento na produtividade de culturas agrícolas e promove economia em fertilizantes. Tendo em vista o descarte ambientalmente correto para o resíduo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de tomates cereja quando utilizado o lodo caleado (lec) a 35% proveniente da estação de tratamento de esgoto da sabesp do município de itapetininga-sp, versus o uso de esterco curtido (ec) nas mesmas concentrações. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 1 substrato x 2 tratamentos (lec e ec) x 4 doses (10; 12,5; 15 e 30 g/kg substrato) x 3 repetições x 2 complementações kcl 1% e o controle (c). Na avaliação do crescimento das plantas, foram determinados a produção de massa seca das raízes e parte aérea das plantas, número e peso de frutos, comprimento da raiz e teor de micronutrientes nos frutos. Os resultados demonstraram que o tratamento (t2), com a dose intermediária de lodo de esgoto recomendada, foi o de maior produtividade e desenvolvimento de raiz. Foram analisados também os micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco nos dois tratamentos e nos frutos de cada tratamento.

Palavras-chave: Águas residuárias, solanácea, adubação orgânica.

INTRODUÇÃO

A industrialização e o crescimento populacional deram origem à modernização da sociedade, assim como uma grande quantidade de resíduos sólidos, resíduos de produção e consumo. O enorme impasse dos resíduos sólidos tem a ver com o aumento da sua produção, recolha e transporte, tratamento e disposição final para encontrar soluções que visem minimizar o impacto ambiental. Este problema tem esgotado os recursos financeiros, humanos e técnicos. A degradação do esgoto doméstico produz uma substância rica em matéria orgânica e nutrientes chamada lodo, que necessita de disposição final adequada. Embora se reconheça que os resíduos sólidos gerados respondem por aproximadamente 1 a 2 por cento do tratamento de efluentes, a produção de lodo tornou-se uma questão de passivo ambiental cumulativo, equivalente a 20 a 60 por cento dos custos operacionais das estações de tratamento de efluentes.

O desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas, como o reaproveitamento de resíduos, pode mitigar os danos causados pelo lançamento de grandes quantidades de resíduos, principalmente de áreas rurais. A aplicação de lodo tem sido relatada como relacionada ao melhoramento físico, químico e biológico do solo, bem como ao seu estado de desenvolvimento e nutrição, principalmente relacionado à contribuição de nitrogênio e produtividade das culturas. Esses resíduos contêm quantidades significativas de matéria orgânica, fósforo e micronutrientes, e são utilizados na agricultura como condicionadores de solo e/ou fertilizantes, mas precisam ser avaliados quanto aos riscos potenciais, principalmente quanto à concentração de patógenos ou metais pesados. Elementos como arsênio, cádmio, cobre, cromo, mercúrio e níquel podem estar presentes no lodo e são facilmente tratados por reações de redução e oxidação, adsorção, precipitação e complexação. Dependendo da alternativa correta para disposição final do lodo de esgoto, seu uso na agricultura como condicionador do solo e fonte de nutrientes para as plantas é considerado uma alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental.

A produção de tomate no Brasil aumentou nas últimas décadas, de uma produção total de 37,1 t ha-1 em 1990 para 64,8 t ha-1 em 2016. Sistemas de produção e culturas híbridas de maior rendimento, possivelmente associadas a maiores rendimentos. Dentre as novas tecnologias, a nutrição e adubação de plantas são elencadas como parâmetros essenciais para o sucesso de qualquer atividade agrícola. As recomendações de fertilizantes para tomates variam de acordo com o governo federal. Contudo, cultivares mais produtivos e exigentes em nutrientes vem sido implantados no mercado.

Para se obter o conhecimento sobre os períodos de maior exigência, tanto nutricional como de produção de massa seca ao longo do cultivo, estudos envolvendo curvas de absorção de nutrientes se mostraram excelentes ferramentas na obtenção de informações seguras a respeito de qual época é mais conveniente para a aplicação de fertilizantes, respeitando-se a demanda nutricional

Em 2014, a população mundial era de cerca de 7,26 bilhões de pessoas, segundo estimativas do Banco Mundial, se for seguido o padrão estatístico de crescimento histórico (1,2% ao ano), esse número chegará a 8 bilhões de pessoas até o final do ano. 2022. Esse crescimento contínuo, aliado à diversidade de alimentos produzidos e consumidos em diferentes partes do planeta, exige que a agricultura se renove a cada dia e seja capaz de fornecer o processo alimentar sem esquecer os fatores ambientais envolvidos em todo o processo produtivo (André, P.M., 2016). Segundo Siqueira e Moraes (2009) e Sanches (2013), o atual crescimento populacional e o consumismo excessivo são fatores causadores de danos ao meio físico, biológico e socioeconômico. A destinação inadequada dos resíduos torna-se, assim, um grande vilão da sustentabilidade econômica.

Segundo OLIVEIRA et al.(2016), as Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) foram criadas para reduzir o impacto ambiental do tratamento de efluentes. De acordo com MATOS et al. (2017), durante o tratamento de esgoto, uma grande quantidade de lodo é gerada e a disposição final desses resíduos requer muita atenção. Se não for gerenciado adequadamente, a grande quantidade de lodo produzido pode prejudicar até 50% do orçamento operacional do sistema de tratamento, implicando em sérias preocupações socioambientais e com alto potencial de cargas poluidoras (VISENTIN et al., 2017).

1.1. GERAÇÃO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DE LODOS

O crescimento das estações de tratamento de esgoto (ETE) brasileiras é uma tendência irreversível de sustentabilidade ambiental, pois a população gera mais resíduos domésticos e industriais, e os aterros sanitários recebem esses resíduos até a saturação (MACIEL et al., 2009). Conforme levantamento da ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020), houve no Brasil um avanço na construção de ETEs durante o período de 2013 a 2019, constituído pela adição de 900 novas unidades. A média brasileira de atendimento da população urbana com sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgotos é de 46,5%, o equivalente a 82,1 milhões de pessoas. Dados inéditos do Panorama Brasileiro de Resíduos Sólidos 2021 destacam que pela primeira vez a destinação ambientalmente correta de resíduos ultrapassa 60%, com cerca de 46 milhões de toneladas sendo armazenadas para este fim em aterro sanitário licenciado. Isso mostra a consolidação da tendência evolutiva de um problema ainda existente no país, que é a destinação inadequada de resíduos para aterros controlados e lixões a céu aberto (Meio Ambiente, 2021)

Segundo Jordan e Pessoa (2005) o esgoto doméstico inclui principalmente, parte da água da chuva, água do esgoto e, possivelmente, uma pequena parte do esgoto industrial, que tem características claras. Também contêm cerca de 99% de água, com o restante apresentando substâncias suspensas e dissolvidas (coloides e suspensas) orgânicas e inorgânicas e microrganismos (Von Sperling, 2005). Todo sistema de esgoto doméstico direciona seu efluente direta ou indiretamente para o corpo receptor formado por águas superficiais ou subterrâneas.

O processo de tratamento de esgoto consiste em um conjunto de operações unitárias que podem estabelecer um nível de adequação de esgoto compatível com os parâmetros de qualidade estabelecidos para a organização receptora. Na ETE, tais operações unitárias são utilizadas na remoção ou conversão de substâncias indesejadas ou ainda para convertê-las em substâncias aceitáveis (Jordão e Pessôa, 2005).

De acordo com Aisse, Fernandes e Silva (2001), as duas principais vias de biodegradação na natureza são a via aeróbia e anaeróbia, sendo a aeróbia realizada na presença de oxigênio pelos organismos aeróbicos ou facultativos e a anaeróbia, realizada na ausência de oxigênio, pelos microrganismos anaeróbicos ou facultativos. Lagoas de estabilização e facultativas e sistemas com injeção de ar (lodo ativado convencional e por aeração

prolongada, valos de oxidação, etc. correspondem aos tratamentos aeróbicos mais utilizados, enquanto os tratamentos anaeróbios mais frequentemente usados são reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo.

Segundo Van Haandel e Além Sobrinho (2006), os sólidos produzidos no processo de tratamento de efluentes são divididos em gradeados ou sólidos grosseiros (retidos nas grades), matéria inorgânica (areia e silte), matéria flutuante (com densidade menor que a água) e lodos primários (produzido pelo processo de tratamento primário - a matéria precipitável do esgoto bruto) e secundários (produzido pelo processo biológico, rico em matéria orgânica, nitrogênio e fósforo).

Ao final do processo de tratamento de esgotos na ETE, o lodo de esgoto é designado como produto final. Este produto pode ser descartado em aterro sanitário controlado, o que não é a melhor escolha, devido à possibilidade de liberação de gases poluentes, como gás metano e chorume (Paredes Filho, 2011). Após tratamento, processamento e / ou compostagem, o lodo de esgoto pode ser utilizado para a recuperação de áreas agrícolas, florestais e solos degradados por ser rico em nutrientes (Backes et al., 2009).

De acordo com o tratamento utilizado, as características do lodo de esgoto podem apresentar variações química, física e biológica em sua composição, dependendo também de fatores como a infraestrutura urbana e os hábitos da população (Backes et al., 2009).

A incorporação ao solo do lodo de esgoto pós tratamento, o qual possui constituição predominante orgânica, melhora a agregação das partículas, proporcionando aumento na macroporosidade, possibilitando maior aeração do solo e, consequentemente, maior retenção de água (Oliveira e Mattiazzo, 2001).

Um típico lodo de esgoto contém uma média aproximada de 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, sendo apenas cerca de 30 a 50 % do N total se encontre na forma mais disponível pelas plantas; 2% de fósforo e o demais micro (B, Cu, Fe, Zn, Mo, Cl, Mn, Ni) e macronutrientes (Mg, S e Ca), com ausência do potássio (Munhoz, 2001).

Apesar deste resíduo ser altamente rico em matéria orgânica, macro e micronutrientes, ele também contém uma parte de organismos patogênicos contaminantes (MELO, 2006). Dentre estes, os metais pesados e os que não degradam biológica ou quimicamente de forma natural (Jordão e Pessôa, 1995).

1.1.2 CULTURAS EM QUE O LODO VEM SENDO UTILIZADO

De acordo com a última Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA- de número 498 de 19 de agosto de 2020, o lodo de esgoto, após ser higienizado, deve comprovar os itens solicitados no documento para classificação e definir as restrições quanto ao uso do biossólido.

Fertilizantes minerais podem ser em partes substituídos pelo lodo de esgoto em diversas culturas, tais como milho, cana-de-açúcar, trigo, sorgo e também em culturas e cultivos de mudas para reflorestamento, como por exemplo pinus e o eucalipto. Por consequência, os custos de produção são reduzidos.

Dentre as culturas mais produzidas no Brasil, estão a soja, milho, mandioca, cana-de-açúcar e trigo.

Em nível de importância mundial, o milho segue sendo um dos cereais mais consumidos e produzidos pelo Brasil, perdendo apenas para o trigo. A cultura tem seu cultivar espalhado por todo o território nacional, sendo de grande importância econômica e nutricional. Segundo Palhares (2003), em termos de produção, o Brasil se encontra em terceiro lugar, estando atrás apenas da China e EUA. De acordo com Abimilho (2021), o Brasil continua em terceiro lugar em produção de milho, com 109 milhões de toneladas, seguindo Estados Unidos com 360,3 e China com 260,7 milhões de toneladas, respectivamente.

O milho é de suma importância para a fabricação de ração para animais, e também, para a fabricação de etanol (Coelho, 2010). Conforme Abimilho (2021), o consumo de milho para produção de etanol foi de 7.840 t/ano versus 1.709 t/ano para consumo animal e de 1.625 t/ ano para consumo humano.

Nacionalmente, o sorgo é utilizado para compor a silagem para o gado. Atualmente existem diversas variedades no mercado para atender a demanda deste tipo de cultura. (Silva et al., 2005).

O eucalipto por sua vez, é muito utilizado na produção de celulose, sendo que em 2006 sua produção foi de 11,2 milhões de toneladas, gerando um acumulado de 8,7 milhões de toneladas de papel (Vital, 2007).

O tomateiro é a mais importante dentre as hortaliças com frutos produzidos no Brasil, sendo muito exigente nos tratos culturais, com destaque para o manejo nutricional. A produção de tomates no Brasil ocupou, em 2012, a oitava posição mundial, destinado para mesa e indústria, com aproximadamente 3,7 milhões de toneladas (IBGE, 2016).

A cultura do trigo é a maior em consumo e produção mundial, tendo em vista que o mesmo, o arroz e o milho são os cultivares que utilizam em torno de 60 % dos fertilizantes nitrogenados (Sala, 2006).

2. OBJETIVO

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) pertencente ao Município de Itapetininga, SP, higienizado com cal hidratada, para a produtividade de tomates cereja e caracterização dos micronutrientes nos frutos.

3.MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste experimento, foi utilizado o Lodo de esgoto (LE) proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da SABESP, do município de Itapetininga-SP, gerado a partir do sistema de lagoa de estabilização, caleado a 35% de Sólidos Totais (ST) e Esterco Curtido (EC), adquirido em sítio local e usado como outra fonte de fertilizante, para fins de comparação.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO (LE)

A caracterização do LE puro foi realizada conforme os critérios exigidos pela Resolução 498 de 19 de Agosto de 2020 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, pelas empresas especializadas e certificadas CEIMIC e DIGIMED (responsável pelo ensaio de enterovírus), e apresentou os seguintes valores:

Potencial Agronômico: Carbono Orgânico: 4,36%; P: 5200 (mg kg-1); N-Kjeldahl: 5965 (em mg kg-1); N-Amoniacal: 347,1 (em mg kg-1); N-Nitrato: 11,6 (em mg kg-1); N-Nitrito: 0,481 (em mg kg-1); pH (em água 1:10): 7,08; K: 412 (em mg kg-1); Na: 172 (em mg kg-1); S: 8075 (em mg kg-1); Ca: 3870 (em mg kg-1); 747 (em mg kg-1); Umidade: 80,297%; Sólidos totais: 19,5 %; Sólidos voláteis: 61632 (em mg kg-1).

Substâncias Químicas: As:3,08 (em mg kg-1); Ba: 136 (em mg kg-1); Cd: <1,23 (em mg kg-1); Pb: <1,23 (em mg kg-1); Cu: 74,8 (em mg kg-1); Cr: 14,3 (em mg kg-1); Hg: 0,314 (em mg kg-1); Mo: < 1,23 (em mg kg-1); Ni: < 2,47 (em mg kg-1); Se: 11,5 (em mg kg-1); Zn: (em mg kg-1).

Qualidade Microbiológica: Coliformes Termotolerantes: 0,33 NMP⁄g ST; Ovos viáveis de Helmintos: < 0,010 ovos⁄g ST; *Salmonella ssp*: Ausência em 10g de ST, Vírus Entéricos: Ausente em 1g de ST.

Redução de atratividade de vetores: Elevação do pH de 7,08 para 12,5 por 22h com a adição de cal hidratada na proporção de 35% de Sólidos Totais (ST).

De acordo com os resultados, foi possível classificar o LE em um biossólido Classe A, pois contém E.Coli<10^3g/ST e também processo de redução de patógenos, Classe 01, pois todas as substâncias químicas estão abaixo do limite requerido pela Resolução 498/20 do CONAMA, o LE possui uma fração de Sólidos Voláteis/Sólidos Totais igual a 0,42, e o exigido pela norma é de 0,65, e o lodo também é proveniente de lagoa de estabilização, o que confere que este biossólido pode ser utilizado na agricultura. A Figura 1 ilustra a coleta do Lodo de Esgoto (LE) na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da SABESP, no município de Itapetininga-SP.



Figura 1. Coleta do Lodo de Esgoto na ETE de Itapetininga-SP. Foto: (próprio autor)

3.1.1 HIGIENIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO

Foram pesados 3 Kg de LE em balança semi analítica da marca MARTE®, modelo AD 4200, e adicionados 204,75 g de cal hidratada, na proporção de 35% de Sólidos Totais - ST - (O LE utilizado continha 19,5% de ST) e 2,1 L de água deionizada. A mistura foi homogeneizada e permaneceu em descanso por 30 dias em recipiente fechado para retenção do calor e absorção de umidade, assim como de retenção de amônia, para posterior utilização. O biossólido higienizado e o esterco foram secos em estufa de secagem modelo 219 da marca FABBE PRIMAR® a 60◦C por 12h, triturados e peneirados em peneira Mesh de 1mm, para então ser pesado, incorporado ao substrato nas devidas proporções e analisado os metais e micronutrientes presentes na mistura. A Figura 2 ilustra o Lodo de Esgoto Caleado (LEC) após 30 dias de maturação.

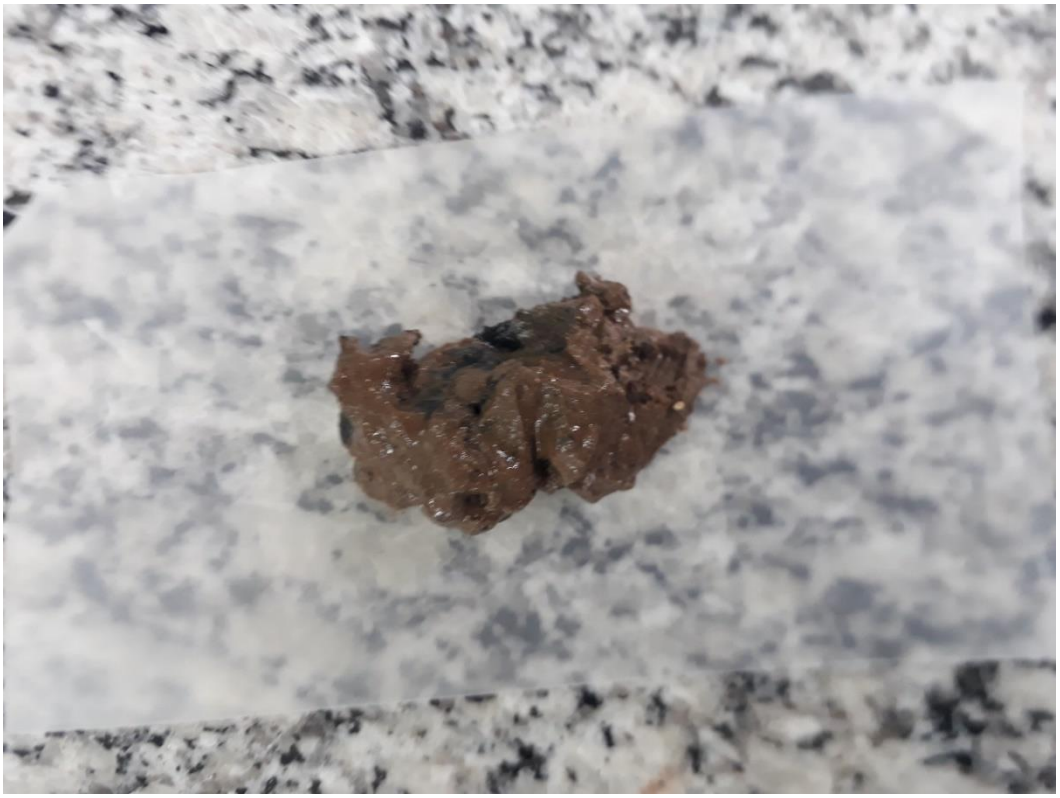


Figura 2. Lodo de Esgoto caleado (LEC) após 30 dias de maturação com cal hidratada. Foto: (próprio autor)

As Figuras 3, 4 e 5 ilustram a torta de Lodo de Esgoto Caleado – LEC, após o processo de maturação e secagem em estufa, durante e ao final do processo de peneiramento, estando pronto para utilização no experimento e ensaio de micronutrientes.



Figura 3. Torta de LEC após saída da estufa. Foto: (próprio autor)

O processo de peneiramento do LEC levou em média 3 horas, pois foi necessário passar a torta em peneira Mesh de 19 mm, para em seguida, a amostra ser peneirada em 1 mm.



Figura 4. Processo de peneiramento do LEC. Foto: (próprio autor)



Figura 5. Lodo de Esgoto Caleado pronto para utilização. Foto: (próprio autor)

3.1.2 DETERMINAÇÃO DE MICRONUTRIENTES BORO (B), COBRE (CU), FERRO (FE), MANGANÊS (MN), NÍQUEL (NI) E ZINCO (ZN) NO LODO DE ESGOTO CALEADO (LEC) E NO ESTERCO CURTIDO (EC).

Para realização das análises de B, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn no biossólido e esterco, foram pesados 0,5g do material já peneirado (LEC e EC) em balança eletrônica analítica marca TOLEDO® modelo Prix AS4 e realizada a digestão em microondas com 3 ml de HNO_3 e 2 ml de HCl e 25 ml de água deionizada, seguida de leitura por Espectrometria de emissão óptica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Para a calibração do equipamento, foram utilizados os seguintes comprimentos de onda: B (λ = 249,772 nm), Cu (λ = 327,393 nm), Fe (λ = 238,863 nm), Mn (λ = 257,610 nm), Ni (λ = 231,604 nm) e Zn (λ = 202,548 nm).

3.1.3. DETERMINAÇÃO DAS DOSAGENS DE LODO DE ESGOTO CALEADO (LEC) E ESTERCO CURTIDO (EC) PARA O EXPERIMENTO.

Adotou-se o como referência o Boletim 100, que recomenda as doses de adubação para os diferentes tipos de cultura no Estado de São Paulo. Foi determinado que as doses seriam a menor, intermediária, máxima e o dobro da dose máxima recomendada para o cultivo de tomate estaqueado. As altas doses de lodo e de esterco utilizadas tiveram o objetivo de intensificar a absorção e/ou toxidez por metais, bem como avaliar o seu efeito residual para os frutos do tomateiro.

Em virtude deste experimento ter sido realizado em pequena escala, no caso, vasos, houve a necessidade de se converter as medidas agrícolas comumente utilizadas (toneladas por hectare – t/ha), recomendadas no Boletim 100, multiplicando-se o valor da dose em t/ha por 0,5 para determinar o valor da dose em g/kg de substrato. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema 1 substrato x 2 tratamentos (LEC e EC) x 4 doses (10; 12,5; 15 e 30 g/kg substrato) x 3 repetições x 2 complementações KCl 1%), sendo realizada após as primeiras flores aparecerem e 15 dias em seguida, além do tratamento Controle (C), que não recebeu nenhum tipo de nutriente, totalizando 17 parcelas e 51 vasos. As etapas do trabalho compreenderam a germinação, transplante, colheita dos tomates e ensaios.

As sementes de tomate cereja foram adquiridas em comércio local, germinadas em sementeira plástica, conforme Figura 6, e transplantadas para vasos de 1L de capacidade, cada qual com sua dose de nutriente e substrato.



Figura 6. Mudas de tomate cereja após germinação em sementeiras.

O experimento levou em média 120 dias, entre germinação e obtenção dos frutos. Os vasos foram dispostos na varanda de minha residência, um local arejado, onde sol e chuva puderam seguir colaborando com

o desenvolvimento do experimento, e também, com duas regas diárias, uma pela manhã e outra ao anoitecer. As mudas de tomate cereja foram transplantadas para os vasos, com o LEC ou ES misturado ao substrato de uma única vez, e identificados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Dosagens de Lodo de Esgoto caleado (LEC) e Esterco Curtido (EC).

Tratamento	Dose LEC ou ES (g⁄kg substrato)	Adição de KCl 1%
T1	10g LEC	X
T2	12,5g LEC	X
T3	15g LEC	X
T4	30g LEC	X
T5	10g EC	X
T6	12,5g EC	X
T7	15g EC	X
T8	30g EC	X
T9	10g LEC	2 mL
T10	12,5g LEC	2 mL
T11	15g LEC	2 mL
T12	30g LEC	2 mL
T13	10g EC	2 mL
T14	12,5g EC	2 mL
T15	15g EC	2 mL
T16	30g EC	2 mL
CONTROLE	Sem nutriente	Sem complementação

Ao final do período de colheita os vasos foram fotografados, cada tratamento com suas triplicatas conforme Figura 7, as raízes e parte superior do cultivo foram secas a 60 °C até atingirem peso constante, medidas e pesadas, e os frutos, pesados, quantificados e analisados.



Figura 7. Triplicata de vasos pré-colheita de tomates cereja.

3.1.4 DETERMINAÇÃO DE MICRONUTRIENTES BORO (B), COBRE (CU), FERRO (FE), MANGANÊS (MN), NÍQUEL (NI) E ZINCO (ZN) NOS FRUTOS DO TOMATEIRO PÓS COLHEITA.

Para realização das análises de micronutrientes e metais nos frutos, os tomates foram dispostos em celas de porcelana conforme Figura 8 e colocados em estufa a 40 °C até secagem, triturados e pesados 0,5 g do material em balança eletrônica analítica marca TOLEDO® modelo Prix AS4 de cada amostra, para então ser feita a digestão em microondas e leitura em ICP-OES dos micronutrientes, de acordo com a metodologia descrita pelo Standart Methods (2020).



Figura 8. Tomates cereja antes de serem colocados na estufa.

A Figura 9 ilustra as amostras já digeridas em microondas e prontas para a realização dos ensaios de micronutrientes no equipamento.

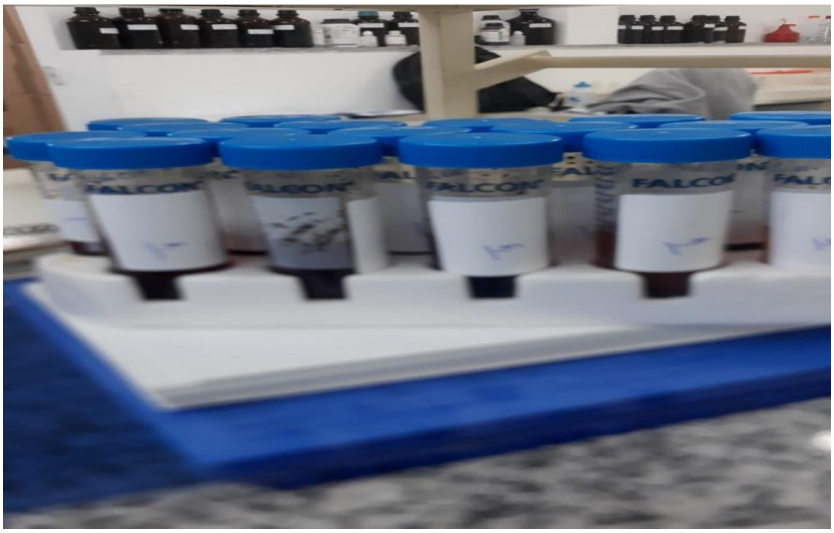


Figura 9. Amostras dos frutos prontas para o ensaio por ICP-OES.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise biométrica de crescimento, expresso por meio do acúmulo de massa seca e nutrientes, pode ser útil no estudo do comportamento vegetal sob diferentes condições ambientais. Este parâmetro permite a avaliação do crescimento final da planta como um todo e auxiliar nas adubações, através da quantificação dos níveis acumulados de nutrientes (FELTRIM et al., 2008).

Para avaliar o crescimento das plantas deste estudo, foram determinados número e peso de frutos, produção de massa seca das raízes e da parte aérea das plantas, bem como seus comprimentos, demonstrados nos Gráficos 1 e 2, e quantificados os micronutrientes nos frutos do tomateiro.

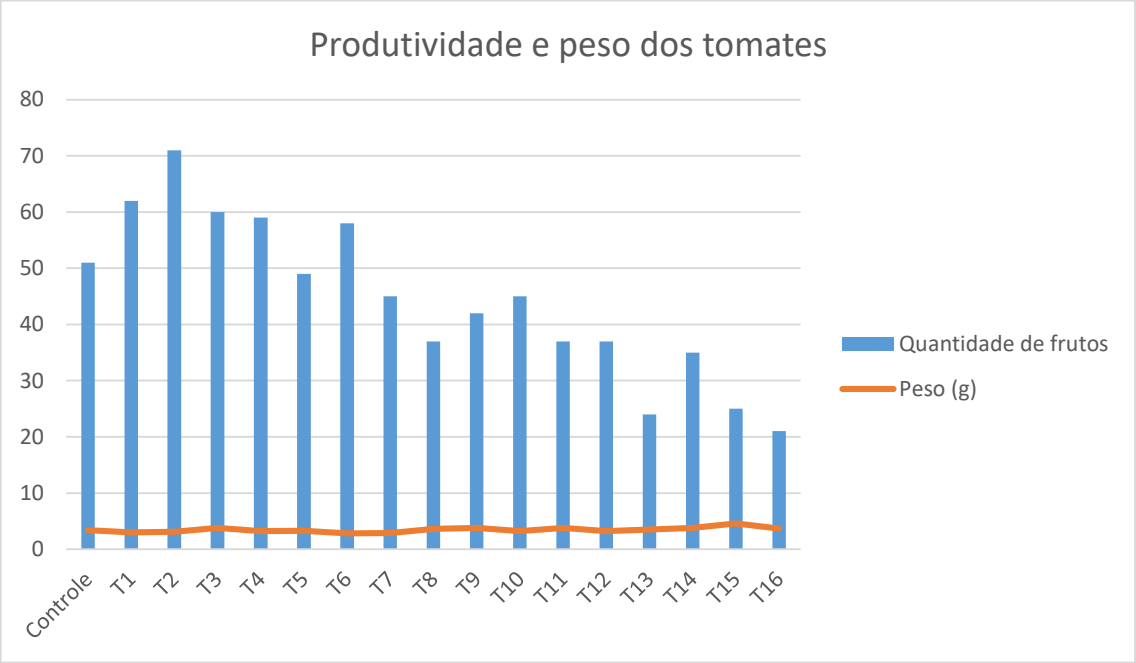


Gráfico1. Quantidade de frutos e peso médio de frutos produzidos.

A quantidade e peso de frutos variou bastante dentre os tratamentos utilizados, conforme demonstram os dados apresentados no Gráfico 1.

Estudando tomates cereja, Fernandes et al. (2007), obtiveram uma correlação positiva entre diâmetro equatorial e peso do fruto, chegando à conclusão de que tomate cereja pode ser classificado pelo diâmetro ou pela massa, não sendo necessário a utilização dos dois parâmetros para a classificação do fruto, sendo eles gigantes (> 35 mm); grandes (> 30 mm e < 35 mm); médios (> 25 mm e < 30 mm) e pequenos (> 20 mm e < 25 mm).

De acordo com os resultados obtidos, onde foi adicionado apenas o Lodo de Esgoto Caleado (LEC), a quantidade de frutos produzidos foi a maior, quando comparadas a todos os outros tratamentos Controle (C), aos tratamentos com LEC mais a complementação de KCl 1%, e a todos os tratamentos com Esterco Curtido (EC). Também foi constatado que a quantidade de frutos produzidos diminuiu quando da adição de KCl 1% se comparadas aos tratamentos de LE sem este complemento.

Stertz et al. (2005) observaram que os tomates cereja cultivados em sistema orgânico produziram frutos com maior massa, diâmetro e densidade, quando comparados aos manejos convencionais e isto provavelmente se deve a fatores, tais como teor de nutrientes do solo, matéria orgânica, fósforo, capacidade de retenção de água e potássio. Já para Silva & Giordano (2000), peso e tamanho do fruto estão relacionados, entre outros fatores, ao índice pluviométrico e à quantidade de água utilizada na rega, o que determinará a concentração de substâncias solúveis e o sabor dos frutos.

Para os tratamentos com o Esterco Curtido (EC), observou-se que os vasos que não receberam a adição de KCl 1% produziram mais frutos do que as que receberam a adição do complemento, e que houve diminuição na quantidade de tomates do tratamento sem para o com suplementação de KCl 1%, respectivamente. Foi

possível constatar também, que penas o tratamento com dose intermediária de EC (T6) produziu mais frutos que o Controle (C).

De acordo com Ceagesp (2004), o tomate é classificado associando-se a coloração do fruto, tipo ou categoria e também com relação ao tamanho do mesmo.

Analisando o Gráfico 1, foi observado que a maioria dos tratamentos, tanto de LEC como EC tiveram uma produção de frutos com peso médio em torno de 3g, com exceção dos tratamentos T15, com 4,6g de peso médio dos frutos, seguido de 3,8 g dos tratamentos T3, T9 e T11, por peso médio de frutos produzidos.

O Gráfico 2 abaixo nos mostra os valores de produção de massa seca dos caules e folhas, raízes, bem como seus respectivos pesos médios, visto que todo o experimento foi realizado em triplicata para cada tratamento

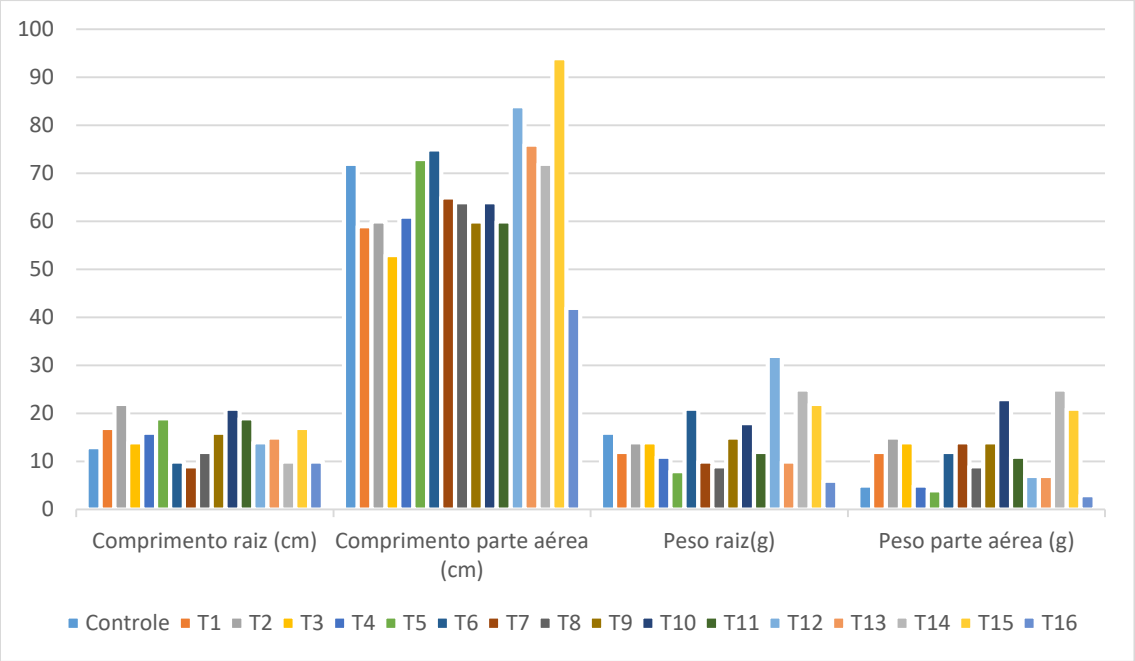


Gráfico 2. Produção e peso de massa seca das raízes e parte aérea das plantas.

Segundo Marschener (1995), Fayad et al. (2002) e Grangeiro et al. (2005), as folhas são o órgão da planta com maior concentração de nutrientes e massa seca. No início do processo de reprodução, carboidratos e outros compostos são translocados das folhas para os frutos. Em estudo pioneiro realizado com tomateiro Santa Cruz (Gargantini & Blanco, 1963), ficou constatado que esta tendência é inerente ao tomateiro, porém com variações em função de ambiente e genótipo.

Conforme visualização do Gráfico 2, podemos verificar que os tratamentos que mais desenvolveram, em média de comprimento das raízes, foram o T10 (12,5g de LEC +KCl 1%), com 21 cm de raiz, e o tratamento T2 (12,5 g de LEC) com 22 cm de raiz. Já os tratamentos T15 (15g EC + KCl 1%) e T12 (30g de LEC + KCl 1%), com 94 cm e 84 cm de desenvolvimento da parte aérea da planta respectivamente, foram as que mais se desenvolveram.

Quando analisamos o parâmetro peso da raiz, constatamos que o tratamento T12, seguido de T15 foram os que mais produziram massa de raízes, enquanto que o T14, com 25g de peso de massa da parte aérea da planta vem seguido do T10, com 23g de produção.

Para a avaliação dos micronutrientes disponíveis no LEC, no EC e nos frutos de todos os tratamentos mais o controle (C), observamos os dados contidos na Tabela 2 e nos Gráficos de 3 a 4, expressos em mg/l.

Tabela 2. Teores de micronutrientes no Lodo Caleado 35% (LEC) e Esterco Curtido (EC) antes da incorporação ao substrato.

METAIS	LE 35%	EC
B	5,44	0,8
Cu	1,43	26
Fe	537	972
Mn	4,24	142
Ni	0,25	2
Zn	6,17	160

.

Os resultados expressos na Tabela 2 mostraram que o teor de micronutrientes ofertados pelos dois tratamentos diferem bastante entre si, sendo o EC o que contém maior concentração dos mesmos.

Apesar de estar em concentrações menores do que CORREIA (2009) e FIA (2005) encontraram, os valores determinados de Zn e Cu destas amostras estão de acordo com os parâmetros de conformidades exigido pelo CONAMA, sendo apto ao uso na agricultura.

No Gráfico 3, são apresentados os acúmulos de micronutrientes nos tomates dos tratamentos com LEC.

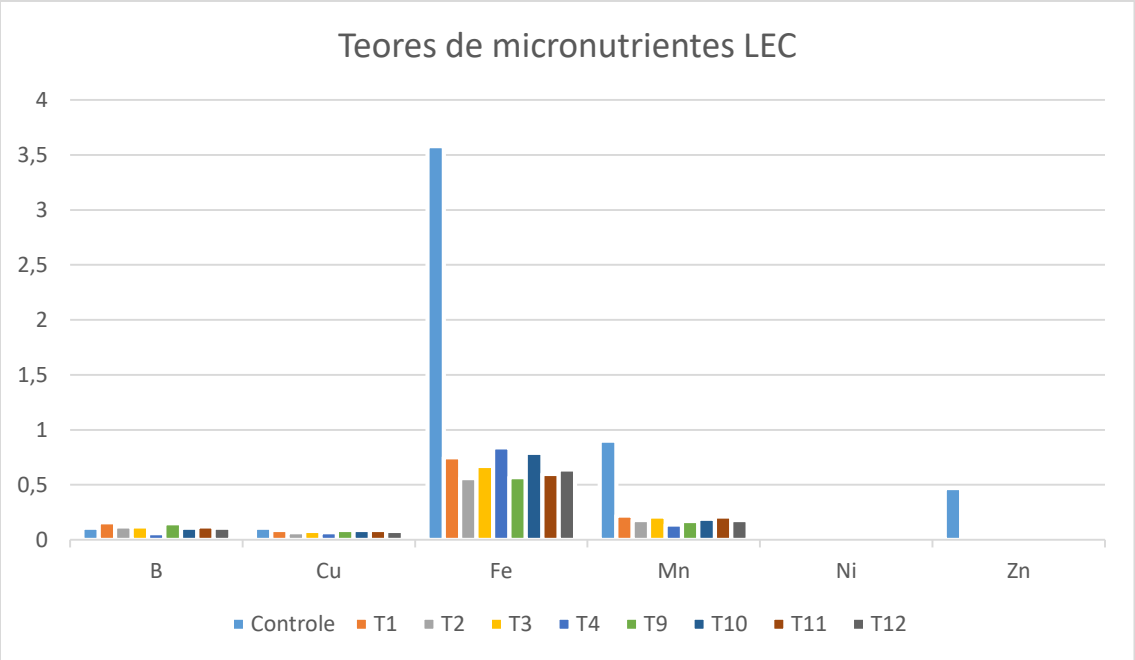


Gráfico 3. Teores de micronutrientes nos frutos dos tratamentos com LEC.

Observamos no Gráfico 3 que o Tratamento T1 foi o que mais acumulou B e Mn. A concentração de Zn e Ni foi a mesma para todos os tratamentos. A concentração de Cu foi a mesma para a maioria dos tratamentos, com exceção para T2, T3, T4 e T12, que foi abaixo de 0,09 mg/l, e todos abaixo do controle (C), com 0,11 mg/l. O tratamento T4 foi o que mais acumulou Fe nos frutos, seguido de T10 e T1, respectivamente, e todos com teor menor que o tratamento controle (C). O tratamento controle (C) foi o que mais acumulou os micronutrientes, quando comparados a todos os tratamentos com LEC, com exceção do micronutriente Boro, onde o T1 foi o que maior teor acumulou nos frutos.

O acúmulo de micronutrientes nos tratamentos com EC estão representados no Gráfico 4, conforme resultados do ensaio de ICP-OES.

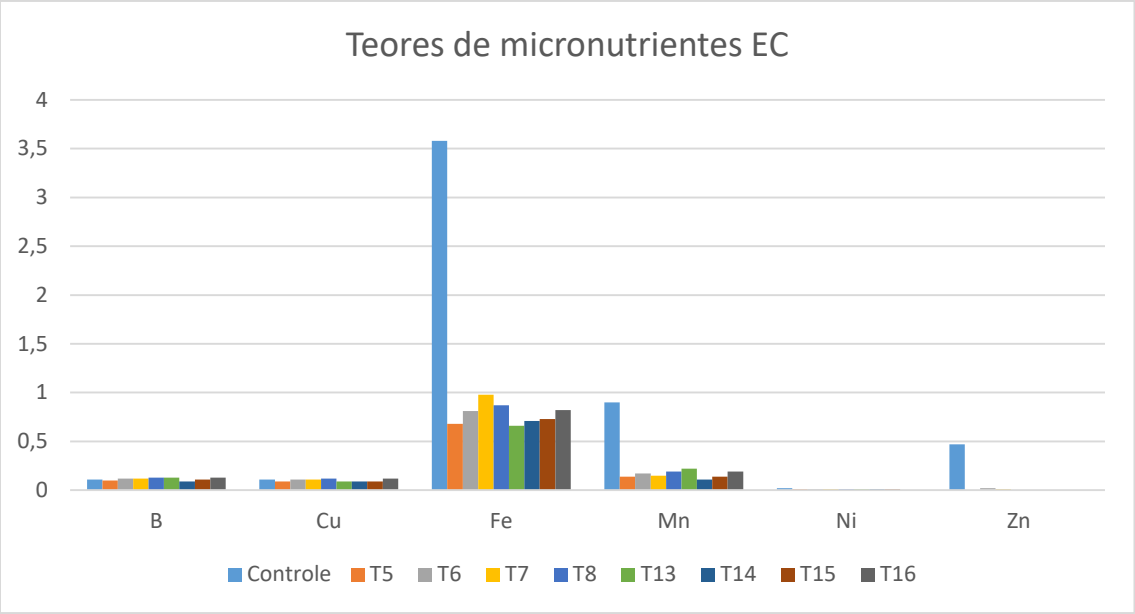


Gráfico 4. Teores de micronutrientes nos frutos dos tratamentos com EC.

A análise indicou que dos tratamentos utilizando-se o EC, o T8, T13 e T16 foram os que mais acumularam B. Já T8 3 T16 apresentaram maior concentração de Cu nos frutos. T7 e T8 apresentaram os maiores teores acumulados de Fe nos frutos, inclusive quando comparados aos tratamentos com LEC, porém com menor teor quando comparados ao tratamento controle (C). O micronutriente Mn esteve mais acumulado nos frutos do tratamento controle (C), seguido dos tratamentos T13 e T8. Ni e Zn também estiveram presentes em maior concentração no tratamento controle (C).

5. CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos neste estudo, podemos concluir que:

- O uso do Lodo de Esgoto caleado a 35% foi eficaz no aumento de produtividade quando utilizada a dose intermediária recomendada pelo Boletim 100, sem a necessidade de complementação por KCl 1%.
- O Tratamento T2, com 12,5g de Lodo de Esgoto caleado (LEC) foi o tratamento com maior produtividade de frutos dentre todos os experimentos, mesmo com um peso médio abaixo da média geral dos tomates cereja.
- Todos os tratamentos onde foram utilizados apenas o Lodo de Esgoto caleado (T1 a T4), sem adição de KCl 1%, tiveram maior produtividade quando comparados aos demais tratamentos e ao tratamento Controle (C).
- O peso médio dos tomates, neste experimento, foi em torno de 3,5 g, com exceção do tratamento T15 (com 15g de Esterco Curtido e adição de KCl 1%), com 4,6g.
- O tratamento Controle (C) foi o que mais concentrou micronutrientes nos frutos, com exceção do Boro, que foi mais acumulado no T1.

6.REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA, 2020. Levantamento da ANA aponta aumento expressivo no número de estações de tratamento de esgotos no Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/levantamento-da-ana-aponta-aumento-expressivo-no-numero-de-estacoes-de-tratamento-de-esgotos-no-brasil>. Acesso em 15 de Abril de 2022.

*AGRIANUAL. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira,** 1999*. FNP Consultoria e Comércio, São Paulo: Editora Argos. Comunicação. 521 p. Disponível em: http://www.agrianual.com.br/. Acesso em: 29 de Março. 2022.

AISSE, M. M.; FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. In: ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F .2001. Aspectos tecnológicos e de processos. **Reciclagem de biossólidos – Transformando problemas em soluções.** Finep, 2. ed., p. 49-119.

ALLOWAY, B. J. Heavy metals in soils. John Wiley & Sons. New York, 1990, 339 p.

ANDRÉ, P. M., 2016. ***Normatização do uso de efluentes e lodos na agricultura no Estado de São Paulo: cenário atual e perspectivas.*** *Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. Disponível em* https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2016/06/Andr%C3 %A9-Perandin-de-Melo-TCC-CEGEA-Final.pdf. Acesso em 07 de dezembro 2021.

ANDREOLI, C. V.; DE LARA, A. I., FERREIRA, A. C.;BONNET, B. R. P., PEGORINI, B. R. P.,1998. A Gestão dos Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgoto Doméstico In. Engenharia e Construção, Curitiba, 1998, n. 24.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO - ABIMILHO, 2022. **Estatísticas de milho.** Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas>

BACKES, C. et al. Uso de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda. ***Ciência Rural****, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1045–1050, 2009.*

CEAGESP. ***Classificação do tomate****. 2004, 16 de outubro. Disponível em < www.ceagesp.com.br >. Acesso em 18 de Julho de 2021.*

CEFS. Comissão Estadual de Fertilidade do Solo .1989. ***Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia****. 2.ed. Salvador: CEPLAC/EMATERBA, EMBRAPA, EPABA/NITROFETIL. p.176.*

CFSEG. Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás .1988. ***Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5a aproximação****. Goiânia: UFG/EMGOPA. p.101.*

COELHO, Ângela Mello. 2010. ***Comparação de métodos de estimação de componentes de variância e parâmetros genéticos considerando o delineamento III aplicado a caracteres quantitativos em milho****. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, Piracicaba,101 p.*

CORREIA, Joelande Esquivel. 2009. ***Caracterização físico-química e microbiologica do lodo na estação de tratamento de esgoto contorno feira de santana,*** *BA. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 82 p.*

COSTA, M.S.S. de M.; COSTA, L.A. de M.; DECARLI, L.D.; PELÁ, A. SILVA, C.J.;
MATTER, U.F.; OLIBONE, D. 2009. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. ***Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental****, v.13, n.1.*

CQFS RS/SC - Comissão de química e fertilidade do solo - RS/SC (2004). ***Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina****. Porto Alegre: SBCS-NRS/EMBRAPA-CNPT. p.400.*

EMATER. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Governo do Distrito Federal. (1987). ***Recomendações para o uso de corretivos, matéria orgânica e fertilizantes para hortaliças****: Distrito Federal: 1a. aproximação. Brasília, DF: EMATER-DF. p.50.*

FARIA Luiz Carlos de. 2007. ***Uso do lodo de esgoto (biossólido) como fertilizante em eucaliptos: demanda potencial, produção e crescimento das árvores e viabilidade econômica****. Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 105p.*

FAYAD, J. A., FONTES, P. C. R., CARDOSO, A. A., FINGER, F. L. e FERREIRA, F. A. 2002. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. ***Horticultura Brasileira****, Brasília, v. 20, n. 1, p. 90-94.*

FELTRIM AL; CECÍLIO FILHO AB; REZENDE BLA; BARBOSA JC. 2008. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. Horticultura Brasileira 26: 50-55.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E. e BRAZ, L. T. 2007. ***Classificação de Tomate-Cereja em Função do Tamanho e Peso dos Frutos.*** *Horticultura Brasileira, vol.25, n.2, p.275-278.*

FIA, Ronaldo; MATOS, Antonio Teixeira de; AGUIRRE, Carmen Iribarren. 2005. Características Químicas de Solo Adubado com Doses Crescentes de Lodo de Esgoto Caleado. ***Engenharia na Agricultura****, Viçosa, n°4, v. 13, outubro/dezembro p.297-99.*

FRÉSCA, F. R. C. 2007. ***Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física****. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos - SP. recipientes. Ciência Rural, Santa Maria, v. 32, p. 937-944.*

GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. 1963. ***Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro****. Bragantia, 56, p. 693-713.*

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; 2005. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. ***Horticultura Brasileira****, Brasília, v. 23, n. 3, p. 763-767.*

GRANGEIRO, L. C., MENDES, M. A. S., NEGREIROS, M. Z., SOUZA, J. O. e AZEVÊDO, P. E. 2005. Acúmulo e exportação de nutrientes pela cultivar de melancia Mickylee. ***Revista Caatinga*** *18. p.73-81.*

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2016. ***Censo Agropecuário****. Disponível em : http://www.ibge.gov.br. Acesso em 20 de Agosto de 2021.*

JORDÃO, E.P; PESSOA, C.A. 1995. ***Tratamento de Esgotos Domésticos****. 3.ed., Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 681 p.*

*JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C.A. 2005.****Tratamento de esgotos domésticos.*** *Rio de Janeiro: Segrac, 4. ed., 932 p.*

MACIEL, C. A. C. et al. 2009. ***Reutilização do lodo de ETE industrial na cultura de mudas de feijão****. Espirito Santo do Pinhal: UNIPINHAL.,14 p.*

MARSCHNER, H. 1995. ***Mineral nutrition of higher plants****. San Diego: Academic Press. 2ª Ed. p. 889.*

MATOS, A. C. M.; ISEWAKI, N. T. 2017. Anais. Belo Horizonte, CEMEA. ***Alternativa de aplicação de lodo de estação de tratamento de esgoto em cobertura de aterros sanitários****. In: CONGRESSO MINEIRO DE ENGENHARIAS E ARQUITETURA.*

MUNHOZ, R.C. 2001. ***Disponibilidade de fósforo para o milho em solo que recebeu lodo de esgoto.*** *Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 74p.*

OLIVEIRA, D. D.; ALMEIDA, E. S.; CARDOSO, L. S.; VIANA, J. D. 2016. ***Produção de Blocos de Concreto Empregando Efluente Tratado por Lodos Ativados e por Lagoas de Estabilização.*** *Revista Virtual de Química, v.8, n.4, p.1054-1066.*

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. 2001. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. ***Scientia Agricola****, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 581–593.*

PALHARES, Marcos. ***Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho****. 2003. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 90p.*

PAREDES FILHO, M. V. 2011Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola. ***Revista Agroambiental****, Pouso Alegre, v. 3, n. 3, p. 73-80.*

PURQUERIO, L. F. V., DORATIOTO, T. R., OLIVEIRA, A. H. V., MORAES, L. A. S., CALORI, A. H. e FACTOR, T. L. 2012. Absorção de macronutrientes pelo híbrido de tomate Gault. ***Horticultura Brasileira*** *30: S6644-S6651.*

REVISTA MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL, 2021. **Panorama dos Resíduos Sólidos brasil: geração de resíduos chega a 82,5 milhões ton/ano no brasil e aumenta 4% com brasileiro em casa durante a pandemia da covid-19.** Disponível em: <https://rmai.com.br/abrelpe-lanca-panorama-dos-residuos-solidos-no-brasil-2021/#:~:text=Durante%20o%20per%C3%ADodo%20da%20pandemia,07%20kg%2Fhab%2Fdia>.

RIBEIRO, A. C., GUIMARÃES, P. T. G. E ALVAREZ, V. H. 1999. ***Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais****: 5ªª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p. 359.*

SALA, Valéria Mariano Rodrigues. ***Resposta da cultura do trigo aos novos endófitos, Achromobacter e Zoogloea, em condições de campo****. 2006. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 139p.*

SANCHEZ, L. E. 2013. ***Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos****. São Paulo: Oficina de Textos, 2° ed. 584p.*

SILVA, Alessandro Guerra; BARROS, Alexandre Stremel; TEIXEIRA, Itamar Rosa. Avaliação Agronômica de Cultivares de Sorgo Forrageiro no Sudoeste do Estado de Goiás em 2005. ***Revista Brasileira de Milho e Sorgo****, 2007, v.6, n°1, p. 116-127.*

SILVA, J. B. C. e GIORDANO, L. B. 2000. ***Tomate para processamento industrial.*** *Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 168 p.*

SIQUEIRA, M.M.; MORES, M.S. 2009. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. ***Revista Ciência Saúde Coletiva****, v. 14, n.6.*

Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 23 ed., 2017.

STERTZ, S. C.; ESPIRITO SANTO, A. P.; BONA, C. e FREITAS, R. J. S. 2005 ***Comparative morphological analysis of cherry tomato fruits from three cropping systems****. Scientia Agricola, vol.62, n.3, p. 296-298.*

TRANI, P. E. e RAIJ, B. Van. Hortaliças. In: Raij, B. Van, Cantarella, H., Quaggio, J. A. e Furlani, A. M. C.1997. ***Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo****. 2ª ed. Ver. Atual. Campinas: IAC. p. 285.*

VAN HAANDEL, A.; ALÉM SOBRINHO, P. Produção, Composição e Constituição de Lodo de Esgoto. In: ANDREOLI, C. V. et al. 2006. ***Biossólidos – alternativas de uso de resíduos de saneamento.*** *Projeto Prosab. Rio de Janeiro: Abes/RJ, cap. 3, p. 28-48.*

*VISENTIN, R.; MATEUS, C. M. D. A.; ESPERANCINI, M. S. T.; BOAS, R. L. V.; CRUZ, C. V. 2017. Anais. Porto Alegre.****Compostagem de lodo de esgoto em Botucatu: avaliação preliminar de custos.*** *In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.*

VITAL, Marcos H. F.2007. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. ***Revista do BNDES****, Rio de Janeiro, n°28, v. 14, p. 235-76.*

VON SPERLING, M. V.2005. ***Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos****. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 3. ed., 452 p.*

VON SPERLING, M.V., ANDREOLI, C.V., Introdução.In: ANDREOLI et al. 2001. ***Lodos de esgotos: Tratamento e disposição final.*** *Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, cap.1, p. 13-16.*