

Florescimento e formação de vagens de soja em cultivo com lodo de esgoto e água residuária: resposta qualitativa

Ana Carolina Barbosa Kummer¹, Helio Grassi Filho², Thomaz Figueiredo Lobo³

Resumo: É crescente o interesse a respeito da necessidade de reaproveitamento de resíduos sólidos e líquidos de origem orgânica, principalmente na agricultura. A fim de garantir a disposição adequada destes, varias linhas de pesquisa se tornam necessárias, entre elas o reaproveitamento agrícola. Sendo assim, objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito da adição do lodo de esgoto compostado e da irrigação com água residuária sobre o florescimento e a formação de vagens da cultura da soja. O estudo foi conduzido em ambiente protegido, na Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, campus de Botucatu/SP. Utilizou-se o lodo como substituto parcial, total e em dose superior da adubação nitrogenada mineral recomendada para a cultura. Estudou-se 2 tipos de água para irrigação (água residuária - AR e água de abastecimento - AB) e 7 níveis de adubação nitrogenada assim definidos: N1 = sem adubação nitrogenada; N2 = 100% de adubação nitrogenada via uréia; N3 = 50% de adubação nitrogenada via uréia + 50% de adubação nitrogenada via lodo de esgoto compostado – LEC; N4 = 100% de adubação nitrogenada proveniente do LEC; N5 = 150% de adubação nitrogenada proveniente do LEC; N6 = 200% de adubação nitrogenada proveniente do LEC; e N7 = 250% de adubação nitrogenada proveniente do LEC. A substituição da adubação nitrogenada convencional pelo lodo de esgoto e a irrigação com água residuária de estação de tratamento de esgoto favoreceram o florescimento bem como a formação de vagens em plantas de soja.

Palavras-chave: resíduo orgânico; fertirrigação; fenologia; *Glycine max* L.

Flowering and pod formation in cultivated soybeans with sewage sludge and wastewater: qualitative response

Abstract: There is growing concern about the need to reuse of solid and liquid wastes of organic origin, mainly in agriculture. In order to ensure proper disposal of these, several lines of research become necessary, such as the agricultural reuse. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of the addition of composted sewage sludge and irrigation with wastewater on flowering and forming pods of soybean. The study was conducted in greenhouse at the Faculty of Agricultural Sciences, UNESP, Botucatu/SP. Sludge was used as partial, total, and in the higher dose recommended as mineral nitrogen fertilizer substitute. We studied two types of irrigation water (wastewater – WW and supply water - SW) and seven nitrogen levels defined as follows: N1 = no nitrogen fertilizer; N2 = 100% of mineral nitrogen fertilization; N3 = 50% of mineral nitrogen fertilization + 50% of nitrogen fertilization with composted sewage sludge - CSS; N4 = 100% of nitrogen fertilizer from the CSS; N5 = 150% of nitrogen fertilizer from the CSS; N6 = 200% of nitrogen fertilizer from the CSS; and N7 = 250% of nitrogen fertilizer from the CSS. The replacement of conventional nitrogen

¹ Eng^a. Agrícola, Doutora em Agronomia – Irrigação e Drenagem, FCA/UNESP, Botucatu/SP. ackummer@hotmail.com.

² Eng^o. Agrônomo, Prof^o. Titular, Departamento de Solos e Recursos Ambientais, FCA/UNESP, Botucatu/SP. heliograssi@fca.unesp.br.

³ Eng^o. Agrônomo, Prof^o. Adjunto, Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, USC, Bauru/SP. Thomaz.lobo@superig.com.br.

fertilization by sewage sludge and irrigation with wastewater from sewage treatment station favored flowering and forming pods of soybean plants.

Key words: organic residue, fertigation, phenology, *Glycine max* L.

Introdução

No Brasil, o setor de saneamento enfrenta dificuldades de gerenciamento dos resíduos gerados nos processos de tratamento de esgotos e efluentes industriais, a depender da região, característica e quantidade desses resíduos. Sabe-se que o reaproveitamento de efluentes tratados não é uma prática nova, no entanto, há um interesse crescente em relação à necessidade de sua utilização, principalmente na agricultura. A fim de garantir a disposição adequada destes, varias linhas de pesquisa tornam-se necessárias, entre elas o reaproveitamento agrícola.

Lobo (2010) estudando o manejo de lodo de esgoto em rotações de culturas, concluiu que o aumento da dose de lodo de esgoto no solo promove um incremento no rendimento de grãos e da matéria seca da aveia, trigo, triticale, girassol e feijão. Behling et al. (2009) também constataram melhora no potencial produtivo em área tratada com lodo, em substituição à adubação mineral.

Outros trabalhos mostram que se adotando a irrigação com efluente tratado, em geral há aumento na produtividade das culturas em pelo menos 50% (DEON, 2010) ou ainda, é observado melhora significativa no desenvolvimento das plantas em função do uso de efluentes de esgoto tratados (FIDELES FILHO et al., 2005; PELISSARI et al., 2009; NICHELI, 2009; SOUSA NETO et al., 2012).

Na literatura encontram-se muitos trabalhos relatando a importância da temperatura e do fotoperíodo no florescimento da soja (RODRIGUES, et al., 2001), sendo escassos os trabalhos que envolvam a adubação com lodo e época de florescimento. O crescimento da cultura da soja no Brasil está associado não somente à expansão de terras agriculturáveis, mas também aos avanços científicos e tecnológicos no setor produtivo, seja pelo manejo de pragas e doenças ou principalmente pelo manejo dos solos, adubação e calagem (FREITAS, 2011). Sendo assim, objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito da adição do lodo de esgoto compostado e da irrigação com água residuária sobre o florescimento e a formação de vagens da cultura da soja.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em ambiente protegido, na Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, campus de Botucatu/SP. Utilizaram-se vasos com 42,5L de capacidade volumétrica, os quais foram distribuídos no interior de um ambiente protegido (estufa agrícola), modelo arco, com cobertura de Polietileno de Baixa Densidade de 150 micras anti-UV. Em ano anterior, nos mesmos vasos, cultivou-se trigo sob as mesmas condições experimentais deste estudo. Portanto este experimento teve início a partir da segunda aplicação de lodo de esgoto compostado.

O solo utilizado no experimento é originalmente classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura média (EMBRAPA, 2006). Utilizou-se a cultivar de soja 5D 688 RR, transgênica, cuja semeadura se deu em 21/12/2011. Transcorridos 15 dias da emergência foi realizado o desbaste, restando uma planta por vaso.

O lodo de esgoto compostado – LEC teve por origem a estação de tratamento de esgotos – ETE do município de Jundiaí/SP. A caracterização química do composto orgânico é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Característica química do lodo de esgoto compostado

Características químicas do solo de esgoto compostado								
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Umid.	M.O.	C
----- % -----								
1,07	1,00	0,14	1,72	0,38	1,26	37,00	25,83	14,35
Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N		pH
----- mg kg ⁻¹ -----								
3700	209	240	3260	210	1400	13/1		7,21

Utilizou-se o lodo como substituto parcial, total e em dose superior da adubação nitrogenada mineral recomendada para a cultura, a qual foi baseada no trabalho de Lobo et al. (2012) que obtiveram melhor resposta no número de nódulos nas raízes de soja com aplicação de 20 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, resultando na recomendação de 15 mg de N dm⁻³, dose equivalente à 30 kg de N ha⁻¹.

O arranjo experimental foi o de parcelas subdivididas, utilizando-se nas parcelas 2 tipos de água para irrigação (água residuária - AR e água de abastecimento - AB) e nas subparcelas 7 níveis de adubação nitrogenada assim definidos: N1 = sem adubação nitrogenada; N2 = 100% de adubação nitrogenada via uréia; N3 = 50% de adubação nitrogenada via uréia + 50% de adubação nitrogenada via lodo de esgoto compostado – LEC; N4 = 100% de adubação nitrogenada proveniente do LEC; N5 = 150% de adubação nitrogenada proveniente do LEC;

N6 = 200% de adubação nitrogenada proveniente do LEC; e N7 = 250% de adubação nitrogenada proveniente do LEC.

Dessa maneira, estudaram-se 14 tratamentos com 10 repetições cada, totalizando 140 unidades experimentais (vasos).

Considerando que para 100 kg de lodo na base seca se tem 1,07 kg de N (Tabela 1); e que 30% desse N serão mineralizados no primeiro ano (Norma CETESB P 4.230; Resolução CONAMA nº 375/2006), as quantidades de lodo de esgoto empregada em cada nível de adubação foram calculadas e estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Dose de lodo de esgoto empregada em cada nível de adubação

Nível de adubação (tratamento)	Lodo de Esgoto Compostado - LEC	
	g vaso ⁻¹ (*)	t ha ⁻¹ (**)
N3	286	12
N4	572	24
N5	858	36
N6	1145	48
N7	1431	60

*Quantidade real aplicada; **Dose equivalente.

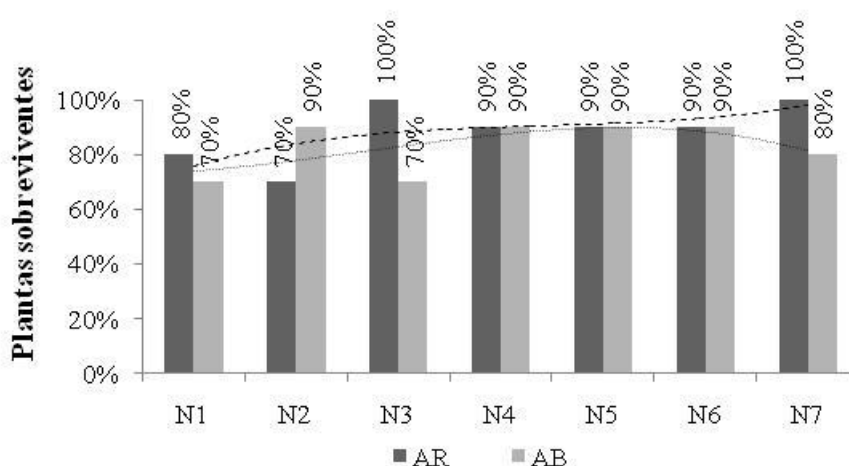
Todos os tratamentos receberam adubações químicas complementares com P₂O₅ e K₂O, a fim de satisfazer as necessidades nutricionais da cultura quanto aos elementos P e K, de acordo com recomendação proposta por Raij et al. (1997).

A irrigação foi realizada diariamente de maneira a repor a água evapotranspirada mantendo os vasos a 70% da capacidade de campo. A água residuária foi originária da estação de tratamento de esgotos do município de Botucatu/SP, a qual era coletada semanalmente na saída da ETE e disposta em reservatório de fibra de vidro, localizado na parte externa da estufa agrícola.

Aos 30 dias após a emergência – DAE (27/01/2012), em cada unidade experimental (vaso) foi realizada a avaliação (presença e/ou ausência) do número de plantas de soja sobreviventes, cujos resultados são expressos na Figura 1.

O florescimento e a formação de vagens de soja foram avaliados aos 30 e 44 DAE (27/01 e 10/02/2012), através da identificação (presença e/ou ausência) de plantas em fase de florescimento e com presença de vagens, em cada tratamento. Da mesma forma, por tratamento, efetuou-se uma relação entre o número total de plantas sobreviventes e o número de plantas que se apresentavam em estágio reprodutivo de pleno florescimento e/ou de plena formação de vagens.

Figura 1 - Porcentagem de plantas de soja sobreviventes, irrigadas com água residuária de estação de tratamento de esgoto (AR) e água de abastecimento (AB), em função de diferentes níveis de adubação nitrogenada.



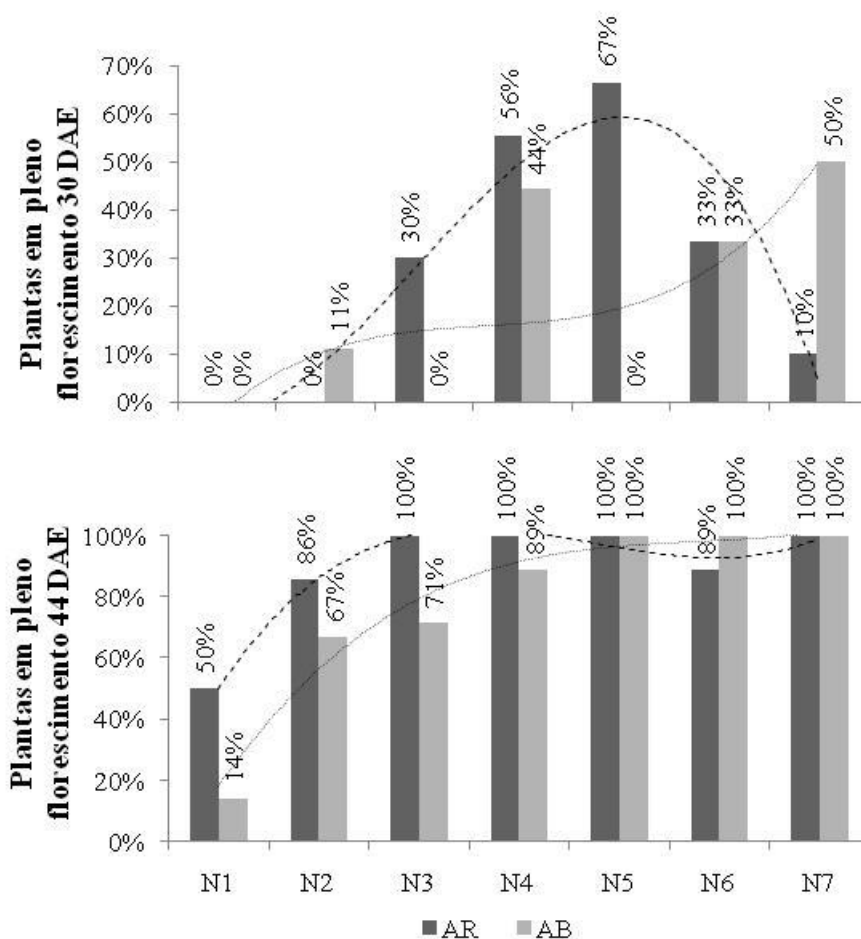
Embora o experimento tenha sido arranjado no formato de parcelas subdivididas, os dados não foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias, uma vez que as informações coletadas foram na forma de dados qualitativos (presença e/ou ausência), sendo representados em porcentagem.

Resultados e Discussão

Observa-se na Figura 2 que os tratamentos estudados tiveram efeito sobre o florescimento da cultura, uma vez que no N1, aos 30 DAE, nenhuma planta se encontrava em fase de florescimento, tanto na parcela irrigada com água residuária, quanto naquela irrigada com água de abastecimento. Na segunda época de avaliação os percentuais aumentaram, principalmente com uso de AR, no entanto não alcançaram os tratamentos com 100% de adubação nitrogenada. Isso mostra que os nutrientes advindos do esgoto sanitário favoreceram o incremento de plantas em estágio reprodutivo de florescimento, atendendo mesmo que em parte, a demanda da cultura.

Para os tratamentos N3, N4 e N5 as plantas responderam melhor à irrigação com água residuária, chegando a apresentar no N5, aos 30 DAE, 67% de plantas em fase de florescimento contra 0% na parcela irrigada com água de abastecimento. Entre os tratamentos que receberam a mesma quantidade de adubação nitrogenada, aqueles irrigados com AR responderam melhor aos irrigados com AB.

Figura 2 - Porcentagem de plantas de soja em estágio reprodutivo de pleno florescimento aos 30 e 44 DAE, irrigadas com água residuária de estação de tratamento de esgoto (AR) e água de abastecimento (AB) em função de diferentes níveis de adubação nitrogenada.

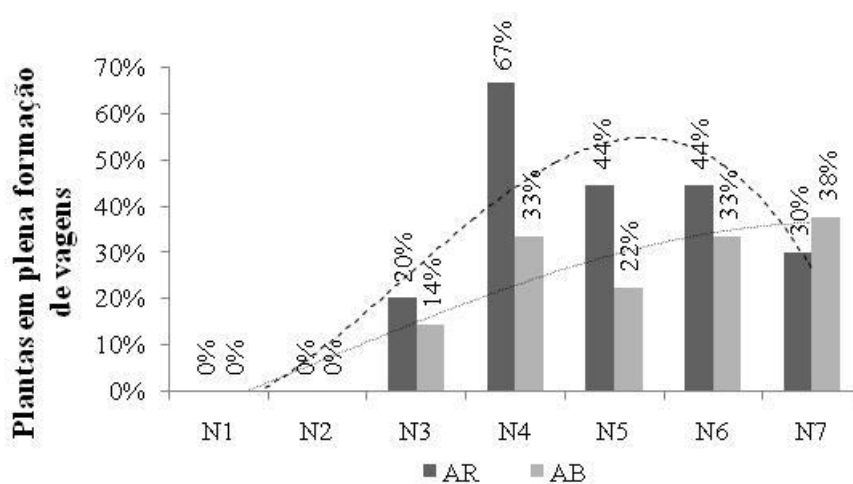


Nota-se também que o uso do LEC (N4) como substituto da adubação nitrogenada convencional (N2) elevou a percentagem de plantas em fase de floração nas duas épocas de avaliação, o que pode estar relacionado à taxa de mineralização de N, uma vez que o elemento é liberado aos poucos para a planta. Ainda, segundo Malavolta (2006), o N apresenta potencialidades para aumentar a capacidade das plantas em produzir gemas reprodutivas, por se tratar de um elemento envolvido na síntese de clorofilas e compostos protéicos.

O uso do LEC, em geral, promoveu aumento na percentagem de plantas em fase de plena formação de vagens, em função dos níveis crescentes de lodo de esgoto no solo (Figura 3). No N7, a associação dos dois resíduos, ou seja, lodo e água residuária, resultou em decréscimo nessa mesma variável, indicando que o excesso de elementos não favoreceu a formação de vagens nas plantas. PETTER *et al.* (2012), trabalhando com soja, também

verificaram que o número de vagens por planta foi influenciado significativamente pela adubação nitrogenada tardia em diferentes cultivares, onde doses de 20 e 40 kg ha⁻¹ de N proporcionaram aumento no número de vagens por planta, enquanto que as doses de 80 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹ de N reduziram esse número.

Figura 3 - Porcentagem de plantas de soja em estágio reprodutivo de plena formação de vagens aos 44 DAE, irrigadas com água residuária de estação de tratamento de esgoto (AR) e água de abastecimento (AB), em função de diferentes níveis de adubação nitrogenada.



É evidente a diferença encontrada entre os tratamentos N2, N3 e N4, que receberam a mesma quantidade de N por fontes e formas diferentes. No N2, nenhuma das plantas encontrava-se em formação de vagens aos 44 DAE, independente do tipo de água utilizada na irrigação. Já no N4, em que foram substituídos 100% da adubação nitrogenada mineral requerida pela cultura pela adubação com lodo de esgoto, as plantas responderam melhor, com 33% destas em fase de formação de vagens na parcela irrigada com AB e 67% da parcela irrigada com AR. Isso mostra que além das plantas responderem melhor aos elementos presentes no lodo de esgoto compostado, assimilou melhor os nutrientes advindos do esgoto sanitário, estimulando a formação de vagens.

Para os dois tipos de irrigação, a resposta do N2, com 100% de adubação nitrogenada mineral, se equivaleu ao do N1, o qual não recebeu adubação nitrogenada, pois aos 44 DAE nenhuma das plantas se encontrava em fase de formação de vagens.

Nos tratamentos N5, N6 e N7, que receberam doses crescentes de lodo de esgoto compostado, os percentuais de plantas em estágio reprodutivo de formação de vagens tiveram efeitos inversos com uso de diferentes águas, ou seja, na parcela irrigada com AR o percentual de plantas diminuiu enquanto que na parcela irrigada com AB esse percentual aumentou.

Segundo Resende (2004) entre as condições necessárias à boa produtividade da soja está a disponibilidade adequada dos micronutrientes: B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Assim, esse aumento do número de plantas em fase de florescimento nos tratamentos com adição de lodo pode estar associado ao macro e micronutrientes disponibilizados pelo lodo de esgoto compostado e também ao efeito residual do mesmo, uma vez que o solo já vinha sendo manejado com composto orgânico e água residuária à pelo menos um ano.

Conclusão

A substituição da adubação nitrogenada convencional pelo lodo de esgoto e a irrigação com água residuária de estação de tratamento de esgoto favoreceram o florescimento bem como a formação de vagens em plantas de soja.

Referências

BEHLING, M., et al. Nodulação, acúmulo de nitrogênio no solo e na planta e produtividade de soja em solo tratado com lodo de estação de tratamento de resíduos industriais. **Bragantia**, 68:453-462, 2009.

CETESB. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critérios para projeto e operação**. São Paulo : Cetesb, 1999. 32p. (Manual Técnico, Norma P.4.230).

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução** nº 375/2006, de 29/8/2006. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano/>. 29 Set. 2006.

DEON, M. D. Reciclagem de água e nutrientes pela irrigação da cana-de-açúcar com efluente de estação de tratamento de esgoto. 2010. 88 f. **Tese (Doutorado)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FIDELES FILHO, J. et al. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9 (suplemento), p.328-332, 2005.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, n.12, p.01-12, 2011.

LOBO, T. F. et al. Crescimento e fixação biológica do nitrogênio em soja cultivada com doses de lodo de esgoto compostado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.4, p.1333-1342, jul./ago. 2012.

LOBO, T. F. **Manejo de lodo de esgoto em rotações de culturas no sistema de plantio direto.** 198 f. 2010. Tese (Doutorado) – Agricultura, Universidade estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** 1. ed. São Paulo: São Paulo, 2006. 638 p.

NICHELE, J. **Utilização de efluentes sanitários tratados para o suprimento de nutrientes à cultura do milho e modificações em propriedades químicas do solo.** 2009. 75f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

PELISSARI, R. A. Z. et al. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.2, p.288-300, abr./jun. 2009.

PETTER, F. A. et al. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, v.25, n.1, p.67-72, jan.-mar., 2012.

RAIJ, B. Van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC. 1997. 285p

RESENDE, A. V. **Adubação da soja em áreas de cerrado: micronutrientes.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 29p. (Documentos Embrapa Cerrados).

RODRIGUES, O. et al. Resposta do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p.431-437, mar. 2001.

SOUSA NETO, O. N. et al. Fertirrigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.200-208, 2012.