

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CAROLINA DE LIMA FRANÇA

**QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO IRRIGADO COM ÁGUAS
RESIDUÁRIAS**

Recife- PE
Junho, 2021

CAROLINA DE LIMA FRANÇA

**QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO IRRIGADO COM ÁGUAS
RESIDUÁRIAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito para obtenção do título de Doutor(a) em Engenharia Agrícola.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Prof^a. Dr^a. Elvira Maria Régis Pedrosa – Orientadora

Recife- PE
Junho, 2021

F814q França, Carolina de Lima
QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO IRRIGADO COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS / Carolina de Lima
França. - 2021.
117 f.

Orientadora: Elvira Maria Regis Pedrosa.
Inclui referências.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, 2022.

1. Nematóide. 2. Fixação Biológica do Nitrogênio. 3. Diversidade Trófica. 4. *Crotalaria spectabilis*. 5. Efluente. I. Pedrosa, Elvira Maria Regis, orient. II. Título

CDD 630

CAROLINA DE LIMA FRANÇA

Tese apresentada em 29 de junho de 2021 ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor.

Qualidade biológica do solo irrigado com águas residuárias

COMISSÃO JULGADORA

ORIENTADORA:

Prof^a. Dr^a. Elvira Maria Régis Pedrosa (UFRPE)

EXAMINADORES:

Prof. Dra. Andrea Chaves Fiuza Porto (UFRPE)

Prof. Dra. Andréa Cristina Baltar Barros (UNINASSAU)

Prof. Dra. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos (UFRPE)

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

Recife- PE
Junho, 2021

Aos meus amados pais Antonio Luiz de França Filho e Vilma Maria de Lima França por todo amor, dedicação e orientação. A minha irmã Carla Catarina de Lima França por todo amor e afeto. Ao meu esposo amado Átyla de Paula Rego pela motivação, incentivo e todo o amor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A deus e meus guias por ajudarem a trilhar e prosseguir em um caminho com tantos obstáculos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA) pela oportunidade de realizar meus estudos e pesquisas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por todo apoio financeiro para a realização do doutorado.

Aos meus pais e irmã por toda abnegação, amor, dedicação e cuidados, por me encorajarem e mostrarem sempre apoio e cuidados.

Ao meu esposo Átyla por todo amor, apoio, orientação e encorajamento diante de toda a pressão e cansaço nesses anos árduos de estudos.

A minha querida orientadora Prof^a. Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa por sua real e presente orientação, postura profissional, pela paciência e dedicação aos meus dados, exemplo de ser humano digno e louvável.

A minha amada Prof^a. Dra. Carolina Etienne por toda disponibilidade de orientação e ajuda na montagem do experimento em casa de vegetação, as orientações, conselhos, pelas mensagens seguidas de incentivo, meu eterno obrigada.

Ao colega Breno Leonan pela total ajuda na montagem e acompanhamento do experimento em campo, por todos conselhos e orientações, grata por tudo.

Ao Prof^o. Dr. Ênio França pelas aulas desde a graduação, pelas sábias e incentivadoras palavras ditas na qualificação, por todas as orientações, meu muito obrigada.

A toda linda equipe do laboratório de Fitonematologia pela convivência, amizade e apoio, Emerson, Djayana, Diego, Karina, Sabrina, Alessandro, Thayná, Daniel, Thais, Alain, Gabriela, Bruno e Prof^a. Dr^a Lílian.

As queridas e amadas Marilene, Carmem e Mariana pelos dias maravilhosos de convívio, apoio, amizade e muito amor.

Ao querido amigo que a vida me presenteou Rezanio, pelo apoio, amizade e incentivo.

A querida Sandra Maranhão pela amizade, apoio e incentivo desde o mestrado.

Aos colegas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Diêgo, Francisco, Eulampio, Denize, Prof^a. Dr^a. Laércia, pelos estudos, apoios e amizade.

Aos colegas UB Rebeca, Elaine, Fabiana, Wesley, Roberto, Priscilla e Antonio Wanderley, pela amizade e apoio durante o doutorado.

Ao amigo e Profº. Drº. Romildo Morant pela amizade, orientações e incentivos desde a graduação.

A amiga Thaís Patú pela amizade, incentivo e apoio para a realização desse doutorado.

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I - Introdução Geral e Revisão Bibliográfica	9
Introdução Geral	10
Revisão Bibliográfica	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO II – Efeito de água residuária de esgoto doméstico tratado sobre atributos biológicos do solo e algodoeiro colorido	33
Resumo	34
Abstract	34
Introdução	35
Material e Métodos	36
Resultados e Discussão	46
Conclusões	58
Referências Bibliográficas	59
CAPÍTULO III - Água residuária de esgoto doméstico tratado e a fixação biológica do nitrogênio, crescimento da planta e qualidade do solo	78
Resumo	79
Abstract	79
Introdução	80
Material e Métodos	81
Resultados e Discussão	87
Conclusões	107
Referências Bibliográficas	107
CAPÍTULO IV-Conclusões Gerais	117

RESUMO GERAL

França, Carolina de Lima. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Junho de 2021. Qualidade biológica do solo irrigado com águas residuárias. Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elvira Maria Régis Pedrosa.

A utilização de recursos descartáveis, a exemplo das águas residuárias, pode trazer grande benefício econômico e ambiental. Quando utilizadas em determinadas atividades agrícolas, podem proporcionar mudanças na dinâmica solo-planta além de aumentar a umidade do solo, essas águas podem servir de aporte de nutrientes para as plantas, especialmente se associada ao uso de plantas leguminosas. Os microrganismos respondem rapidamente a essas mudanças, sinalizando melhoria ou degradação do solo. O objetivo do estudo foi avaliar a influência da adição de efluentes de esgoto tratados no cultivo de algodoeiro BRS Rubi e *Crotalaria spectabilis* e os efeitos na qualidade biológica e microbiota do solo. Foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento foi conduzido em Ibimirim - PE, em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos (água de abastecimento, efluente do reator UASB, efluente do decanto digestor + filtro anaeróbico e efluente do filtro anaeróbico) e seis repetições em uma área de 228 m². As análises fundamentaram-se no desenvolvimento e produtividade da cultivar de algodoeiro colorido BRS RUBI, umidade, evolução C-CO₂ do solo, comunidade de nematoides e índices ecológicos. A aplicação dos efluentes de esgoto tratados promoveram aumento no diâmetro do caule, área foliar e altura de plantas, sem afetar a produtividade da cultura, umidade e evolução C-CO₂ do solo em relação ao uso de água de abastecimento. Os nematoides bacteriófagos foram os mais abundantes e, os onívoros, os menos abundantes. O índice de parasito de planta foi o mais sensível ao distúrbio promovido pela aplicação dos efluentes. O segundo experimento foi realizado em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos em fatorial 4 (água de abastecimento e 50, 75 e 100% de esgoto doméstico tratado por reator UASB) × 4 (Um isolado de rizóbio nativo da zona da mata de Pernambuco (CRO), a estirpe recomendada para adubo verde e feijão-caupi (BR-3267), um controle com nitrogênio fertilizante, na dose de 50 kg ha⁻¹, na forma de ureia e o controle absoluto (sem inoculação e sem nitrogênio fertilizante), com quatro repetições.

As concentrações de esgoto doméstico tratado aplicadas e as duas estirpes de *Rhizobium* ou adubação nitrogenada não afetaram significativamente a maior parte dos parâmetros associados à microbiota do solo e crescimento da planta. A inoculação da estirpe BR 3267 foi menos eficiente do que a adubação nitrogenada na produção de biomassa fresca da planta. A nodulação de *C. spectabilis* foi eficiente a despeito das concentrações de esgoto doméstico aplicadas, exceto 100%.

Palavras-chave: *Crotalaria spectabilis*, Diversidade Trófica, Efluente, Filtro anaeróbico, Fixação Biológica do Nitrogênio, *Gossypium hirsutum*, Nematóide, Reator UASB.

GENERAL ABSTRACT

França, Carolina de Lima. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Junho de 2021. Biological quality of irrigated soil with residual water. Advisor: Prof.^a Dr.^a Elvira Maria Régis Pedrosa.

The use of deposable resources such as sewage wastewater could provide added economic and environmental benefit. Besides improve soil humidity in agricultural activities, the wastewater addition enhances nutrient apport to the crop, especially in association with leguminous plants. Microorganisms immediately response to the environmental shifts signing soil improvement or degradation. The objective of the work was to evaluate the effect of treated domestic sewage effluent on development of colored cotton BRS Rubi and *Crotalaria spectabilis* as well the effect on soil biological quality and microbiota. Two experiments were implemented. The first experiment was carried out in field, in Ibimirim - PE, Brazil, in a completely randomized design with four treatments (water supply, UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) reactor, decant-digester effluent + anaerobic filter, and effluent from anaerobic filter) and six replications, in a 228-m² area. Evaluations based on development and productive of colored cotton cultivar BRS RUBI, soil humidity and C-CO₂ evolution, nematode community, and ecological index. The treated domestic sewage effluent application increased stem diameter, leaf area, and plant height of the colored cotton, but did not affect crop production, soil humidity and C-CO₂ evolution comparing to water supply. The bacterivorous nematodes were the most abundant, and the omnivorous the less one. The plant-parasite index was the most sensitive to disturbers from the effluent application. The second experiment was carried out under greenhouse in a completely randomized design and factorial arrangement 4 (water supply and 50, 75, and 100% domestic sewage wastewater treated in UASB reactor) × 4 (a *Rhizobium* native stirp from the "Zona da Mata" of Pernambuco (CRO), a recommended stirp for green fertilization and cowpea (BR 3267), a control with nitrogen fertilizer (urea 50 kg ha⁻¹), and an absolute control (without inoculant an nitrogen fertilizer), with four replications. All treated domestic sewage wastewater concentrations as well both *Rhizobium* stirpes and the nitrogen fertilizer did not significantly affect most of evaluated parameters of soil microbiota and plant growth. The inoculant BR 3267

was less successful in increasing the plant fresh biomass than the nitrogen fertilizer. The *C. spectabilis* nodulation was efficient despite domestic sewage wastewater concentration, except 100%.

Keywords: *Crotalaria spectabilis*, Trophic diversity, Effluent, Anaerobic filter, Biological nitrogen fixation, *Gossypium hirsutum*, Nematode, UASB reactor.

1 **CAPÍTULO I**

2 **INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

3 1. INTRODUÇÃO GERAL

4

5 A aplicação de água de efluente tratado no solo é uma prática
6 recomendada pelas agências de proteção ambiental, para a obtenção de uma
7 agricultura mais sustentável, uma vez que a água potável é um recurso
8 esgotável. Além disso, com a prática do reuso, podem-se atingir novos índices
9 de produção devido à diminuição dos custos, menor dependência do clima,
10 melhorias na qualidade do solo e redução da incidência de pragas e doenças
11 nas culturas. Esses benefícios resultam em maior lucratividade, dinamismo na
12 produção e melhoria na relação homem - meio ambiente, promovido pelo manejo
13 adequado no ciclo produtivo (SAMMIS et al., 2013).

14 O cultivo de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) com fibra
15 diferenciada como a BRS Rubi é uma das opções para os pequenos agricultores
16 agregarem valor à produção, principalmente na região Nordeste, onde a
17 incidência de doenças foliares e de solo, para essa cultura, é baixa. O algodão
18 de fibra colorida tem valor de mercado 20 a 30% maior do que o algodão branco,
19 aumentando a rentabilidade dos produtores. A cadeia produtiva de algodão no
20 Nordeste é constituída principalmente por pequenos produtores, com baixa
21 rentabilidade, o que motivou o programa de melhoramento de algodões
22 especiais da Embrapa a trabalhar no desenvolvimento de alternativas para
23 agregar valor à produção (EMBRAPA, 2011).

24 Os indicadores biológicos de qualidade do solo como a respiração,
25 biomassa microbiana, quociente metabólico, umidade e a microbiota do solo são
26 imprescindíveis na ciclagem dos nutrientes, como também na aferição da
27 capacidade do solo para o crescimento vegetal (DE ARAÚJO et al., 2012). Entre
28 esses indicadores, os nematoides são sensíveis à intervenção humana e são
29 constantemente utilizados para monitorar a qualidade do solo devido a distúrbios
30 e alterações na qualidade de solos (ARIEIRA, 2012; CARDOSO et al., 2014).

31 As leguminosas, como as crotalárias, possuem muitas características
32 importantes, a exemplo da atuação como adubos verdes, elevada produção de
33 biomassa de fácil degradação, ciclo de cultivo curto em algumas espécies,
34 capacidade de rápida germinação, controle de fitonematoides, rápido
35 crescimento e desenvolvimento, e alta tolerância à escassez de água. Em
36 especial, as leguminosas possuem a particularidade de participarem na

37 formação de associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio
38 (CORRÊA et al., 2014).

39 A Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), tem se tornado uma prática
40 promissora, aumentando a produtividade, reduzindo os custos de produção e
41 elevando a renda do agricultor, através da prática de inoculação de sementes
42 com estirpes de bactéria do grupo rizóbio (ZILLI et al., 2009).

43 O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da adição de águas
44 residuárias de esgotos tratado no cultivo de algodoeiro BRS Rubi e *Crotalaria*
45 *spectabilis* e seus efeitos na qualidade biológica e na microbiota do solo.

46 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

47

48 2.1. A cultura do Algodoeiro

49

50 O algodão colorido desenvolvido pela Embrapa é uma alternativa
51 econômica e ambiental no nordeste do Brasil. Seu valor é superior ao algodão
52 de plumas brancas. Na questão ambiental, elimina a fase de tingimento,
53 promovendo uma economia de água e reduzindo a quantidade de resíduos ao
54 meio ambiente (CARDOSO et al., 2010). A cultura do algodoeiro tem a
55 produtividade e o desenvolvimento afetados por diversos fatores, como a
56 população de plantas, o que influencia a absorção de luz, nutrientes e água,
57 alterando desse modo o crescimento da planta, partição de biomassa,
58 distribuição de frutos e potencial produtivo (STEPHENSON et al., 2011);
59 KAGGWAA-ASSIIMWE; ANDRADE-SANCHEZ; WANG et al., 2013).

60 De acordo com a EMBRAPA (2011), a cultura encontra-se bem adaptada
61 à região nordeste, apresentando um excelente potencial de cultivo. O algodão
62 colorido é uma exploração voltada ao cultivo orgânico, possibilitando assim,
63 melhores condições socioeconômicas aos produtores, além das melhorias nas
64 condições físicas, químicas e biológicas do solo (RIGON et al., 2011).

65 A produção Brasileira de algodão estimada para a safra 2018/2019
66 é de 2,66 milhões de toneladas de pluma, onde ocorreu um aumento significativo
67 de 32,6% relacionada a safra anterior. Mato Grosso e Bahia se destacam em
68 crescimento de área plantada; juntas estas cidades dispõem de mais 88% de
69 área estimada para a cotonicultura em 2018/2019. Na região Nordeste, a Bahia
70 se destaca em área com 332 mil hectares de áreas plantadas, produtividade de
71 1758 kg/ha e produção de 583,7 mil t (COMPANHIA NACIONAL DE
72 ABASTECIMENTO, 2019).

73 Na região Nordeste ocorre a produção e comercialização da fibra
74 colorida naturalmente, com base orgânica e agroecológica, levando a uma
75 produção com objetivo ecológico (CARVALHO et al., 2011). A cultura do
76 algodoeiro tem se destacado como uma das mais importantes para o
77 desenvolvimento social e econômico das regiões semiáridas do nordeste
78 brasileiro. Tem como finalidade matéria-prima para a cadeia têxtil, com fibras
79 naturais, onde as sementes também são utilizadas (ECHER et al., 2010;
80 JERÔNIMO et al., 2014).

81

82 **2.2. Nematoides como indicadores de Qualidade de solo e índices** 83 **ecológicos**

84

85 Conforme ARIEIRA (2012), os nematoides do solo asseguram com celeridade as
86 mudanças no ambiente, podendo ser utilizados como indicadores ecológicos de
87 distúrbios ambientais. CARRASCOSA et al. (2014) afirmam que as guildas da biota do
88 solo estão associadas a diferentes funções sistêmicas. Os nematoides interagem com
89 muitos organismos, como participantes em várias ligações da teia alimentar do solo,
90 onde atuam desempenhando papéis importantes em processos essenciais do solo
91 (como a ciclagem de nutrientes). Devido à elevada abundância e diversidade
92 relacionadas às respostas aos distúrbios do solo, os nematoides são indicadores
93 adequados da condição do solo e têm sido amplamente utilizados como indicadores de
94 biodiversidade e funcionamento do solo (FERRIS; TUOMISTO, 2015).

95 Os nematoides influenciam nos processos de produção primária, ciclagem
96 de nutrientes e decomposição da matéria orgânica do solo. Esses vermes
97 representam vários grupos tróficos, desempenham papéis importantes em
98 processos ecossistêmicos, e, respondem rapidamente às perturbações
99 ambientais (GUTIÉRREZ et al., 2016; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2018).

100 Os nematoides são reguladores significativos da decomposição de resíduos e
101 liberação de nutrientes em ecossistemas naturais, através de sua alta rotatividade e de
102 suas interações com a microflora (LU et al., 2016). Zhong; Zeng; Jin (2017), aplicando
103 os índices ecológicos de riqueza de espécies (SR), índice de maturidade (MI) e índice
104 de parasito de planta (PPI) para avaliar a condição do solo, com aplicações de resíduos,
105 conseguiram refletir a perturbação das atividades humanas devido ao plantio e
106 aplicação do resíduo. No estudo, os índices com maiores valores foram SR e MI,
107 indicando uma tendência maior da biodiversidade de nematoides com um ambiente
108 relativamente estável. Os índices: basal, canal, de enriquecimento e de estrutura podem
109 fornecer informações sobre a estrutura da comunidade de nematoides em ambientes
110 estruturados, estáveis e rapidamente degradados, além de indicar a dinâmica das teias
111 alimentares do solo (FERRIS; TUOMISTO, 2015). Zhong; Zeng; Jin (2017) mostraram
112 que as práticas de adição de resíduos promovem a abundância e a biomassa
113 microbiana dos nematoides. A aplicação de resíduos resulta em uma via de
114 decomposição com predominância bacteriana.

115 Os índices ecológicos no estudo de comunidades de nematoides foram
116 analisados e caracterizados por Bongers (1990). O autor classificou os
117 nematoides de solo como, “colonizadores” e “persistentes” criando uma escala

118 de classificação de 1 a 5 de acordo com a estratégia de vida dos nematoides,
119 chamados valores *c-p* (colonizadores-persistentes). Esses valores são
120 essenciais para a obtenção de índices ecológicos, a exemplo do índice de
121 maturidade, índice de maturidade modificado, índice de maturidade para
122 nematoides com valores *c-p* variando de 2 a 5 e índice de parasita de plantas e
123 guildas funcionais.

124 O Índice de Maturidade (MI) avalia níveis de perturbação numa escala que
125 vai desde valores menores que 2 em sistemas perturbados enriquecidos por
126 nutrientes, a mais ou menos 4 em ambientes mais estáveis ou menos
127 perturbados. Isso, sem levar em consideração nematoides parasitas de plantas,
128 pois, sua ocorrência e abundância são em grande parte determinado pela
129 estrutura da comunidade, assim como o vigor das plantas que crescem no solo
130 (BONGERS; FERRIS, 1999).

131 O Índice de Maturidade (MI₂₋₅) avalia a perturbação considerando apenas
132 nematoides com valor *c-p* de 2 a 5. Por serem considerados oportunistas e
133 aumentarem sua população quando há adição de nutrientes, os nematoides
134 colonizadores *cp*=1 podem influenciar o cálculo do IM por não expressar
135 adequadamente se houve mudança nas condições ecológicas do solo em longo
136 prazo (BONGERS; KORTHALS, 1993). O índice de Parasita de Plantas (PPI) é
137 calculado da mesma forma que o índice de maturidade, porém, considerando
138 apenas nematoides parasitas de plantas. Esse índice tem uma relação inversa
139 com o MI (Índice de maturidade) quando os sistemas são submetidos a maioria
140 das atividades agrícolas (BONGERS; FERRIS, 1999). O índice de estrutura
141 (“structure index”: SI) indica a localização da cadeia alimentar na trajetória da
142 “estruturação” da comunidade e foi elaborado com ênfase em nematoides
143 predadores, onívoros e bacteriófagos, de crescimento lento e baixa reprodução
144 com valores *c-p* 3, 4 e 5, calculado pela fórmula: $SI = 100 \times (s / (s + b))$ (FERRIS;
145 BONGERS; DE GOEDE, 2001).

146 O Índice de enriquecimento (“enrichment index”: EI), que apresenta a
147 localização da cadeia alimentar na trajetória de “enriquecimento” nutricional do
148 solo, foi elaborado com ênfase em nematoides bacteriófagos e micófitos de
149 crescimento rápido com valores *c-p* 1 e 2 e é calculado pela seguinte fórmula:
150 $(EI = 100 \times (e / (e + b)))$. O Índice Basal (BI), é baseado na abundância de
151 nematoides oportunistas, é um indicador basal de condição perturbada da cadeia
152 trófica do solo. O Índice de Canal (CI) sinaliza se a via de decomposição

153 predominante é fúngica (CI alto) ou bacteriana (CI baixo) (FERRIS; BONGERS;
154 DE GOEDE, 2001).

155 Como o índice de Shannon-Weaver atribui pesos iguais a todos os
156 nematoides, o índice Simpson (Ds) pode ser usado para avaliar a dominância,
157 atribuindo-se pesos maiores aos nematoides mais abundantes (CARES;
158 HUANG, 2008) e a sua transformação em loge (H2) oferece uma medida
159 alternativa da diversidade (YEATES; BONGERS, 1999; GOULART, 2007).

160

161 **2.3. Atributos biológicos do solo**

162

163 A importância dos microrganismos do solo justifica-se em razão das
164 funções que estes exercem, como na ciclagem e reciclagem de nutrientes,
165 decomposição da matéria orgânica e sua incorporação às frações orgânicas
166 presentes no solo, formação e estabilização de agregados de solo, controle
167 biológico e a fixação de N₂, entre outras. Funções estas, fundamentais para a
168 qualidade do solo e sustentabilidade dos agroecossistemas (FRANCHINI et al.,
169 2011).

170 A respiração basal juntamente com o quociente metabólico externa a
171 eficiência de diferentes sistemas de manejo. Quando o quociente metabólico
172 expressa altos valores indica que os microrganismos do solo, quando
173 submetidos a condições de estresses, consomem mais carbono oxidável para
174 sua manutenção (PARTELLI et al., 2012). Os parâmetros microbianos têm sido
175 utilizados com êxito na avaliação da qualidade ambiental dos solos, a exemplo
176 da biomassa microbiana do solo, sendo uma fonte de nutrientes instáveis,
177 portanto um agente de transformação (BALOTA et al., 2015).

178 As avaliações relacionadas à atividade microbiana são importantes quando
179 se pretende conhecer as transformações ocorridas no solo, as quais podem ser
180 determinadas pela quantificação das frações de carbono e nitrogênio do solo,
181 pois, participam do compartimento microbiano, atividade respiratória e
182 enzimática (PEIXOTO, 2010). A biomassa microbiana do solo tem sido utilizada
183 como indicador de alterações e de qualidade de ecossistema capaz de refletir as
184 mudanças de uso do solo (FERNANDES et al., 2013). O carbono da biomassa
185 microbiana constitui um reservatório de nutrientes disponíveis às plantas,
186 representando a fração mais ativa da matéria orgânica do solo, sendo a principal

187 responsável pela decomposição de resíduos orgânicos, pela ciclagem e pelo
188 fluxo de energia dentro do solo (CUNHA et al., 2011).

189 Quando se objetiva analisar qualitativamente um solo, indicadores
190 microbiológicos como o carbono da biomassa microbiana, respiração e
191 quociente metabólico são os mais sensíveis aos impactos ocasionados pelo
192 manejo, tendo em vista que influenciam a atividade metabólica dos
193 microrganismos do solo (ALVES et al., 2011). Estudando os atributos biológicos
194 do solo, Mendes et al. (2012) e Cunha et al. (2011) verificaram que estes
195 atributos apresentam um bom desempenho como indicador de mudança na
196 qualidade de um solo e ressaltaram a importância dos microrganismos do solo
197 como principais reguladores na ciclagem de nutrientes.

198

199 **2.4. *Crotalaria spectabilis*: Ciclo do Nitrogênio, Fixação Biológica do** 200 **Nitrogênio, Formação dos Nódulos, Potencial de Nodulação pela Simbiose** 201 **Rizóbio-leguminosa e Efeito da Planta no Controle dos Nematoides**

202

203 No ciclo do Nitrogênio, a comunidade microbiana do solo é influenciada por:
204 tipo de solo, conteúdo de água, temperatura, pH, oxigênio, intensidade de uso
205 da terra e cobertura vegetal. Esta comunidade (bactérias) presente no solo é
206 responsável pelas várias transformações no ciclo de nitrogênio, como a fixação
207 de N₂, N-mineralização, nitrificação, oxidação da amônia e a desnitrificação,
208 impactando diretamente as plantas presentes no ecossistema.

209 A fixação biológica do nitrogênio, onde ocorre a conversão do gás N₂ a
210 amônia biologicamente disponível, fornece nitrogênio para os ecossistemas. A
211 oxidação autotrófica da amônia é um processo que ocorre em duas etapas: a
212 primeira etapa consiste na conversão da amônia em nitrito, sendo realizada por
213 bactérias oxidantes de amônia e *Archaea*; a segunda etapa em sua subsequente
214 conversão em nitrato, é realizada por bactérias oxidantes de nitrito. As bactérias
215 oxidantes da amônia e *Archaea* executam um passo limitador na taxa de
216 nitrificação e possuem papel na regulação da dinâmica do nitrogênio no solo
217 (HAYDEN et al., 2010).

218 Dentre os ciclos existentes na natureza, o do Nitrogênio é um dos mais
219 importantes e inclui quatro principais processos microbiológicos: Fixação do N₂,
220 mineralização, nitrificação e desnitrificação. Supunha-se inicialmente que a
221 produção microbiana de óxido nitroso (N₂O) e nitrogênio molecular (N₂) no

222 decurso do N cíclico ocorresse apenas entre os procariontes, através da
223 nitrificação autotrófica (ex. *Nitrosomonas* sp.), para produzir N₂O durante a
224 oxidação aeróbia da amônia (NH₃), limitando a disponibilidade de oxigênio (O₂);
225 ou que ocorresse por desnitrificação heterotrófica (ex. *Pseudomonas* sp.), para
226 produzir ambos os gases, durante a redução anaeróbia de Nitrato (NO₃) via
227 nitrito (NO₂) e óxido nítrico (NO) para NO₂ e, finalmente, a N₂ (SPOTT;
228 RUSSOW; STANGE, 2011).

229 Kelley (2012) sugeriu que a nitrificação era o processo dominante no ciclo
230 do nitrogênio. Os principais processos microbiológicos da transformação de N
231 nos solos, como amonificação, nitrificação, desnitrificação heterotrófica e
232 quimiodenitrificação abiótica são consideradas importantes vias de produção e
233 consumo do solo. A quimiodenitrificação, descreve o estritamente químico, ou,
234 conversão não enzimática de nitrito (NO₂) ou nitrato (NO₃) em Nitrogênio gasoso,
235 neste processo requer a presença de amônio (NH₄), aminas ou metais reduzidos,
236 bem como alta matéria orgânica do solo (BRU et al., 2010); MEDINETS et al.,
237 2015).

238 O ciclo do nitrogênio envolve um conjunto de compostos de N
239 transformados por plantas e microbiota do solo. Alguns destes compostos de N,
240 tais como o óxido nitroso (N₂O) ou o nitrato (NO₃), são poluentes ambientais que
241 comprometem a biodiversidade, a saúde humana e o clima atmosférico global.
242 A conversão do N₂ em nitrogênio reativo, apoia diretamente ou indiretamente o
243 crescimento da biomassa. Os compostos do nitrogênio reativo, incluem o
244 nitrogênio oxidado, tais como o óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO₂),
245 óxido nitroso (N₂O), nitrato (NO₃), nitrito (NO₂), bem como a redução das
246 espécies de nitrogênio, amônia (NH₃) e amônio (NH₄), sais, bem como
247 orgânicos, na sua forma mais simples de ureia, derivados de amina ou N orgânico
248 em proteínas. Os principais processos naturais que criam biologicamente o N
249 disponível são a fixação espontânea (relâmpagos) e a fixação biológica do
250 nitrogênio em ecossistemas aquáticos e terrestres (FOWLER et al., 2013; DENK
251 et al., 2017).

252 Uma das fases do ciclo de nitrogênio, a nitrificação, é um processo
253 biologicamente responsável por enormes perdas de fertilizantes nitrogenados, e,
254 vem contribuindo para a poluição ambiental. Através de inibidores seletivos,
255 demonstra-se que os nitrificadores heterotróficos podem contribuir no processo
256 de nitrificação, podendo ser executado por bactérias e fungos. A nitrificação no

257 solo é geralmente considerada um processo que ocorre em duas etapas: em que
258 a amônia é primeiramente oxidada em nitrito por oxidantes de amônia e, logo em
259 seguida, ao nitrato por bactérias nitriteoxidizante.

260 A nitrificação pode levar a lixiviação de nitrato, perdas de fertilizantes
261 nitrogenados e ao aumento da emissão de gases de efeito estufa. Estudos
262 recentes sugerem que a nitrificação pode ocorrer em valores de pH muito baixo
263 em torno de 3,0 LI et al.(2018a). No decorrer do ciclo do nitrogênio, o óxido
264 nitroso é emitido durante os processos microbiológicos de conversão de
265 nitrogênio, quando a produção de N_2O excede o consumo de N_2O . A magnitude
266 da produção de N_2O em detrimento ao consumo, varia com o pH (BLUM et al.,
267 2018).

268 A fixação biológica do nitrogênio é uma das principais vias de N para
269 ecossistemas terrestres, e, é realizada por organismos de vida livre e
270 simbióticos. A relação simbiótica ocorre entre as plantas e a raiz vegetal para
271 ocorrência da fixação, resultando no surgimento de nódulos (LI et al., 2018 b)

272 No ciclo do nitrogênio, as bactérias diazotróficas atuam estimulando o
273 crescimento das plantas, contribuindo para o metabolismo do vegetal de
274 diferentes formas. Por exemplo: além da fixação adequada de N_2 atmosférico,
275 as bactérias diazotróficas também podem modificar indiretamente a captação de
276 nutrientes do solo, aumentando o sistema radicular, ou diretamente, estimulando
277 o transporte de nitrogênio as plantas. Estas bactérias que se encontram isoladas
278 na rizosfera, tendo capacidade de produção de reguladores de crescimento, que
279 estimulam o desenvolvimento radicular, aumentando a capacidade de absorção
280 de nutrientes pelas plantas (PEDULA et al., 2016).

281 O nitrogênio é um dos elementos essenciais para a vida. Contudo, apenas
282 suas duas formas inorgânicas, a amônia e o nitrato, são utilizadas pelos
283 organismos para a geração de novas fontes de biomassa. As transformações
284 ocorridas do nitrogênio dentro do seu ciclo são: fixação biológica (Conversão de
285 N_2 em Nitrogênio biologicamente disponível), nitrificação (processo que converte
286 amônia em nitrito e depois nitrato), denitrificação (processo que converte o nitrato
287 em gás nitrogenado, removendo o nitrogênio biodisponível e devolvendo-o à
288 atmosfera), oxidação anaeróbica de amônia (em que as bactérias de oxidação
289 atuam oxidando a amônia, usando o nitrito como aceptor do elétron para produzir
290 o nitrogênio gasoso) e amonificação (disponibilidade da amônia para

291 aproveitamento das plantas e microrganismos, através da decomposição de
292 tecidos de um organismo que morreu).

293 Conforme Ward (2011), a fixação biológica do nitrogênio é a redução do
294 gás atmosférico do nitrogênio à amônia, e a nitrificação, uma das fases do ciclo
295 do nitrogênio, seria a oxidação da amônia a nitrato, através do nitrito. Nesta fase,
296 dois grupos de microrganismos atuam em parceria para realizar este processo:
297 a bactéria amoníaco-oxidante e a *Archaea*, convertendo a amônia ao nitrito, e as
298 bactérias nitrito-oxidantes, que convertem nitrito a nitrato. Palatinszky (2015)
299 sugere que a nitrificação é um processo que ocorre em duas etapas, na primeira
300 etapa, as bactérias e *Archaea* oxidam a amônia (NH₃) ao Nitrito (NO₂), a amônia
301 é fornecida por bactérias que fixam o gás nitrogênio (N₂). Na outra etapa, o nitrito
302 é então oxidado ao nitrato (NO₃), por outras bactérias.

303 A nitrificação remove a amônia e produz nitrato, ocorrendo também o
304 retorno do gás nitrogênio à atmosfera (GALLOWAY, 2013). Esta fase tem efeitos
305 indesejáveis no meio ambiente, pois, ocasiona a acidificação do solo, toxicidade
306 do nitrato na água potável, eutrofização e esgotamento do oxigênio nos sistemas
307 marinhos, contribuindo para o aquecimento global.

308 A simbiose leguminosa-rizóbio, ocorre para a formação dos nódulos,
309 através da associação das bactérias fixadoras de nitrogênio, genericamente
310 chamadas de rizóbios, com as raízes das plantas. O exsudato das raízes das
311 plantas leguminosas, como flavonoides, isoflavonas, entre outros, servem como
312 um sinal para certas espécies de *rizóbios*. Este sinal atrai a bactéria para a raiz
313 e uma série complexa de eventos são realizadas. Em seguida, a captação das
314 bactérias na raiz desencadeia o processo da fixação biológica do nitrogênio em
315 nódulos formados (BERNHARD, 2010). A formação dos nódulos ocorre através
316 da invasão das bactérias fixadoras de nitrogênio ou diazotróficas que possuem
317 a enzima nitrogenase.

318 O processo de nodulação inicia-se quando acontece o reconhecimento
319 da combinação adequada, por parte da planta e bactéria, dando-se em seguida
320 a adesão da bactéria aos pelos radiculares e a invasão destes, através do pelo
321 radicular, ocorrendo o deslocamento das bactérias para as células corticais
322 através do cordão de infecção (hilo). Ao chegar às células corticais dá-se a
323 diferenciação das bactérias em um novo tipo de bactérias, os bacteroides,
324 iniciando-se a fixação do nitrogênio, com a ativação da enzima nitrogenase, nos

325 bacteroides e a formação da leghemoglobina (hemoglobina das leguminosas)
326 (DENARDIN, 2007).

327 As leguminosas, como as crotalárias, possuem um papel fundamental nos
328 ecossistemas naturais, uma vez que são responsáveis por uma parte do fluxo de
329 nitrogênio atmosférico para formas assimiláveis (MARSCHNER, 2011). São excelentes
330 devido à capacidade de fixar N₂ em simbiose com o rizóbios, como adubo verde em
331 sistemas agrícolas sustentáveis, contribuindo com quantidades elevadas de N fixo (300-
332 350 kg N ha⁻¹ ano⁻¹), favorecendo o crescimento da planta, e, eliminação de
333 fitonematoides (KIMENJU et al., 2009; DEEPHA et al., 2014).

334 O sucesso no processo de nodulação após a inoculação com rizóbio é
335 determinado por vários fatores tais como fertilidade do solo e competitividade
336 das estirpes dos inoculantes, avaliadas pela capacidade de sobreviver e
337 colonizar as raízes das plantas em um ambiente com abundância de
338 microrganismos nativos produzindo nódulos capazes de prover fixação de N₂
339 (MELCHIORRE et al., 2011). O estudo da diversidade e a seleção de rizóbios
340 nativos eficientes adaptados em cada região são essenciais para o sucesso da
341 fixação biológica do nitrogênio nas condições em que se pretende cultivar a
342 leguminosa (ELBOUTAHIRI; THAMI-ALAMI; UDUPA, 2010; LORITE et al., 2010;
343 CHANG et al., 2011; FONTOURA et al., 2011; MARTINS et al., 2011).

344 A crotalária é uma planta da subfamília papilionoideae (papilionáceas)
345 capaz de fixar o N₂ atmosférico, sendo utilizada como adubo verde para várias
346 finalidades (cobertura de solo, consórcio, rotação, sucessão, pré cultivo,
347 forrageiras) nas mais diversas condições edafoclimáticas (LIMA, 2016). A
348 utilização de adubos verdes é uma alternativa utilizada no controle, e, ou,
349 minimização de comunidades de fitonematoides (FILHO et al., 2014).

350 Utilizando plantas antagonistas como a *Crotalaria spectabilis* e o feijão
351 guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para manejo de *Pratylenchus zaei*, Melo
352 Santana et al. (2012a) confirmaram que estas plantas foram eficientes para o
353 controle populacional do nematoide após 60 e 110 dias de cultivo,
354 independentemente do tipo de solo onde foram cultivadas. Aumento de 38 e 56%
355 na massa das raízes infectadas com o nematoide foram alcançados com a
356 aplicação de extratos de *Crotalaria breviflora* e *C. spectabilis*, respectivamente,
357 em comparação à testemunha (GARDIANO et al., 2010).

358

359 **2.5. Reuso de água na agricultura: Qualidade de água para irrigação,**
360 **Implicações negativas e positivas nas relações entre os microrganismos**
361 **do solo e nas relações no sistema solo-planta.**

362

363 O uso de águas residuárias tratadas mostra-se uma alternativa em
364 potencial, de baixo custo, como fonte de nutrientes às plantas. Além de diminuir
365 as restrições na utilização da água, uso desse resíduo traz vários benefícios
366 ambientais, incluindo a absorção e a reciclagem dos nutrientes. Os efluentes
367 garantem o aumento na produtividade das culturas irrigadas e a possibilidade de
368 aumento do valor agregado do produto, devido à diminuição dos custos de
369 produção com irrigação e fertilizantes além de servir de suprimento nutricional
370 às plantas (OLIVEIRA et al., 2012); OLIVEIRA et al., 2013).

371 Efluentes tratados de esgoto representam uma fonte de água e nutrientes
372 disponível para uso em irrigação durante os períodos de estiagem (SHAER-
373 BARBOSA et al., 2014). A utilização de esgotos tratados na agricultura requer
374 práticas tecnicamente adequadas de tratamentos e de disposições no ambiente,
375 pois, as águas residuárias, apresentam concentrações de íons dissolvidos como
376 sódio, boro e cloretos (DEON et al., 2010). O efluente possui altos valores de
377 razão de adsorção de sódio (RAS), elevando a percentagem de sódio trocável
378 (PST) dos solos irrigados, o que pode provocar redução da condutividade
379 hidráulica e drenagem (GONÇALVES et al., 2007).

380 Uma desvantagem própria aos processos anaeróbios é a produção de um
381 efluente que contém fração remanescente de matéria orgânica, expressa como,
382 DQO (demanda química de oxigênio), compostos reduzidos, como íons amônio
383 e sulfeto, além de fosfatos (SOARES, 2014). Há necessidade de precauções
384 quanto ao manejo do efluente, a fim de não causar efeitos nocivos, como a
385 salinização do solo e contaminação das águas subterrâneas, bem como a
386 transmissão de patógenos e parasitas causadores de doenças (BARROSO;
387 WOLFF, 2011). No entanto, os nutrientes presentes nas águas residuárias
388 proporcionaram melhor crescimento e desenvolvimento das culturas, a exemplo
389 do algodoeiro (FIDELIS FILHO et al., 2005; SOUSA NETO et al., 2012).

390 As concentrações de cloretos presentes nas águas de irrigação podem ser
391 absorvidas pelas raízes, movimentados pelo caule e acumulando nas folhas, ou,
392 diretamente pelas folhas durante a irrigação por aspersão, causando
393 queimaduras nas plantas mais sensíveis. O cloreto causa o desequilíbrio

394 nutricional, já que estes íons impedem a absorção de elementos essenciais para
395 o desenvolvimento das plantas, como exemplo, o nitrato, proporcionando
396 deficiências de nitrogênio (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

397 A reutilização de águas residuais tratadas, proveniente de estações de
398 tratamento de esgoto, em particular para a irrigação, é uma prática cada vez
399 mais comum, incentivado por governos e entidades oficiais em todo o mundo. A
400 irrigação com água residuária pode ter implicações em dois níveis diferentes:
401 alterar as propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo e/ou introduzir
402 e contribuir para o acúmulo de contaminantes químicos e biológicos no solo. O
403 primeiro pode afetar a produtividade e fertilidade do solo; o segundo pode
404 representar sérios riscos à saúde humana e ambiental. A reutilização de águas
405 residuais na agricultura sustentável deve impedir os dois tipos de efeitos,
406 exigindo uma avaliação holística e integrada de risco (CASTRO et al., 2015).

407 A utilização de métodos alternativos (como o reuso de água proveniente de
408 estações de tratamento de esgoto) no fornecimento de água para irrigação tem
409 se tornado opção economicamente viável e ambientalmente sustentável, já que
410 é grande a utilização de água pelo setor agrícola (ANA, 2017). Os sistemas de
411 tratamento de esgoto por lagoas de estabilização são reconhecidos como o único
412 processo biológico capaz de promover elevados níveis de desinfecção dos
413 esgotos. Porém, quando se tem apenas lagoas anaeróbias (tratamento primário)
414 e facultativas (tratamento secundário), a remoção de coliformes é parcial e
415 dificilmente se obtém concentrações de coliformes fecais no EET abaixo de 10^5
416 NMP/100 ml, o que por sua vez gera restrições para o lançamento em corpos
417 d'água e para o uso agrícola, onde as concentrações desejáveis são inferiores a
418 10^3 NMP/100 ml (GONÇALVES, 2003).

419 Águas residuais urbanas tratadas são compostas principalmente por
420 partículas e matéria orgânica dissolvida, e substâncias inorgânicas (por exemplo,
421 N, P, K, Na, Ca, Mg, Cl e B), contendo também microrganismos, incluindo
422 organismos patogênicos e bactérias (VARELA; MANAIA, 2013). A análise da
423 água de um manancial pode evidenciar o uso inadequado no solo, os efeitos do
424 lançamento de efluentes, as limitações de uso e o potencial de autodepuração,
425 isto é, sua capacidade de restabelecer o equilíbrio após o recebimento de
426 efluentes (VON SPERLING, 2005).

427 As condições geológicas e geomorfológicas da cobertura vegetal da bacia
428 de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces

429 e das ações do homem também são determinantes para a qualidade da água
430 (HESPANHOL, 2002). A vantagem do reuso de efluente, por exemplo, de esgoto
431 doméstico tratado, é permitir a melhor conservação dos corpos hídricos e aportar
432 consideráveis quantidades de nutrientes ao solo, refletindo-se em melhoria de
433 sua fertilidade o que eleva a produtividade das culturas e redução dos custos
434 com adubação mineral (SOUZA et al., 2012).

435 O Brasil dispõe de elevada quantidade de água, porém, a sequência de
436 períodos secos e a má gestão e execução dos planejamentos hídricos tem
437 agravado a crise hídrica. Um bom planejamento implica em melhorar a captação
438 de recursos hídricos e reduzir o efluente de esgoto doméstico, o que representa
439 uma estratégia eficaz para a conservação dos recursos naturais. A demanda por
440 água e o volume de efluente de esgoto doméstico têm crescido a cada ano
441 (PINHEIRO et al., 2015).

442 Entre os vários benefícios ambientais da irrigação com esgoto tratado
443 inclui-se a absorção e a reciclagem dos nutrientes em plantas secas e a
444 prevenção de acúmulo excessivo de nutrientes no solo, especialmente nitrogênio
445 e potássio (ERTHAI et al., 2010; DE LEMOS et al., 2018). Outra vantagem é,
446 devido à escassez de água, a redução da eliminação de grandes volumes de
447 águas residuais e os benefícios econômicos, decorrente da não utilização de
448 água potável para irrigação da cultura. A irrigação com efluentes tratados fornece
449 às plantas nutrientes de baixo custo, diminui as restrições na utilização da água
450 e custos de energia, ocasionando também uma menor emissão de carbono.

451 Cautela deve ser adotada em relação ao meio ambiente e saúde dos
452 consumidores, pois, podem ocorrer a contaminação por patógenos, sais e metais
453 pesados oriundos do esgoto tratado (KESER; BUYUK, 2012; UZEN et al., 2016).
454 Além do mais, o excesso de nutrientes, advindos dos efluentes, pode ter efeito
455 adverso no solo, com o excesso de fósforo e nitrato, que podem ser lixiviados e
456 se infiltrarem até as águas subterrâneas, contaminando-as e ocasionando
457 eutrofização e toxicidade em outros habitats. O acúmulo de nitrogênio afeta a
458 atividade catabólica da microbiota, em particular a biodegradação dos
459 compostos de carbono presentes no solo (TRUU; HEINSON, 2009; SIMÕES
460 et al., 2013).

461 A salinidade excessiva oriunda dos nutrientes dos efluentes, limita o
462 crescimento, desenvolvimento e produtividade da planta, e, na microbiota do
463 solo, está relacionada com a alteração da estrutura do solo e com a diminuição

464 do potencial osmótico. A salinidade e sodicidade também exercem influência na
465 comunidade fúngica, reduzindo a diversidade e biomassa desses
466 microrganismos, como também, aumentando os níveis de estresses e redução
467 do metabolismo microbiano. Na planta a salinidade tem influência na
468 mineralização do carbono e nitrogênio, retardando também o processo de
469 nitrificação (KE et al.,2013).

470 Uzen et al. (2016) constataram acúmulo de metais pesados no solo após a
471 irrigação com o efluente, evidenciando este acúmulo com a redução da atividade
472 da fosfatase alcalina e teor de ATP no solo, como também a supressão e
473 alteração da esporulação e da diversidade de fungos micorrízicos arbusculares
474 e o surgimento de resistência metálica em bactérias. Um aspecto negativo
475 evidenciado por Magesan et al. (1999) foi que o crescimento bacteriano
476 estimulado pela irrigação por efluente levou à formação de biofilmes, ocorrendo
477 o entupimento dos espaços porosos entre as partículas, afetando a
478 condutividade elétrica do solo.

479 Embora os efluentes tratados possam fornecer nutrientes em excesso às
480 necessidades da planta, causando problemas relacionados com o crescimento
481 vegetativo, atraso na maturação e redução da qualidade (UZEN et al., 2016),
482 tem sido verificado que efluente tratado atende, se não todos, pelo menos à
483 maioria das necessidades nutricionais das plantas, favorecendo o crescimento e
484 o índice morfológico (REBOUÇAS et al., 2010; RODRIGUES et al., 2013; DE
485 LIMA RODRIGUES et al., 2016; BRITO et al., 2018)

486 Nos estudos realizados por Pereira et al. (2011) foi verificado que em
487 relação à composição do efluente de esgoto doméstico, cerca de 66% dos
488 macros e micronutrientes estão sob a forma prontamente disponível para
489 absorção pelas plantas. Em algodoeiro, a irrigação com efluente tratado
490 aumentou significativamente a percentagem de germinação, o índice de
491 velocidade de emergência, a altura de plantas, o diâmetro do caule e a área foliar
492 (SOUSA NETO et al., 2012). Segundo Freitas et al. (2013), os incrementos no
493 potencial produtivo das plantas devem-se ao aumento dos teores de nitrogênio
494 promovido pelo efluente tratado.

495 A aplicação de esgoto doméstico tratado afeta a microbiota do solo,
496 aumentando geralmente a atividade metabólica da biomassa e respiração
497 microbiana ativa (através da liberação de CO₂), provavelmente devido à maioria
498 dos microrganismos do solo ser heterotrófica e o aporte de fontes de carbono

499 orgânico e nitrogênio total oriundas do efluente promover aumento da população
500 microbiana (TRUU; HEINSON, 2009; SIMÕES et al., 2013; GATTA et al.,
501 2014).

502 De outra forma, o efeito salino do efluente tratado pode favorecer o
503 aumento da condutividade elétrica do solo, reduzindo a capacidade da cultura
504 em absorver água, causando impactos negativos sobre os fatores
505 microbiológicos do solo, como a redução no estoque de carbono, carbono da
506 biomassa microbiana, quociente metabólico e quociente microbiano
507 (CHOWDHURY et al., 2011; SETIA et al., 2013).

508 Avaliando a qualidade de um solo irrigado com efluente tratado, Barbosa et
509 al. (2018) verificaram que o efluente influenciou nas alterações dos indicadores
510 relacionadas à acidificação do solo, H + Al e pH, reduzindo a qualidade da função
511 em relação ao desenvolvimento radicular, aumentou a condutividade elétrica do
512 extrato de saturação, teor de Na⁺ e teor de sódio trocável. O carbono da
513 biomassa microbiana e o quociente microbiano foram os atributos de maior
514 sensibilidade às alterações nos dois primeiros.

515 O uso de efluente tratado favoreceu o desenvolvimento das comunidades
516 biológicas do solo (por exemplo, as cianobactérias, líquenes), o que aprimorou
517 a disponibilidade de nitrogênio, mas teve pouco efeito nos processos de
518 decomposição microbiana em solos (HEINZEN et al., 2014). Gatica; Cytryn
519 (2013) verificaram que a irrigação com efluentes tratados estimulou
520 significativamente o desenvolvimento de bactérias e fungos copiotróficos,
521 enquanto a microbiota original do solo foi dominada por bactérias oligotróficas
522 (requerem menos nutrientes para o crescimento). Os autores também
523 observaram que a longo prazo essa irrigação resultou em maior abundância
524 microbiana do solo, induzindo nova composição radicular das comunidades
525 bacterianas e fúngicas. Contudo, com a suspensão da irrigação, a atividade
526 microbiana retornou aos níveis de solo irrigado com água de abastecimento,
527 demonstrando a alta resiliência do microbioma do solo.

528 De Paula et al. (2010) mostraram que o excesso de irrigação de pastagens
529 de efluentes no Brasil causou pequenos aumentos no estado fisiológico da
530 comunidade microbiana do solo, mas nenhum dano detectável à pastagem ou
531 ao solo. A dinâmica microbiana pode mudar gradualmente quando os solos são
532 irrigados com efluentes tratados, por fornecer ao solo nutrientes extra e
533 microrganismos benéficos, mas pode igualmente introduzir elementos de traço

534 potencialmente prejudiciais e constituintes orgânicos, tais como metais pesados,
535 inseticidas e hidrocarbonetos aromáticos polycíclicos, aos solos (CHEN et al.,
536 2015).

537 Considerando o crescente aumento de geração de resíduos, o uso
538 responsável dos efluentes apresenta alto potencial como alternativa sustentável
539 para fins agrícolas e poderá contribuir efetivamente para a segurança dos
540 recursos hídricos do planeta (WWAP, 2012; SUBRAMANI;
541 MANGAIYARKARASI; KATHIRVEL, 2014).

542

543 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

544

545 ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.;
546 LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação
547 nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33,
548 p.341-347, 2011.

549 ARIEIRA, G. O. Diversidade de nematoides em sistemas de culturas e
550 manejo do solo. Universidade Estadual de Londrina: Londrina, 2012. 98 f.
551 Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Estadual de Londrina.
552 Centro de Ciências Agrárias, Londrina, 2012.

553 BALOTA, E.L; YADA, I. F. U; AMARAL, H. A; NAKATANI, A. S;
554 HUNGRIA, M; DICK, R. P; COYNE, M.S. Soil Quality in Relation to Forest
555 Conversion to Perennial or Annual Cropping in Southern Brazil. **Revista**
556 **Brasileira Ciência do Solo**, v. 39, p. 1003-1014, 2015.

557 BARBOSA, E. A. A.; MATSURA, E.E.; DOS SANTOS, L.N.; NAZÁRIO
558 A.A.; GONÇALVES, I.Z.; Feitosa, D.R.C. **Revista Brasileira de Engenharia**
559 **Agrícola e Ambiental**, v.22, p.137-142, 2018.

560 BECERRA-CASTRO, C., LOPES, A. R., VAZ-MOREIRA, I., SILVA, E. F.,
561 MANAIA, C. M., NUNES, O. C. Wastewater reuse in irrigation: A microbiological
562 perspective on implications in soil fertility and human and environmental
563 health. **Environment international**, v. 75, p. 117-135, 2015.

564 BONGERS, T. The maturity index: An ecological measure of
565 environmental disturbance based on nematode species composition.

566 **Oecologia**, v. 83, p. 14-19, 1990.

567 BONGERS, T.; KORTHALS, G. The maturity index, an instrument to
568 monitor changes in the nematode community structure. Summaries of the 45 th
569 international symposium on Crop protection, Gent, Belgium. P.80, 1993.

570 BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a
571 bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology & Evolution**, v.
572 14, p. 224-229, 1999.

573 BRITO, R. F., NETO, M. F., MORAIS, M. A., DA SILVA DIAS, N., & DE
574 LIRA, R. B. Uso de água residuárias na produção de mudas de a
575 aroeira. **Revista caatinga**, v. 31, p. 687-694, 2018.

576 CARDOSO, G.D.; ALVES, P.L.C.A.; BELTRÃO, N.E.M.; VALE, L.S.
577 Períodos de interferência das plantas daninhas em algodoeiro de
578 fibra colorida BRS Safira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 456-462,
579 2010.

580 CARES, J.E; HUANG, S.P. Nematoides de solo. In: MOREIRA, F.M.S;
581 HUISING, E.J; BIGNELL, D.E. Manual de biologia dos solos tropicais:
582 Amostragem e caracterização da biodiversidade. Lavras, UFLA, 151p., 2010.

583 CARRASCOSA, M., SANCHEZ-MORENO, S., ALONSO-PRADOS, J.L.
584 Relationships between nematode diversity, plant biomass, nutrient cycling and
585 soil suppressiveness in fumigated soils. **European Journal of Soil Biology**, v.
586 62, p.49-59, 2014.

587 CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L. Cultivares de
588 algodão colorido no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**,
589 v.15, p.37-44, 2011.

590 CHEN, W.; LU, S; PAN, N.; WANG, W.; WU, L. Impact of reclaimed water
591 irrigation on soil health in urban green areas. **Chemosphere**, v. 119 p. 654-661,
592 2015.

593 CHOWDHURY, N.; MARSCHNER, P.; BURNS, R. G. Soil microbial
594 activity and community composition: Impact of changes in matric and osmotic
595 potential. **Soil Biology and Biochemistry**, v.43, p.1229- 1236, 2011.

596 CORRÊA, A. L., DE SOUZA ABOUD, A. C., MARINHO GUERRA, J. G.,
597 DE AGUIAR, L. A., DUARTE RIBEIRO, R. D. L. Adubação verde com crotalária
598 consorciada ao minimilho antecedendo a couve folha sob manejo orgânico.
599 **Revista Ceres**, v.61, p. 956-963, 2014.

600 CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONE, A. D.;
601 MOREIRA, A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de

602 cobertura na produção orgânica de feijão e Milho. II - Atributos biológicos do
603 solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 603-611, 2011.

604 DE ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do
605 solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research &**
606 **Agrotechnology**, v. 5, p. 187-206, 2012.

607 DEEPHA, V.; PRAVEENA, R.; SIVAKUMAR, R.; SADASIVAM, K.
608 Experimental and theoretical investigations on the antioxidant activity of
609 isoorientin from *Crotalaria globosa*. *Spectrochimica Acta Part A: **Molecular and***
610 ***Biomolecular Spectroscopy***, v. 121, p. 737-745, 2014.

611 DE LEMOS, M.; FERREIRA NETO, M.; DE MEDEIROS, J.F.; DIAS, N.S.;
612 SILVA, E.F.F.; LIRA, R.B.; NETO, M.F.; MEDEIROS, J.F. Nutritional evaluation
613 of forage cactus fertigated with domestic sewage effluent. **Revista Caatinga**, v.
614 31, p. 476 – 486, 2018.

615 DENK, T. R. et al. The nitrogen cycle: A review of isotope effects and
616 isotope modeling approaches. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 105, p. 121-
617 137, 2017.

618 DE PAULA, A. M.; DA FONSECA, A. F.; CARDOSO, E. J. B. N.; MELFI,
619 A. J. Microbial metabolic potential affected by surplus wastewater irrigation in
620 tropical soil cultivated with Tifton 85 Bermuda grass (*Cynodon dactylon* Pers. X
621 *C. niemfuensis* Vanderyst). **Water, air, and soil pollution**, v. 205, p. 161, 2010.

622 ECHER, F. R. et al. Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de
623 algodão. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, p. 638-645, 2010.

624 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
625 Algodão Colorido: “Tecnologia Embrapa para a geração de emprego e
626 renda na agricultura familiar do Brasil”. EMBRAPA-CNPQ, Campina Grande,
627 Brasil, p.2, 2011. (Circular Técnico, 17).

628 ERTHAL, V. J., FERREIRA, P. A., de MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.
629 Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água
630 residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**
631 **Ambiental**, v. 14, p. 467-477, 2010.

632 FERNANDES, M. M.; SILVA, M. D.; VELOSO, M. E. C.; OLIVEIRA, T. M.;
633 FERNANDES, M. R. M.; SAMPAIO, F. M. T. Biomassa microbiana e matéria
634 orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-mansão solteiro e
635 consorciado com gramínea no Sui do Piauí. **Revista Brasileira de Ciências**
636 **Agrárias**, v. 8: p. 464-469, 2013.

637 FERRIS, H.; BONGERS, T.; GOEDE, R.G.M. A framework for soil food
638 web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. **Applied**
639 **Soil Ecology**, v. 18, p. 13-29, 2001.

640 FERRIS, H.; TUOMISTO, H. Unearthing the role of biological diversity in
641 soil health. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 85, p. 101-109, 2015.

642 FOWLER, D. et al. The global nitrogen cycle in the twenty-first century.
643 **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B,**
644 **Biological Sciences**, v. 368 (1621), 2013.

645 FRANCHINI, J. C; COSTA, J. M; TORRES, H. D. E. Importância da
646 rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Empresa
647 Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Ministério da Agricultura,
648 Pecuária e Abastecimento. Documentos 327. ISSN 2176-2937. Jun. 2011.

649 FREITAS, C. A., da SILVA, A. R., BEZERRA, F. M., MOTA, F. S.,
650 GONÇALVES, L. R., BARROS. Reuse of treated domestic sewage effluent as
651 an alternative water source for the production of sugarcane. **Revista Brasileira**
652 **de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 727-734, 2013.

653 GARDIANO, C. G.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; LOPES, E. A.; ZOOCA,
654 R. J. F.; FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. D. Atividade nematicida de extratos de
655 sementes de espécies de *Crotalaria* sobre *Meloidogyne javanica*. **Revista**
656 **Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, p. 1-7, 2010.

657 GARRIDO, M. D. S.; SOARES, A. C. F.; COIMBRA, J. L.; SOUSA, C. D.
658 S. Management of crotalaria and pigeon pea for control of yam nematode
659 diseases. **Summa phytopathologica**, v. 34, p. 222-227, 2008.

660 GATTA, G. A.; LIBUTTI, A. GAGLIARDI, L.; BENEDUCE, L.; BRUSETTI, L.;
661 BORRUSO, G.; DISCIGLIO, E. Tarantino treated agro-industrial wastewater
662 irrigation of tomato crop: effects on qualitative/quantitative characteristics of
663 production and microbiological properties of the soil. **Agricultural Water**
664 **Management**, v. 149, p. 33-43, 2014.

665 GATICA, J.; CYTRYN, E. Impact of treated wastewater irrigation on
666 antibiotic resistance in the soil microbiome. **Environmental Science and**
667 **Pollution Research**, v. 20, p. 3529-3538, 2013.

668 GUTIÉRREZ, C.; FERNÁNDEZ, C.; ESCUER, M.; CAMPOS-HERRERA,
669 R.; RODRÍGUEZ, M.E.B.; CARBONELL, G.; MARTÍN, J. A. R. Effect of soil
670 properties, heavy metals and emerging contaminants in the soil nematodes
671 diversity. **Environmental Pollution**, v. 213, p. 184–194, 2016.

672 HAYDEN, H. L., DRAKE, J., IMHOF, M., OXLEY, A. P., NORNG, S., &
673 MELE, P. M. The abundance of nitrogen cycle genes amoA and nifH depends
674 on land-uses and soil types in South-Eastern Australia. **Soil Biology and**
675 **Biochemistry**, v. 42, p. 1774-1783, 2010.

676 HEINZE, S.; CHEN, Y.; EL-NAHHAL, Y.; HADAR, Y.; JUNG, R.; SAFI, J.;
677 MARSCHNER, B. Small scale stratification of microbial activity parameters in
678 Mediterranean soils under freshwater and treated wastewater irrigation. **Soil**
679 **Biology and Biochemistry**, v. 70, p. 193-204, 2014.

680 HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura,
681 indústria, município e recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos**
682 **Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

683 JERÔNIMO, J. F. et al. Qualidade da semente e fibra de algodão na
684 caracterização do descaroçador de 25 serras. **Revista Brasileira de**
685 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 664- 671, 2014.

686 KAGGWA-ASIIMWE R.; ANDRADE-SANCHEZ, P.; WANG, G. Plant
687 architecture influences growth and yield response of upland cotton to population
688 density. **Field Crops Research**, v. 145, p.52-59, 2013.

689 KIMENJU, J. W.; KARANJA, N. K.; MUTUA, G. K.; RIMBERIA, B. M.;
690 WACHIRA, P. M. Nematode community structure as influenced by land use and
691 intensity of cultivation. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.11,
692 p.353-360, 2009.

693 LI, Y.; CHAPMAN, S. J.; NICOL, G. W.; YAO, H. Nitrification and nitrifiers
694 in acidic soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 116, p. 290-301, 2018.

695 LU, Z. B.; DONG, D. F.; YANG, B.; LI, L. L.; YU, Y.; OUYANG, F.; MEN, X.
696 Y. Effects of crop species richness on the community of soil nematodes in an
697 experimental agroecosystem. **European journal of soil biology**, v. 73, p. 26-
698 33, 2016.

699 MAGESAN, G. N.; SPARLING, G. P., WILLIAMSON, J. C.; SCHIPPER, L.
700 A.; LLOYD-JONES, A. R. Hydraulic conductivity in soils irrigated with
701 wastewaters of differing strengths: Field and laboratory studies. **Soil Research**,
702 v. 37, p. 391-402, 1999.

703 MEDINETS, S.; SKIBA, U.; RENNENBERG, H.; BUTTERBACH-BAHL, K.
704 A review of soil NO transformation: associated processes and possible
705 physiological significance on organisms. **Soil Biology and Biochemistry**, v.
706 80, p. 92-117, 2015.

707 MENDES, I. C.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F.B.
708 dos. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation
709 types. **Plant and Soil**, v. 359, p. 183–195, 2012.

710 PALATINSZKY, M.; HERBOLD, C.; JEHLICH, N.; POGODA, M.; HAN,
711 P.; VON BERGEN, M.; BERRY, D. Cyanate as an energy source for
712 nitrifiers. **Nature**, v. 524, p. 105, 2015.

713 PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.;
714 MARTINS, M. A.; URQUIAGA, S. Chemical and microbiological soil
715 characteristics under conventional and organic coffee production systems.
716 **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 43, n. 2, p. 847-864,
717 2012.

718 PEIXOTO, F. G. T. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos
719 do estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados. Universidade
720 Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho Faculdade de Ciências Agrárias e
721 Veterinárias Jaboticabal, São Paulo, 2010. 69f. Dissertação.

722 PEREIRA, B.F.F.; HE, Z.L.; SILVA, M.S.; HERPIN, U.; NOGUEIRA, S.F.;
723 MONTES, C.R.; MELFI, A.J. Reclaimed wastewater: impact on soil-plant
724 system under tropical conditions. **Journal of Hazardous Materials**, v.192,
725 p.54-61, 2011.

726 PINHEIRO, M.I.T; CAMPO, J.N.B; STUDART, T.M.C; LUNA, R.M;
727 SANTOS, E.M.A. Programas de segurança da água: conceitos e práticas. 85
728 SANTOS, MATSURA, SANTOS. **Revista de Ingeniería y Ciencias**
729 **Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v.8, p.131-146, 2015.

730 RIGON, J. C. S.; de BRITO NETO, J. F.; BELTRÃO, N. D. M; SILVA, F. D.
731 F. Utilização da torta de mamona e de fontes de nitrogênio durante o
732 crescimento inicial do algodão colorido. In: Embrapa Algodão-Artigo em anais
733 de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO;
734 COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de
735 um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011.

736 SAMMIS, T. W.; PICCHIONI, J. G; MEXAL, G.; SAUCEDO, D.
737 Management Model for Land Application of Wastewater, p. 261-273, 2013.

738 SÁNCHEZ-MORENO, S.; CANO, M.; LÓPEZ-PÉREZ, A.; BENAYAS, J.
739 M. R. Microfaunal soil food webs in Mediterranean semi-arid agroecosystems.
740 Does organic management improve soil health? **Applied Soil Ecology**, v. 125,
741 p. 138-147, 2018.

742 SETIA, R.; GOTTSCHALK, P.; SMITH, P.; MARSCHNER, P.; BALDOCK,
743 J.; SETIA, D.; SMITH, J. Soil salinity decreases global soil organic carbon
744 stocks. **Science of The Total Environment**, v. 465, p. 267-272, 2013.

745 SPOTT, O.; RUSSOW, R.; STANGE, C. F. Formation of hybrid N₂O and
746 hybrid N₂ due to codenitrification: First review of a barely considered process of
747 microbially mediated N-nitrosation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, p.
748 1995-2011, 2011.

749 SOUSA NETO, O. N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. D. S.; REBOUÇAS,
750 J. R.; OLIVEIRA, F. R.; DINIZ, A. A. Fertigation of cotton with treated domestic
751 sewage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p.
752 200-208, 2012.

753 STEPHENSON, D. O.; BARBER, T.; BOURLAND, F. M. Effect of twin-row
754 planting pattern and plant density on cotton growth, yield, and fiber quality.
755 **Journal of Cotton Science**, v. 15, p. 243-250, 2011.

756 TRUU, M.; TRUU, J.; HEINSOO, K. Changes in soil microbial community
757 under willow coppice: the effect of irrigation with secondary-treated municipal
758 wastewater. **Ecological engineering**, v. 35, p. 1011-1020, 2009.

759 UZEN, N.; CETIN, O.; UNLU, M. Effects of domestic wastewater treated
760 by anaerobic stabilization on soil pollution, plant nutrition, and cotton crop
761 yield. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, p. 664, 2016.

762 WARD, Bess B.; ARP, Daniel J.; KLOTZ, Martin G. (Ed.). **Nitrification**.
763 American Society for Microbiology Press, 2011.

764 WWAP – World Water Assessment Programme. The United Nations
765 World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and
766 Risk. (4th ed.). Paris: UNESCO. 2012.

767 YEATES, G.W.; BONGERS, T. Nematodes diversity in agroecosystems.
768 **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 113-135, 1999.

769 ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.;
770 XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e
771 produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v.39,
772 p.749-758, 2009.

773 ZHONG, S.; ZENG, H.C.; JIN, Z.Q. Influences of different tillage and
774 residue management systems on soil nematode community composition and
775 diversity in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 107, p. 234-243,
776 2017.

777

CAPÍTULO II

778

EFEITO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

779

SOBRE ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO E ALGODOEIRO COLORIDO

780 **EFEITO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO**
781 **SOBRE ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO E ALGODOEIRO COLORIDO**

782

783

RESUMO

784

785 A principal vantagem do aproveitamento de efluentes de esgoto doméstico
786 tratado, com finalidade agrícola, consiste na conservação da água disponível e
787 na reciclagem de nutrientes. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da água
788 residuária de esgoto doméstico tratada sobre o desenvolvimento e produtividade
789 do algodoeiro colorido e atributos biológicos do solo em condições semiáridas.
790 O experimento foi conduzido em Ibimirim - PE, em delineamento experimental
791 inteiramente casualizado com quatro tratamentos (água de abastecimento,
792 efluente do reator UASB, efluente do decanto digestor + filtro anaeróbio e
793 efluente do filtro anaeróbio) e seis repetições, em uma área de 228 m². As
794 análises fundamentaram-se no desenvolvimento e produtividade da cultivar de
795 algodoeiro colorido BRS RUBI, umidade e evolução C-CO₂ do solo, comunidade
796 de nematoides e índices ecológicos. A aplicação dos efluentes de esgoto
797 tratados promoveram aumento no diâmetro do caule, área foliar e altura de
798 plantas, umidade e evolução C-CO₂ do solo em relação ao uso de água de
799 abastecimento. Os nematoides bacteriófagos foram os mais abundantes e, os
800 onívoros, os menos abundantes. O índice de parasito de planta foi o mais
801 sensível ao distúrbio promovido pela aplicação dos efluentes.

802

803 **Palavras-chave:** Diversidade trófica, Filtro Anaeróbico, *Gossypium hirsutum*,
804 Nematóide, Reator UASB.

805

806 **EFFECT OF TREATED DOMESTIC SEWAGE WASTEWATER ON SOIL**
807 **BIOLOGICAL ATTRIBUTES AND COLORFUL COTTON**

808

809

ABSTRACT

810

811 The main advantage of treated domestic sewage effluent reuse for agricultural
812 purpose consist in water conservation and nutrients recycling. The objective of
813 the work was to evaluate the effect of treated domestic sewage effluent on
814 development and production of colored cotton and biological soil attributes under

815 semiarid conditions. It was implemented two experiments. The first experiment
816 was carried out in field, in Ibimirim – PE, Brazil, through completely randomized
817 design with four treatments (water supply, UASB (Upflow Anaerobic Sludge
818 Blanket) reactor, decant-digester effluent + anaerobic filter, and effluent from
819 anaerobic filter) and six replicates, in a 228-m² area. Analysis based on
820 development and productive of colored cotton cultivar BRS RUBI, soil humidity
821 and C-CO₂ evolution, nematode community, and ecological index. The treated
822 domestic sewage effluent application increased stem diameter, leaf area, and
823 plant height, but did not affect crop production, soil humidity and C-CO₂ evolution
824 comparing to water supply. The bacterivorous nematodes were the most
825 abundant, and the omnivorous the less one. The plant-parasite index was the
826 most sensitive to disturbers came from the effluent application.

827

828 **Keywords:** Trophic diversity, Anaerobic filter, *Gossypium hirsutum*, Nematode,
829 UASB reactor.

830

831 INTRODUÇÃO

832

833 O Algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*) é cultivado nas regiões
834 semiáridas desempenhando importante papel econômico e social. É utilizado em
835 indústrias têxtil, na produção de óleo comestível e tem função de
836 complementação alimentar para animais (ALVES et al., 2008; CARDOSO et al.,
837 2010). O algodoeiro colorido BRS Rubi possui ciclo médio de 130 dias após a
838 emergência, tem vigor de crescimento médio, peso médio de um capulho em
839 torno de 4,8 gramas, é moderadamente suscetível ao nematoide das galhas,
840 *Meloidogyne* spp., e tem indicação geográfica para plantio na região Nordeste
841 (EMBRAPA, 2019).

842 O reuso de água na agricultura apresenta-se como uma alternativa para a
843 escassez de água, como também, para agregar ganhos sociais e ambientais, devido à
844 possibilidade de minimizar a poluição dos mananciais e direcionar a liberação dos
845 recursos hídricos para outras atividades (ANA, 2011). A utilização das águas residuárias
846 de esgoto tratado na irrigação garante a reciclagem de nutrientes, reduz a quantidade
847 de fertilizantes e ajuda a preservação do meio ambiente (SOUZA et al., 2010;
848 ASGHARIPOUR; AZIZMOGHADDAM, 2012; SARAIVA; KONIG, 2013).

849 A utilização de água residuária tratada promove melhorias nas
850 características de comprimento, índice de fibras e finura das fibras do algodoeiro.
851 De acordo com Lima (2018), o esgoto tratado é uma fonte hídrica para o cultivo
852 de algodoeiro de fibra colorida no sertão do Estado de Pernambuco,
853 economizando 100% de água de boa qualidade.

854 Em se tratando da microbiota do solo, as respostas das influências dos efluentes
855 sobre os microrganismos são variadas, incluem aumento da biomassa e da atividade de
856 microrganismos e promovem diferentes tipos de alterações na estrutura da comunidade
857 microbiana (ADROVER et al., 2012). A atividade biológica do solo irrigado com efluente
858 doméstico tratado é afetada principalmente pelo conteúdo de matéria orgânica do solo
859 (GATTA et al., 2015).

860 Conseqüentemente, a aplicação de água residuária tratada em longo prazo afeta
861 a dinâmica e abundância da microbiota e microfauna do solo, incluindo-se os
862 nematoides. A diversidade e abundância dos nematoides reflete a comunidade
863 microbiana do solo que pode ser estimulada, pelo aumento de carbono e nutrientes
864 disponíveis, bem como inibida, devido à presença de antagonistas ou poluentes (GATTA
865 et al., 2014).

866 O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de água residuária de esgoto doméstico
867 tratado sobre o desenvolvimento e produtividade do algodoeiro colorido e atributos
868 biológicos do solo.

869

870 **MATERIAL E MÉTODOS**

871

872 **Localização da área geográfica**

873 O experimento foi conduzido no período de 15 de abril de 2016 a 2 de
874 setembro de 2016, em condições de campo, na Unidade Piloto de Reuso
875 Hidroagrícola de Esgoto Doméstico, Município de Ibimirim – PE (latitude de 8°
876 32' 26" Sul, longitude de 37° 41' 25" com altitude média de 401 m na região
877 semiárida do Estado de Pernambuco, a 333,0 km de Recife.

878

879 **Caracterização da área experimental**

880 O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1948), é do
881 tipo BSw'h', semiárido muito quente, com precipitação média anual de 454,0 mm
882 e temperatura média anual em torno de 24,7 °C. Os meses mais quentes do ano
883 possuem registros máximos de temperatura que variam de 35 a 40 °C,
884 principalmente nos meses de novembro e dezembro, enquanto a temperatura

885 mínima média é de aproximadamente 23,0 °C, especialmente nos meses de
886 julho a agosto.

887 O solo da área é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico
888 A moderado e o relevo é predominantemente plano. A coleta foi realizada na
889 camada de 0-20 e 20-40 cm do solo, conforme metodologia proposta por
890 Donagema et al. (2011). A textura do solo é franco arenosa com 760, 80 e 160
891 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. A caracterização química do solo
892 da área experimental, o número de dias para cada fase de desenvolvimento da
893 cultura, e os valores diários de ETo, ETc e Kc durante o período experimental
894 encontram-se nas Tabelas 1, 2 e Figura 1, respectivamente.

895

896 **Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental em Ibimirim, PE
897 2015.

Prof. (m)	P (mg. dm ⁻³)	pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Na	K	Al	H	CTC	S	m	V
			(cmolc.dm ⁻³)						(%)			
0,00-0,20	25	4,60	1,25	0,75	0,03	0,19	0,15	1,41	3,80	2,20	6	59
0,20-0,40	19	4,30	1,40	0,70	0,04	0,24	0,40	1,74	4,50	2,40	14	53

898 Fonte: Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), 2015

899

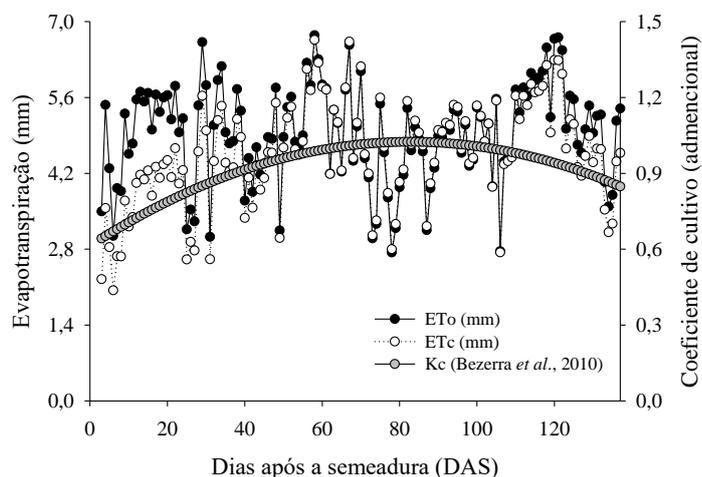
900 **Tabela 2.** Ciclo fenológico do algodoeiro colorido, cv. BRS Rubi, durante o
901 período experimental em Ibimirim, PE

Fases	Estádios de desenvolvimento ¹	DAE ²	Duração ³
I	Emergência a 10% de cobertura do solo	1-19	19
II	10% de cobertura do solo ao início da floração	20-41	22
III	Início da floração ao início da maturação	42-88	48
IV	Início ao final da maturação	89-130	41

902 ⁽¹⁾ Determinado de acordo com observações diárias de campo; ⁽²⁾ Dias após a

903 emergência; ⁽³⁾ em dias. Fonte: Lima, 2018

904



905

906 **Figura 1:** Médias mensais da evapotranspiração de referência (ETo), da cultura
 907 (ETc) e coeficiente de cultivo (Kc) do algodoeiro colorido BRS Rubi durante o
 908 período experimental. Fonte: Lima, 2018.

909

910 **Delineamento Experimental e Tratamentos**

911 A cultivar utilizada no experimento foi BRS RUBI fornecida pela Embrapa
 912 Algodão. A semeadura foi realizada manualmente, com espaçamento de 1,00 m
 913 entre fileiras e 0,20 m entre plantas, deixando-se após o desbaste duas plantas
 914 por cova (10 plantas). Cada parcela foi composta de três fileiras simples de
 915 plantas de 3 m² de comprimentos, totalizando uma área experimental de 216 m².
 916 A área útil foi formada pela fileira central, deixando-se como bordadura 0,5 m em
 917 cada extremidade.

918 O experimento foi conduzido com o delineamento experimental
 919 inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Os
 920 tratamentos foram constituídos por aplicação de irrigação com: esgoto doméstico
 921 tratado por método híbrido = UASB (T1); esgoto doméstico tratado por método
 922 decanto digestor + filtro anaeróbio (T2); esgoto doméstico tratado por filtro
 923 anaeróbio (T3), água de abastecimento (testemunha); totalizando 24 parcelas
 924 experimentais (Figura 2). Foram analisadas as três plantas centrais de cada
 925 parcela.

926



927

928

929 **Figura 2:** Área experimental. Fonte: Autor, 2019.

930

931 **Origem e características dos efluentes de esgoto doméstico tratado**

932 O esgoto bruto foi proveniente do sistema de esgotamento condominial
933 implantado para o atendimento de 500 habitações, cerca de 3.000 habitantes,
934 em torno das proximidades do bairro Lajes, Ibimirim, PE. O tratamento do esgoto
935 bruto foi realizado na área experimental e compreende a passagem deste, por
936 um tratamento preliminar composto por uma grade de barras de ferro (Figura
937 3A), onde, foi realizado o tratamento preliminar, seguindo depois para a
938 barragem adjacente para sedimentação (Figura 3B), e em seguida para a caixa
939 de areia associada a uma calha Parshall (Figura 3C) para conduzir o efluente ao
940 poço úmido (Figura 4D), respectivamente.

941



942



943



944

945 **Figura 3-** Tratamento preliminar. Fonte: Autor, 2016.

946

947 Após esta etapa, o efluente seguiu para um poço úmido e estação
948 elevatória de onde foi bombeado para os sistemas de tratamento secundário. As
949 três configurações de tratamento de esgoto doméstico são as seguintes: Reator
950 de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB) dotado de um compartimento
951 aeróbio com fluxo descendente associado a uma lagoa de polimento (LP);
952 Decanto-digestor (DG) associado em série com um filtro anaeróbio e em série
953 com uma lagoa de estabilização (LE); e Filtro anaeróbio (FA) em série com uma
954 lagoa de estabilização (LE). Tanto o decanto-digestor, quanto o filtro anaeróbio,
955 possuem capacidade de tratamento de $8,0 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, com tempo de detenção
956 hidráulica de 2,2 h. Tanto a lagoa de polimento quanto as lagoas de estabilização
957 foram dimensionadas de modo a apresentar as dimensões de 3,0 m de largura,
958 7,0 m de comprimento e 1,0 m de profundidade.

959

960 **Manejo de Irrigação**

961 O manejo da irrigação foi realizado via clima ao longo do desenvolvimento
962 da cultura. O cálculo da ET_c foi determinado com base na evapotranspiração
963 diária de referência (ET_o) estimada pelo modelo de Penman-Monteith - FAO
964 (Allen et al., 1998) (Equação 1) com coeficiente de cultivo (K_c) adotado de
965 Bezerra et al. (2010) (Equação 2). Os dados climáticos para a determinação da
966 ET_o foram obtidos em estação meteorológica de observação de superfície
967 automática (marca Campbell Scientific, modelo CR1000, Logan, Utah, USA)
968 instalada nas proximidades da área experimental.

$$969 \quad ET_o = \frac{0,408(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T_2 + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad \text{eq. (1)}$$

970 Em que:

971 ET_o – evapotranspiração de referência, mm dia^{-1} ;

972 Rn – radiação líquida na superfície da cultura, $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

973 G – densidade de fluxo de calor no solo, $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

974 T_2 – temperatura do ar a 2 m de altura, $^{\circ}\text{C}$;

975 u_2 – velocidade do vento a 2 m de altura, m s^{-1} ;

976 e_s – pressão de saturação de vapor, KPa ;

977 e_a – pressão atual de vapor, KPa;
978 $(e_s - e_a)$ – déficit de pressão de saturação de vapor, KPa;
979 Δ – declividade da curva de pressão de vapor de saturação versus
980 temperatura, KPa °C⁻¹;
981 γ – constante psicrométrica, KPa °C⁻¹.

$$982 K_c = 0,632 + 0,009 * DAE - 0,00006 * DAE^2 \quad \text{eq. (2)}$$

983 Em que:

984 K_c – coeficiente de cultivo adotado, adimensional;

985 DAE – dias após a emergência das plantas.

986 Para o cálculo da E_{T_o} , foram utilizados dados diários de temperatura média
987 do ar, umidade relativa média, velocidade do vento e radiação solar. A estimativa
988 da E_{T_c} foi realizada com os dados de E_{T_o} , K_c e o coeficiente de localização
989 médio (K_L), que varia de 0 a 1, para a correção da E_{T_c} conforme Equação 3.

$$990 E_{T_c} = E_{T_o} K_c K_{L_{méd}} \quad \text{eq. (3)}$$

991 Em que:

992 E_{T_c} – evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;

993 E_{T_o} – evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

994 K_c – coeficiente de cultivo, de acordo com a fase fenológica da cultura,
995 adimensional;

996 $K_{L_{méd}}$ – coeficiente de localização médio, dependente da percentagem de
997 área sombreada, adimensional.

998 O coeficiente de localização médio ($K_{L_{méd}}$) foi determinado considerando a
999 projeção da área sombreada (S) da planta ao meio-dia, ao longo do seu
1000 desenvolvimento conforme Aljibury; Marsh; Huntamer (1974) (Equação 4),
1001 Decroix (1978) (Equação 5), Hoare; Garzoli; Blackwell (1974) (Equação 6), Keller
1002 (1978) (Equação 7) e Keller; Bliesner (1990) (Equação 8), e obtido pela média
1003 aritmética destes:

$$1004 K_L = 1,34 * S \quad \text{eq. (4)}$$

$$1005 K_L = 0,10 + S \quad \text{eq. (5)}$$

$$1006 K_L = S + 0,50 * (1 - S) \quad \text{eq. (6)}$$

$$1007 K_L = S + 0,15 * (1 - S) \quad \text{eq. (7)}$$

$$1008 K_L = 0,10 * \sqrt{S} \quad \text{eq. (8)}$$

1009 Os valores de coeficiente de localização médio ($K_{L_{méd}}$) adotados no manejo
1010 da irrigação para o algodoeiro encontram-se na Tabela 3.

1011

1012

1013 A diferenciação das lâminas de irrigação foi caracterizada pelo tempo de
1014 irrigação (T_i) estabelecido para cada tratamento, com T_i calculado pela Equação
1015 9 e adoção de turno de rega (TR) diário.

$$1016 \quad T_i = \frac{(ET_C)(E_{LL} E_g)}{q_g E_a} 60 \quad \text{eq. (9)}$$

1017 onde:

1018 T_i – tempo de irrigação, min;

1019 ET_C – evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;

1020 E_{LL} – espaçamento entre linhas laterais, m;

1021 E_g – espaçamento entre gotejadores na linha lateral, m;

1022 q_g – vazão do emissor, L h⁻¹;

1023 E_a – eficiência do sistema de irrigação, decimal.

1024 A diferenciação das lâminas de irrigação ocorreu a partir do
1025 estabelecimento da cultura por ocasião do desbaste, 25 dias após a emergência
1026 (DAE). Ao final do experimento, 135 DAE, a lâmina total de irrigação acumulada
1027 para cada tratamento foi de 615,49mm (L_3).

1028

1029 **Caracterização do sistema de irrigação**

1030 A irrigação foi realizada por gotejamento. Nas linhas laterais de distribuição
1031 de água foram utilizadas fitas gotejadoras autocompensantes de carga hidráulica
1032 (marca Netafim, modelo Dripnet PC 16250) com diâmetro e vazão nominais de
1033 16 mm e 2,0 L h⁻¹, respectivamente. Para a sucção e recalque do efluente,
1034 utilizou-se uma bomba centrífuga de eixo horizontal (marca Schneider, com
1035 potência de 1,0 cv.).

1036

1037 **Análises nematológicas e índices ecológicos de nematoides**

1038 As amostras de solos deformadas foram processadas com o auxílio de
1039 duas peneiras de 60 e 400 mesh para extração, a partir de 300 cm³ de solo pelo
1040 método da flotação centrífuga em solução de sacarose por 4 min JENKINS
1041 (1964). As suspensões obtidas foram mantidas refrigeradas em torno de 6° para
1042 posterior identificação e contagem.

1043 A estimativa populacional foi obtida por meio da contagem em lâminas de
1044 Peters por meio de uma alíquota de 1 ml com o auxílio de um microscópio óptico,
1045 em duas repetições. Os nematoides foram classificados quanto ao hábito

1046 alimentar em cinco grupos tróficos (parasitas de plantas, bacteriófagos,
1047 micófagos, predadores e onívoros) baseado na morfologia do estoma e esôfago,
1048 segundo YEATES et al. (1993). Os nematoides parasitas de plantas foram
1049 identificados a nível de gênero de acordo com MAI et al. (1996) e os nematoides
1050 de vida livre foram identificados a nível de família conforme a chave de
1051 identificação de TARJAN et al. (1977).

1052 Alguns nematoides no período anterior ao tratamento não foram verificados
1053 em nenhuma amostra e, portanto, não foi realizada a ANOVA, como também
1054 não se efetuou a ANCOVA tendo como covariável estes dados. Por isso para
1055 alguns nematoides apenas foi analisado o número de espécimes depois.

1056 Os nematoides também foram classificados em guildas funcionais com
1057 base em hábitos alimentares em cinco grupos de colonizador-persistente (c-p)
1058 que varia de 1 a 5 onde representam o histórico de vida, características e
1059 sensibilidade à perturbação ambiental (BONGERS, 1990); BONGERS;
1060 BONGERS, 1998).

1061 Através das características da comunidade de nematoides do solo foram
1062 descritos os seguintes índices ecológicos: índice de maturidade (IM), que
1063 corresponde aos nematoides de vida livre com cp de 1 a 5 de acordo com
1064 BONGERS (1990); YEATES (1994), IM_{2-5} para nematoides de vida livre com cp
1065 de 2 a 5 (BONGERS; KORTHALS, 1993), índice de parasito de planta (IPP) para
1066 nematoides parasitas de plantas (BONGERS, 1990). Os índices Basal (IB), de
1067 estrutura (IS), de enriquecimento (IE) e canal (IC) foram calculados segundo
1068 FERRIS; BONGERS; DE GOEDE (2001).

1069 O cálculo dos índices acima foi realizado pelo programa NINJA – Indicador
1070 de análise conjunta de nematoides. Alguns nematoides no período anterior ao
1071 tratamento não foram verificados em nenhuma amostra portanto não foi
1072 realizada a ANOVA nem a ANCOVA tendo como covariável estes dados. Por
1073 essa razão, para alguns nematoides, foi determinado apenas o número de
1074 nematoide depois.

1075

1076 **Evolução C-CO₂ do solo**

1077 Foram coletados 100 g de solo em cada parcela na profundidade entre 5-
1078 20 cm, totalizando 48 amostras nas duas coletas. A respiração do solo foi
1079 estimada segundo metodologia descrita por GRISI (1978). Neste método, a
1080 absorção do CO₂ foi feita por uma solução de KOH 0,5 N e, posteriormente,

1081 titulada com HCl 0,1 N, utilizando-se como indicadores a fenolftaleína e o
1082 alaranjado de metila a 1 %.

1083

1084 **Umidade do solo e desenvolvimento da planta**

1085 Para determinação da umidade do solo as 24 amostras foram pesadas para
1086 obtenção da massa úmida (g) e depois levadas à estufa a 105 °C por 24 h para
1087 obtenção da massa seca (g); a umidade (g g⁻¹) foi calculada pelo método
1088 gravimétrico, dividindo-se a massa de água pela massa seca do solo.

1089 A avaliação da altura de planta, diâmetro do caule e área foliar foi realizada
1090 em quatro plantas de cada parcela, usando-se uma trena, paquímetro digital e
1091 uma régua, respectivamente. A área foliar foi baseada na equação proposta por
1092 GRIMES; CARTER (1969).

$$1093 \quad Y = 0,4322 X^{2,3002} \quad \text{eq. (10)}$$

1094 Onde Y= área foliar por folha⁻¹; X - comprimento da nervura principal da
1095 folha do algodoeiro, a área foliar por planta foi determinada pelo somatório da
1096 área foliar de cada folha. A massa da matéria fresca da parte aérea (folha +
1097 caule) foi acondicionada em papel Kraft e pesados em balança analítica com
1098 precisão de 0,01 g. Para determinação da massa seca, as partes das plantas
1099 foram colocadas em sacos de papel, identificadas e levadas a uma estufa de
1100 circulação de ar forçado à 65°C (±1) até obtenção de massa constante, sendo
1101 então pesados em balança digital com precisão de 0,01g.

1102 A colheita ocorreu quando a maioria dos capulhos (70%) se encontravam
1103 abertos e foi realizada manualmente. Esta avaliação ocorreu na planta
1104 intermediária da parcela através das seguintes variáveis: número de capulhos
1105 por planta (ncpp) e peso de um capulho (Pumcap).

1106

1107 **Análises das águas de irrigação**

1108 Para a avaliação da qualidade da água foram determinadas as
1109 propriedades físico-químicas e microbiológicas da água de abastecimento e dos
1110 efluentes dos três sistemas de tratamentos (UASB, Decanto Digestor + Filtro
1111 Anaeróbio e Filtro Anaeróbio). Três amostras simples foram coletadas
1112 diretamente na saída de cada uma das bombas. Adicionalmente foi determinada
1113 a densidade dos diferentes tipos de água utilizados. As amostras para as
1114 variáveis físicas e químicas foram recolhidas em recipientes plásticos de 250 ml
1115 e, as que foram coletadas para análise microbiológica, em recipientes plásticos

1116 específicos para essa finalidade, foram conservadas sob baixas temperaturas
 1117 (4°C – 19°C) e transportadas até o laboratório num período menor a 24 horas.
 1118 Foram analisados os parâmetros: DQO, DBO, SST, CE, pH, dureza total, cálcio,
 1119 sulfatos, sódio e magnésio, coliformes totais e termotolerantes.

1120

1121 **Tabela 4.** Parâmetros físico-químicos dos tipos de águas usados no
 1122 experimento.

Parâmetro	Unidades	UASB	Digestor+Filtro anaeróbio	Filtro anaeróbio	Água
DQO	mg de O ₂ L ⁻¹	154,0	436,0	712,0	34,0
DBO	mg de O ₂ L ⁻¹	39,0	99,0	250,0	6,5
CE	µS cm ⁻¹	2,1	1,9	2,0	0,3
pH	-	7,2	7,1	7,2	9,2
O ₂ dissolvido	(%)	46,0	13,1	13,2	85,5
SST	mg L ⁻¹	-	-	-	-
S dissolvidos	mg L ⁻¹	-	-	-	-
Dureza Total	mg de CaCO ₃ L ⁻¹	273,4	285,2	306,7	153,3
Cálcio	mg L ⁻¹	74,9	86,3	89,5	54,4
Sódio	mg L ⁻¹	133,1	120,9	116,9	19,0
Potássio	mg L ⁻¹	43,6	38,6	47,6	10,6
Fósforo	mg L ⁻¹	13,7	12,9	15,5	8,5
Nitrogênio	mg L ⁻¹	126,0	21,0	28,0	-
Magnésio	mg L ⁻¹	21,0	17,0	20,2	4,3
Manganés	mg L ⁻¹	1,30	1,33	1,27	1,28
Ferro	mg L ⁻¹	9,2	9,0	10,1	10,3
Enxofre	mg L ⁻¹	5,3	7,8	6,9	4,0
Coliformes totais	NMP/100mL	2,2 x 10 ⁷	1,6 x 10 ¹⁰	1,6 x 10 ¹⁰	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1,4 x 10 ⁷	3,5 x 10 ⁹	1,1 x 10 ⁹	-

1123 Fonte: Elaborado pelo autor.

1124

1125 **Análise estatística**

1126 Os dados foram submetidos a análises de variância e covariância, sendo
 1127 esta última utilizada quando da presença de uma covariável influenciando os
 1128 resultados (antes e depois). Conjuntamente nas análises, os pressupostos
 1129 estatísticos (normalidade dos resíduos e homocedasticidade das variâncias)
 1130 foram verificados por meio do teste de Shapiro-Wilk e teste de Bartlett,
 1131 respectivamente, ambos a 1% de significância. Na presença de efeito

1132 significativo dos tratamentos ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste
1133 de Tukey.

1134 Nas ocasiões em que os pressupostos não foram atendidos, optou-se pelo
1135 teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e comparação de médias pelo teste de
1136 Dunn. Todos os procedimentos realizados foram conduzidos no software (R
1137 Core Team, 2019), exceto o de Umidade que utilizou o pacote estatístico SAS
1138 9.0 para Windows (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA, 2001) com os
1139 procedimentos PROC GLM, para análise de covariância.

1140

1141 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1142

1143 No que se refere aos componentes da produção para os diferentes tipos de
1144 água para irrigação não foram observados efeitos significativos para os
1145 tratamentos testados ($p > 0,05$) (Tabela 5). Dantas et al (2014) obtiveram
1146 resultados de produtividade similares, avaliando rabanete irrigado com água
1147 residuária tratada. Essa resposta pode estar relacionada ao tipo de efluente
1148 tratado aplicado e à condição ambiental da área de cultivo. Os tratamentos com
1149 águas residuárias e os dados de produtividade também não apresentaram
1150 efeitos significativos em estudos conduzidos por Gatta et al. (2014); Dos Santos;
1151 Nascimento; Fidelis Filho (2015).

1152

1153 **Tabela 5.** Produtividade do algodoeiro BRS Rubi após irrigação com água
1154 residuária no semiárido de Pernambuco.

Tratamento	Número de Capulhos(g)	Peso (capulho)(g)	Massa fresca (caule+folhas) (g)	Massa seca (folha) (g)	Massa seca (caule) (g)
UASB	40,83	184,32	12,89	38,10	212,85
D + AF	24,17	147,02	11,08	25,40	129,70
AF	31,33	147,97	8,99	25,41	159,07
Control	30,67	124,58	9,84	26,71	145,17
F (p)	0,92 (0,45)	0,95 (0,43)	0,69 (0,57)	0,73 (0,55)	1,21 (0,33)
CV (%)	55,24	41,08	46,43	61,16	49,78
Bartlett – p	0,34 ns	0,91 ns	0,22 ns	0,32 ns	0,24 ns

1155 Bartlett – teste de homocedasticidade das variâncias.

1156 (**), (*) e (NS) significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo,
1157 respectivamente.

1158

1159 A irrigação com águas residuárias pode ter impacto na dissolução dos
1160 nutrientes no solo, resultando em uma liberação mais lenta dos nutrientes
1161 disponíveis para as plantas (SHAMMI et al., 2016). Resultados diferentes
1162 ocorreram nos estudos de Deon et al (2010) em que ocorreu ganho de
1163 produtividade nas plantas que receberam esgoto tratado, evidenciando que a
1164 utilização dos esgotos tratados pode proporcionar benefícios à cultura.

1165 Avaliando o número de capulhos, Medeiros et al (2007) evidenciaram que
1166 o uso de efluentes domésticos tratados potencializou a produtividade da gérbera,
1167 embora a matéria seca das folhas e dos caules não apresentassem diferenças
1168 significativas entre os tratamentos analisados. Ao contrário, Freitas et al. (2012)
1169 confirmaram que o esgoto doméstico proporcionou aumento na matéria seca em
1170 cultivo do girassol, possivelmente, proporcionado pelos nutrientes encontrados
1171 nos esgotos.

1172 A não ocorrência de efeito significativo na matéria seca pode estar
1173 associada a uma desordem nutricional (GHOULAM et al., 2002), inibição da
1174 atividade enzimática (BLAHA et al., 2000) ou redução da capacidade
1175 fotossintética (ERICE et al., 2011). Muitos estudos apresentam melhor
1176 adaptação da cultura em águas residuais tratadas. Essa conclusão segue
1177 quando as plantas se beneficiaram dos nutrientes presentes no esgoto tratado,
1178 especialmente nitrogênio e fósforo. Esses nutrientes contribuem para o
1179 crescimento das plantas em comparação com o crescimento associado à água
1180 de abastecimento.

1181 Contrariando a maior parte dos trabalhos, e, corroborando meus
1182 resultados, Peres (2004) também não observou ganhos de produtividade
1183 comparando meloeiro irrigado com esgoto tratado e água de abastecimento.
1184 Quando o sistema solo-planta é manejado adequadamente promove uma ótima
1185 absorção e retenção dos nutrientes das águas residuárias fazendo com que
1186 ocorra incorporação desses nutrientes à massa seca da cultura, promovendo
1187 ciclagem dos nutrientes, ocorrendo uma menor demanda por fertilização (PIVELI
1188 et al., 2009).

1189 Não houve diferença significativa entre os nematoides do solo e raiz
1190 (Tabelas 6 e 7) antes e após a irrigação com águas residuárias. Na Tabela 7, o

1191 F covariável não apresentou efeitos sobre os valores das variáveis analisadas.
 1192 Ao contrário do observado no presente trabalho, PAN et al (2016) obtiveram
 1193 resultados significativos para a comunidade de nematoides do solo em estudos
 1194 com solos incorporados com resíduos orgânicos. Na literatura há uma
 1195 complexidade entre causa e efeito entre microbiota do solo e águas residuárias
 1196 tratadas. Uma diminuição na presença de nematoides pode ocorrer devido ao
 1197 aumento de antagonistas ou nenhum efeito perceptível sobre a comunidade de
 1198 nematoides sob influência de matéria orgânica (KAYIKCIOGLU., 2012); YIM;
 1199 TAM., 1999).

1200

1201 **Tabela 6.** Nematoides antes e depois da irrigação com água residuária no
 1202 semiárido de Pernambuco em solo cultivado com algodão BRS Rubi.

ANTES	HELICOT	RHAB	APHELENC	ACROB	PRATY	
UASB	0	7	0	0	10,17	
D + AF	0	0	0	8,67	0	
AF	8	16,67	8	0	4,83	
Água	3	0	10,5	13,33	4,5	
p-value Kruscal-wallis	0,55 ns	0,08 ns	0,29 ns	0,55 ns	0,52 ns	
DEPOIS	PSILEN	OIONC	PRISMAT	LONGID	DITYL	PRATY
UASB	0,00	11,33	0	0,00	6,17	26,83
D + AF	0,00	21,0	7	0,00	6,00	52,50
AF	2,83	10,00	0	23,00	0,00	18,67
Água	0,00	00,00	0	5,83	0,00	38,83
p-value Kruscal-wallis	0,39 ns	0,50 ns	0,39 ns	0,26 ns	0,55 ns	-
Bartlett - p	-	-	-	-	-	0,38 ns

1203 Dados foram transformados para $\sqrt{(x+1)}$.

1204 *RHAB*-Rhabditida, *APHEL*-*Aphelenchus*, *HELICOT*-*Helicotylenchus*, *DORY*-
 1205 *Dorylamida*, *PSIL*-*Psilenchus*, *OIONC*-*Oionchus*, *PRISMAT*-*Prismatolaimus*,
 1206 *PRATY*-*Pratylenchus*, *LONGID*-*Longidorus*, *DITYL*-*Ditylenchus* SW – teste de
 1207 normalidade de Shapiro-Wilk. Bartlett – teste de homocedasticidade das
 1208 variâncias. (**), (*) e (NS) significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade e não
 1209 significativo, respectivamente.

1210

1211 **Tabela 7.** Número de nematoides em raízes em função da irrigação com água
 1212 residuária no semiárido de Pernambuco.

	ACROB	RHAB	APHEL	HELICOT	DORY
Água	446,83	44,50	18,67	10,00	11,50
UASB	188,17	47,33	62,00	4,83	23,67
D + AF	187,50	62,33	31,67	52,83	3,83
AF	144,50	58,00	16,00	42,33	14,00
Fcovariavel (p)	0,09 (0,77)	0,41 (0,53)	0,24 (0,63)	1,33 (0,26)	0,77 (0,39)
Ftratamento (p)	1,14 (0,36)	0,28 (0,84)	0,44 (0,72)	2,85 (0,06)	0,97 (0,43)
CV	3,29	7,75	12,80	14,94	31,00
Bartlett - p	0,23 ns	0,98 ns	0,40 ns	0,22 ns	0,44 ns

1213 Para todas as variáveis os dados foram transformados para $\sqrt{(x+1)}$.

1214 ACRO - Acrobeles, RHAB - Rhabdita, APHEL- Aphelenchus, HELICOT-
 1215 *Hecicotylenchus*, DORY- Dorylamida. (**), (*) e (NS) significativo a 1 e 5% de
 1216 probabilidade e não significativo, respectivamente.

1217

1218 As populações de nematoides foram altamente variáveis entre os
 1219 tratamentos. O aumento de bacteriófagos (nematoides que utilizam células
 1220 bacterianas como recurso alimentar) poderia ser atribuído ao aumento da
 1221 matéria orgânica disponível. A família *Rhabditidae* é a mais bem adaptada a
 1222 ambientes saprófitos. A composição de diferentes grupos de alimentação pode
 1223 atuar como potenciais indicadores das mudanças na biota do solo. A dinâmica
 1224 da comunidade do solo pode mudar gradualmente quando os solos são irrigados
 1225 com água de efluentes tratados (CHEN et al., 2008).

1226 Não houve efeito significativo ($p < 0,05$) para altura de plantas, diâmetro do
 1227 caule e área foliar (Tabela 8). Dos Santos Nascimento; Fidelis Filho (2015)
 1228 obtiveram resultados diferentes para estas variáveis de crescimento em algodão
 1229 irrigado com efluentes tratados.

1230 **Tabela 8.** Avaliação das componentes de crescimento (AP-altura da planta (cm), DC-diâmetro do caule (cm), AF-área foliar
 1231 (cm² planta⁻¹) do algodoeiro BRS Rubi depois da irrigação com água residuária no semiárido de Pernambuco.
 1232

	AP1	AP2	AP3	AP4	DC1	DC2	DC3	DC4	AF1	AF2	AF3	AF4
Água	62,50	51,75	54,25	49,08	8,91	8,71	6,80	7,57	318,47	320,59	293,45	162,49
UASB	64,75	71,75	74,38	70,25	9,04	10,25	10,03	9,07	499,54	498,23	324,92	262,80
D + AF	66,68	61,33	69,08	62,52	9,34	8,97	9,77	8,66	441,94	322,23	300,64	154,46
AF	72,42	69,53	64,17	71,83	9,69	9,75	9,93	9,83	396,95	398,94	375,58	167,58
Fcovariavel	19,79	17,05	24,73	6,57	24,29	1,96	26,46	11,26	9,81	7,32	1,23	11,41
(p)	(<0,0001)**	(<0,0001)**	(<0,0001)**	(0,02)**	(<0,0001)**	(0,18) ns	<0,0001)**	(0,003)**	(0,006) **	(0,01)**	(0,28) ns	(0,003)**
Ftratamento	0,83	0,80	1,42	2,15	0,36	0,26	2,88	1,52	1,98	0,79	0,21	0,63
(p)	(0,49) ns	(0,51) ns	(0,27) ns	(0,13) ns	(0,78) ns	(0,86) ns	(0,06) ns	(0,24) ns	(0,15) ns	(0,51) ns	(0,89) ns	(0,61) ns
CV	24,12	23,16	19,91	25,23	16,97	29,26	17,00	19,49	36,67	45,59	67,11	73,23
Bartlett - p	0,26 ns	0,09 ns	0,17 ns	0,05 ns	0,48 ns	0,02 **	0,08 ns	0,19 ns	0,03 **	0,05 ns	0,02 **	0,11 ns

1233 Por outro lado, o F covariável apresentou efeito altamente significativo sobre os
1234 valores das variáveis altura (AP1, AP2, AP3 e AP4), diâmetro (DC1, DC3 e DC4) e na
1235 área foliar (AF2 e AF4). Estudando os componentes de crescimento da mamona e
1236 algodão, respectivamente, irrigados com esgotos tratados, Souza et al (2010); Fidelis
1237 Filho et al (2005) observaram efeitos significativos nos diâmetros caulinares.
1238 Similarmente, CHEMURA et al (2014) encontraram aumentos significativos no
1239 diâmetro do caule altura de plantas em cafezais irrigados com águas residuárias.

1240 Os melhores desempenhos com a utilização de água residuária para diâmetro
1241 do caule, altura de planta e número de folhas devem-se, em grande parte, à
1242 disponibilidade de nutrientes para as plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio,
1243 destacando-se a contribuição dos dois últimos nutrientes para o bom desenvolvimento
1244 da planta. Superioridade em diâmetro de caule, altura de plantas, número de folhas e
1245 área foliar decorrente do uso de águas residuárias em detrimento a água de
1246 abastecimento também foram relatados por GALBIATTI et al. (2007); Fagundes et al.
1247 (2007); Nobre et al. (2009); Alves et al. (2009); Rebouças et al. (2010); Freier et al. (2006);
1248 Costa et al. (2009); Silva et al. (2013).

1249 Ao contrário dos resultados encontrados por vários pesquisadores e dos obtidos
1250 no presente estudo, Simões et al. (2013) observaram diminuição na altura de planta,
1251 diâmetro de caule, massa e volume de raiz em plantas de mamona, em função do
1252 aumento das concentrações de efluente de esgoto tratado. Essa divergência deve-se
1253 possivelmente ao teor de sódio encontrado na água residuária de esgoto tratado que
1254 foi superior ao encontrado na água de abastecimento.

1255 Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) entre a respirometria e os tratamentos
1256 (Tabela 9). A respirometria expressa a quantidade de C-CO₂ por unidade de biomassa
1257 microbiana em um tempo determinado emanado, este valor aumenta na medida que
1258 aumenta o estresse da comunidade microbiana. Ao avaliar influência de águas
1259 residuais urbanas e água de abastecimento em diferentes solos, Meli (2002) observou
1260 que as águas residuais urbanas mostraram pequenos incrementos na respiração de
1261 solo.

1262 O F covariável não apresentou efeito significativo. Esse resultado pode ser
1263 explicado por algum nutriente (sais) oriundo do efluente de esgoto tratado que pode
1264 ter influenciado os microrganismos do solo, alterando a capacidade de mineralização
1265 da matéria orgânica, e, portanto, a liberação de C-CO₂ (SANTOS et al., 2011). Essa

1266 incorporação da matéria orgânica no solo favorece as atividades dos microrganismos
1267 resultando em uma maior mineralização do carbono, liberando CO₂, influenciando a
1268 qualidade do solo SILVA et al. (2012).

1269

1270 **Tabela 9.** Análise de covariância da evolução C-CO₂.

	Evolução C-CO ₂ (mg CO ₂)
Água	680,43
UASB	742,18
D + AF	878,05
AF	861,55
Fcovariável (p)	0,09 (0,77) ns
Ftratamento (p)	0,57 (0,64) ns
CV	17,30
Bartlett - p	0,16

1271 (**), (*) e (NS) significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo,
1272 respectivamente.

1273

1274 Não se observou diferença significativas ($p > 0,05$) na umidade antes e após o
1275 tratamento (Tabela 10). Alguns atributos do solo como a umidade pode sofrer
1276 influência pela velocidade na degradação dos resíduos aplicados ao solo (FORTES
1277 NETO et al., 2012); SOUZA et al., 2014), pois, criam condições benéficas aos
1278 microrganismos do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006); FORTES NETO et al., 2012).

1279

1280 **Tabela 10.** Análise de covariância da umidade

Fonte	GL	F	Pr > F
Uantes	1	0.66	0.4306 ns
Tratamento	3	1.17	0.3256 ns
Uantes *	3	0.49	0.6954 ns
Tratamento			

1281 (**), (*) e (NS) significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo,
1282 respectivamente.

1283

1284 Alguns estudos mostram que o fato de a umidade não apresentar efeito
1285 significativo onde foi aplicado o efluente pode ser devido ao aumento da estabilidade
1286 dos agregados em água, associado ao aumento da matéria orgânica do solo. Dessa
1287 forma, o efluente agiu como condicionador, melhorando a agregação do solo (MARIA;
1288 KOCSSI; DECHEN, 2007); além disso, o acréscimo da atividade microbiana pode ter
1289 liberado calor, resultado da atividade enzimática e da taxa de biodegradação da
1290 matéria orgânica contida no efluente (BOEIRA; LIGO; MAXIMILIANO, 2009; SUSZEK
1291 et al., 2012; ARMENTA et al., 2012).

1292

1293 **Análise da nematofauna**

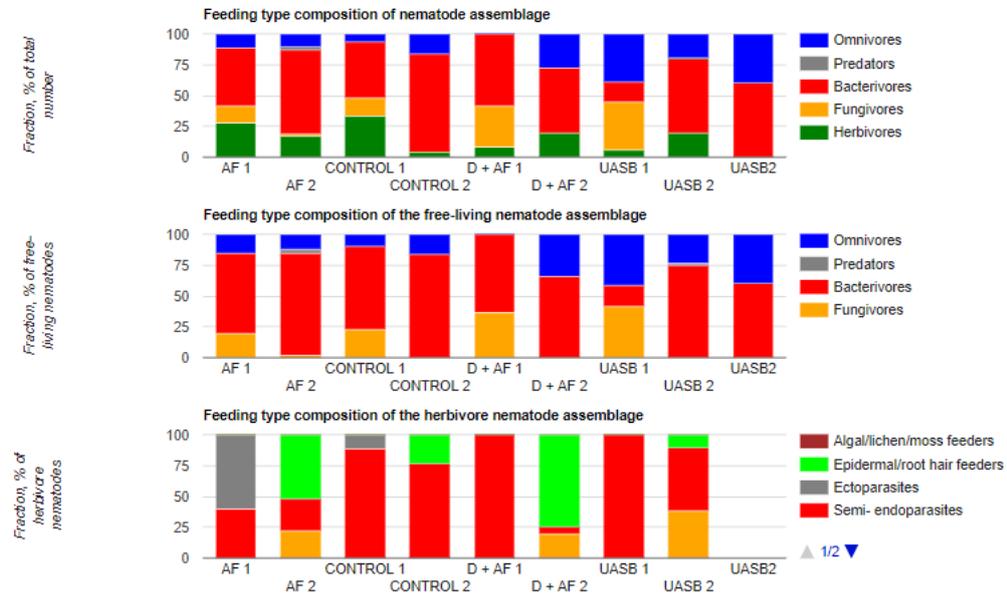
1294 Foram encontradas cinco taxas nas áreas de estudo antes do tratamento (Tabela
1295 11) e 14 taxas depois dos tratamentos (Tabela 12), durante os períodos avaliados.
1296 Foram identificados em abundância quatro gêneros (Tabela 11) e cinco gêneros
1297 (Tabela 12). Os bacteriófagos foram os grupos dominantes (47,9%, 45%, 79,5% e
1298 54,5%) antes da irrigação e (86,2%, 45,5%, 59,1% e 68,4%) após a irrigação com
1299 esgoto tratado. Aumento dos parasitos de plantas foi observado depois do
1300 estabelecimento da cultura e aplicação das águas residuárias tratadas.

1301 Os três principais nematoides presentes nas áreas agrícolas do País cultivados
1302 com algodão são *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus*
1303 *reniformis*. Na área foi encontrado *Pratylenchus* após as aplicações dos tratamentos.
1304 A distribuição dos nematoides (Figura 4) mostra a predominância dentro dos grupos
1305 tróficos, ressaltando a dominância dos nematoides bacteriófagos antes e após a
1306 aplicação dos tratamentos.

1307 Geralmente os grupos tróficos dominantes em agroecossistemas são os
1308 bacteriófagos e parasitos de plantas (JIANG et al., 2013; HU et al., 2014), sendo
1309 relatado aumento da abundância de bacteriófagos após a aplicação de resíduos
1310 (QUIST et al., 2016). Os bacteriófagos são favorecidos pela incorporação da matéria
1311 orgânica devido ao aumento da atividade das bactérias contribuindo para a
1312 decomposição desses materiais orgânicos. Estudos mostraram que efluentes tratados
1313 podem suprimir nematoides parasitos de plantas em condições ambientais
1314 controladas (MENNAN et al., 2007; ZASADA et al., 2007); ZASADA; TENUTA, 2008).
1315 O ciclo de vida dos parasitos de plantas é afetado devido ao desenvolvimento de
1316 organismos antagônicos, como bactérias e fungos bem como competição por espaço

1317 e comida de nematoides de vida livre. Altos níveis de matéria orgânica podem se
 1318 tornar um fator limitante na vida desses organismos no solo.

1319



1320

1321 **Figura 4.** Abundância dos grupos tróficos antes e depois da irrigação com água
 1322 residuária no semiárido de Pernambuco. 1- Antes da aplicação das águas residuárias;
 1323 2 - Após aplicação das águas residuárias; AF- filtro anaeróbio; control - controle/água
 1324 de abastecimento; D + AF- Filtro anaeróbio + decanto digestor, UASB (reator).

1325

1326 Em nosso estudo, as populações de *Helicotylenchus* (Tabela 12) eram altas
 1327 antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 11) e estabelecimento da cultura, a
 1328 diversidade de nematoide foi menor, mais estável e a estrutura populacional mudou
 1329 (Tabela 12) com o surgimento de outros nematoides com novos fluxos de alimentos.

1330

1331 **Tabela 11.** Abundância, média e dominância dos Taxa de nematoides em área
 1332 cultivada com algodoeiro BRS Rubi antes da irrigação com água residuária no
 1333 semiárido de Pernambuco.

	GF	CONTROL			UASB			D + AF			AF		
		A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)
Bacteriófago		287		47,99	90		45	264		79,51807	251		54,565217
<i>Acrobeles</i>	Ba2	23	0,95 ± 9,38	1,923076923	30	1,25 ± 21,21	15	79	3,29 ± 24,16	23,79518	68	2,83 ± 13,06	14,782609
<i>Rhabditidae</i>	Ba1	264	11 ± 38,86	22,0735786	60	2,5 ± 24,49	30	185	7,70 ± 52,78	55,72289	183	7,65 ± 27,50	39,782609
Micófago		115		9,615384615	30		15	30		9,036145	75		16,304348
<i>Aphelenchidae</i>	Mi2	115	4,79 ± 27,23	9,615384615	30	1,25 ± 12,24	15	30	1,25 ± 24,16	9,036145	75	3,125 ± 14,25	16,304348
Onívoro		60		5,016722408	50		25	0		0	54		11,73913
<i>Dorylaimidae</i>	On4	60	2,5 ± 24,49	5,016722408	50		25	0	0 ± 0	0	54	2,25 ± 15,05	11,73913
Parasitas de plantas		136		11,37123746	30		15	38		11,44578	80		17,391304
<i>Helicotylenchus</i>	H3	136	5,66 ± 24,49	11,37123746	30	1,25 ± 12,24	15	38	1,58 ± 24,16	11,44578	80		17,391304
TOTAL		1196			200			332			460		

1334

1335 Control-control/água de abastecimento, UASB (reator), D + AF- Filtro anaeróbio +
 1336 decanto digestor AF-filtro anaeróbio, A (abundância): Somatório do número de
 1337 nematoides em 300 cm³ de solo em 420 amostras nas cinco épocas, Média ± DP:
 1338 Número médio e desvio padrão do número de nematoides por 300 cm³ de solo em
 1339 cada época, D(%): dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em
 1340 porcentagem, GF: Guildas funcionais são a combinação dos grupos tróficos e da
 1341 escala de colonizadores – persistentes c-p.

1342

1343 **Tabela 12:** Abundância, média e dominância dos Taxa de nematoides em área
 1344 cultivada com algodoeiro BRS Rubi depois da irrigação com água residuária no
 1345 semiárido de Pernambuco.

	GF	CONTROL			UASB			D + AF			AF		
		A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)
Bacteriófago		2983		86,28868962	1413		45,5072	1459		59,1646	1353		68,4717
<i>Acrobeles</i>	Ba2	2681	111,7 ± 469,05	77,55279144	1129	47,04 ± 170,98	36,3607	1125	1,95 ± 217,15	45,6204	867	144,5 ± 102,33	43,8765
<i>Prismatolaimus</i>	Ba3	35	1,45 ± 14,28	1,012438531	0		0	0	0 ± 0	0	138	5,75 ± 44,44	6,98381
<i>Rhabditidae</i>	Ba1	267	11,12 ± 56,44	7,723459647	284	11,83 ± 54,31	9,14654	334	13,91 ± 46,64	13,5442	348	14,05 ± 57,07	17,6113
Micófago		0		0	0		0 ± 0	0		0 ± 0	0		0,86032
<i>Aphelenchidae</i>	Mi2	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	17	0,70 ± 6,94	0,86032
<i>Ditylenchus</i>	Mi2	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0
Onívoro		345		9,979751229	533		17,1659	505		20,4785	208		10,5263
<i>Dorylaimidae</i>	On4	233	9,7 ± 27,07	6,739947932	161	6,70 ± 32,37	5,18519	315	13,12 ± 67,23	12,7737	112	4,66 ± 15,99	5,66802
<i>Dorylaimus</i>	On4	112	4,66 ± 30,24	3,239803298	372	15,05 ± 93,72	11,9807	190	7,91 ± 42,56	7,70479	96	4 ± 29,74	4,8583
Predador		0		0	37		1,19163	0		0	34		1,72065
<i>Oionchus</i>	Pr4	0	0 ± 0	0	37	1,54 ± 15,10	1,19163	0	0 ± 0	0	34	1,41 ± 13,88	1,72065
Parasitas de plantas		129		3,731559155	276		8,88889	502		20,3569	398		20,1417
<i>Helicotylenchus</i>	H3	69	2,87	1,995950246	142	5,91 ± 29,92	4,57327	23	0,95 ± 9,38	0,93268	84	3,5 ± 23,67	4,25101
<i>Longidorus</i>	H5	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0
<i>Pratylenchus</i>	H3	0	0 ± 0	0	68	2,83 ± 17,84	2,19002	126	5,25 ± 51,43	5,10949	60	2,5 ± 16,29	3,03644
<i>Psilenchus</i>	H2	60	2,5 ± 17,25	1,735608909	29	1,20 ± 11,83	0,93398	317	13,2 ± 44,12	12,8548	254	10,58 ± 58,68	12,8543
<i>Rotylenchus</i>	H3	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0
<i>Tylenchus</i>	H2	0	0 ± 0	0	37	1,54 ± 15,10	1,19163	36	1,5 ± 14,69	1,45985	0	0 ± 0	0
TOTAL		3457			3105			2466			1976		

1346

1347 Control-control/água de abastecimento, UASB (reator), D + AF- Filtro anaeróbio +
 1348 decanto digestor AF-filtro anaeróbio, A (abundância): Somatório do número de
 1349 nematoides em 300 cm³ de solo em 420 amostras nas cinco épocas, Média ± DP:
 1350 Número médio e desvio padrão do número de nematoides por 300 cm³ de solo em
 1351 cada época, D(%): dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em

1352 percentagem, GF: Guildas funcionais são a combinação dos grupos tróficos e da
1353 escala de colonizadores – persistentes c-p

1354

1355 Efeitos claros sobre a aplicação de efluentes tratados no rápido aumento de
1356 nematoides oportunistas como o Rhabditidae foram registrados por Coors et al.
1357 (2016b); Cogger et al. (2006). O aumento da abundância de nematoides bacteriófagos
1358 antes e após os tratamentos é indicativo de um enriquecimento geral do sistema
1359 (NGOSONG et al., 2010); ROTH et al., 2015). A predominância de nematoides
1360 oportunistas (bacteriófagos) reflete ambientes altamente perturbados e enriquecidos
1361 com nutrientes (Ferris et al., 2001).

1362 Os tratamentos que apresentaram maior abundância de nematoides foi o filtro
1363 anaeróbio antes da aplicação dos tratamentos e o reator UASB após a aplicação dos
1364 tratamentos. Representantes das guildas funcionais Ba1 e Ba2 estavam presentes
1365 nas áreas que receberam os três efluentes analisados. No entanto, o efluente que
1366 apresentou maior diversidade de táxons foi o decanto digestor + filtro anaeróbio. Os
1367 predadores e onívoros foram usualmente os grupos menos frequentes, corroborando
1368 tendência verificada em muitos estudos correlatos (CARES, 2006).

1369 De acordo com Cares (2006), geralmente as comunidades de nematoides são
1370 dominadas pelos parasitos de plantas, seguidos dos micófagos ou bacteriófagos. A
1371 baixa abundância dos parasitos de plantas observada em nosso estudo após os
1372 tratamentos pode ser resultado de um nível mais alto de supressividade mediada pela
1373 matéria orgânica incorporada (STIRLINGET al., 2012). Os nematoides são
1374 influenciados pela aplicação de resíduos no solo. Coudrain et al. (2016) relataram que
1375 a abundância dos nematoides parasitas de planta foram 40 a 50% inferiores nos
1376 tratamentos com resíduos aplicados ao solo, portanto, a abundância e estrutura
1377 populacional de nematoides foram considerados potenciais bioindicadores de
1378 qualidade do solo (SITHOLE et al., 2016).

1379 No sistema agrícola estudado, uma alta dominância dos nematoides
1380 colonizadores, c-p1 e c-p2 seguida em uma proporção relativamente baixa de
1381 nematoides c-p 3, c-p 4 e c-p 5. Bongers; Ferris (1990) argumentam que uma maior
1382 presença de nematoides c-p 1 na amostra indica abundância de alimentos, enquanto
1383 um aumento nos nematoides c-p2 acompanhados de uma diminuição em c-p 1 e c-p

1384 3-5 reflete "estresse". Um aumento na proporção de c-p 3 a c-p 5 reflete a sucessão
1385 natural, produto da estabilidade ambiental.

1386 Miranda et al. (2012) constataram que, com a aplicação da vinhaça, ocorreu
1387 aumento da umidade do solo ocasionando aumento da população de Rhabditidae e
1388 Cephalobidae. Com a aplicação de resíduos (vinhaça, esgoto tratado, lodo de esgoto
1389 etc.) ocorre a elevação da umidade do solo, conseqüentemente favorece o aumento
1390 de alguns gêneros de nematoides.

1391

1392 Índices ecológicos de nematoides

1393 Os índices não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) antes e após a aplicação
1394 dos tratamentos, exceto, o índice parasito de planta (Tabela 13).

1395

1396 **Tabela 13.** Índices ecológicos de nematoides em área cultivada com algodoeiro BRS
1397 Rubi antes e após as aplicações das águas residuárias no semiárido de Pernambuco.

índices ecológicos	AF 1	AF 2	CONTROL 1	CONTROL 2	D + AF 1	D + AF 2	UASB 1	UASB2	p
índice maturidade	1.76	2.09	1.73	2.22	1.56	2.50	2.16	2.60	0.314
índice maturidade 2-5	2.60	2.48	2.50	2.45	2.00	2.87	2.64	3.00	0.748
índice parasito de planta	4.33	2.54	3.15	2.56	3.00	2.20	2.78	NA	0.003
índice canal	19.80	1.54	9.08	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.122
índice basal	17.39	32.96	7.89	51.42	33.17	27.47	23.86	14.29	0.427
índice de enriquecimento	81.33	52.89	90.53	37.08	66.83	57.70	45.66	66.67	0.238
índice de estrutura	36.00	52.51	25.00	39.62	0.00	62.47	64.85	80.00	0.334

1398

1399 1-Antes da aplicação das águas residuárias; 2- após aplicação das águas residuárias;
1400 AF-filtro anaeróbio; control-controle/água de abastecimento; D + AF- Filtro anaeróbio
1401 + decanto digestor, UASB (reator); p-valor Anova-NA-não aplicável.

1402 No início do nosso estudo (primeira coleta), a área se encontrava sem cultivo,
1403 mostrando-se homogenia em toda a sua extensão. A implantação do cultivo do
1404 algodoeiro deve ter promovido aumento das populações dos nematoides parasitos de
1405 planta conforme relatado em outros estudos (KIMPINSKI et al., 2003; OKA, 2010). No
1406 entanto, a despeito do aumento populacional do nematoide advindo do
1407 estabelecimento da cultura, nossos resultados sugerem que a aplicação dos efluentes
1408 teve efeito inverso, reduzindo a população desses parasitos, corroborando outros
1409 estudos em escala de campo com efluentes (COORS et al., 2016a).

1410

1411 CONCLUSÃO

1412

- 1413 - A irrigação com esgoto tratado no reator UASB, efluente do decanto digestor + filtro
1414 anaeróbio e efluente do filtro anaeróbio favorecem o desenvolvimento do algodoeiro
1415 Rubi promovendo aumento no diâmetro do caule, área foliar e altura de plantas;
1416 - A aplicação dos efluentes de esgoto tratados favorece a umidade podendo ser usada
1417 como ferramenta para reduzir ou substituir o uso de água de abastecimento;
1418 - Os efluentes de esgoto tratados ajudam a aumentar a atividade microbiana, a qual
1419 constitui um indicativo de qualidade biológica do solo;
1420 - Os nematoides bacteriófagos representam o grupo trófico mais abundante nas
1421 condições do semiáridas em que foi desenvolvido o estudo, enquanto os onívoros são
1422 os menos abundantes e mais sensíveis à perturbação do solo;
1423 - Entre os índices analisados, o índice de parasito de planta foi o mais sensível ao
1424 distúrbio promovido pela aplicação dos efluentes;
1425 - Os atributos biológicos são indicativos úteis para o monitoramento de solos que
1426 receberam efluentes de esgoto tratado.

1427

1428 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1429

1430 ADROVER, M.; FARRÚS, E.; MOYÀ, G.; VADELL, J. Chemical properties and
1431 biological activity in soils of Mallorca following twenty years of treated wastewater
1432 irrigation. **Journal of Environmental Management**, v. 95, p. S188-S192, 2012.

1433 ALJIBURY, F. K.; MARSH, A. W.; HUNTAMER, J. Water use with drip irrigation.
1434 *In*: 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings. California, USA, 1974.p.
1435 341-345.

1436 ALIKASI, M.; KOUCHAKZADEH, M.; BANIANI, E. The effect of treated
1437 municipal wastewater irrigation in non-agricultural soil on cotton plant. **Journal of**
1438 **Agricultural Science and Technology**, v.14, p.1357-1364, 2012.

1439 ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO,
1440 M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes
1441 sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 341-347, 2011.

1442 ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. C.; BACCHI, M. R. P. Produção e exportação
1443 de algodão: Efeitos de choques de oferta e de demanda. **Revista Brasileira de**
1444 **Economia**, v.62, p.381-405, 2008.

1445 ALVES, W. W. A. et al. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária
1446 adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e**
1447 **Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, p.41-46, 2009.

1448 ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop**
1449 **evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome:
1450 FAO, 1998. 300p. (FAO irrigation and Drainage Paper, 56).

1451 ANA (Agência Nacional de Águas). **Relatório de conjuntura de recursos**
1452 **hídricos no Brasil, 2009: Lições e Desafios**. 2017. Disponível em:
1453 <<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2018.

1454 ANA (Agência Nacional de Águas). **Relatório de conjuntura de recursos**
1455 **hídricos no Brasil, 2009: Demandas de uso consuntivo**. 2011. Disponível em:
1456 <<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2018.

1457 ARIEIRA, G. O. **Diversidade de nematoides em sistemas de culturas e**
1458 **manejo do solo**. Universidade Estadual de Londrina: Londrina, 2012. 98 f.
1459 Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Estadual de Londrina. Centro
1460 de Ciências Agrárias, Londrina, 2012.

1461 ARMENTA, R.; VACA, R.; LUGO, J.; AGUILA, P. del. Microbiological and
1462 biochemical properties of an agricultural mexican soil amended with sewage sludge.
1463 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1646-1655, 2012.

1464 ASGHARIPOUR, M. R.; AZIZMOGHADDAM, H. R. Effects of raw and diluted
1465 municipal sewage effluent with micronutrient foliar sprays on the growth and nutrient
1466 concentration of foxtail millet in southeast Iran. **Saudi Journal of Biological**
1467 **Sciences**, v. 19, p. 441–449, 2012.

1468 AZEVEDO, L. P. DE.; OLIVEIRA, E. L. DE. Efeitos da aplicação de efluente de
1469 tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação
1470 subsuperficial. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 253-263, 2005.

1471 BARROSO, L.B; WOLFF, D.B. Reuso de esgoto sanitário na irrigação de
1472 culturas agrícolas. **Engenharia Ambiental**, v.8, p. 225-236, 2011.

1473 BALOTA, E.L; YADA, I. F. U; AMARAL, H. A; NAKATANI, A. S; HUNGRIA, M;
1474 DICK, R. P; COYNE, M.S. Soil Quality in Relation to Forest Conversion to Perennial
1475 or Annual Cropping in Southern Brazil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 39, p.
1476 1003-1014, 2015.

1477 BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon
1478 in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 1191-
1479 1192, 1988.

1480 BELTRÃO, N.E. DE M.; AZEVEDO, D.M.P. DE; VIEIRA, D.J.; NÓBREGA, L.B.
1481 da. **Recomendações técnicas e considerações gerais sobre o uso de**
1482 **herbicidas, desfolhantes e reguladores de crescimento na cultura do algodão.**
1483 Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997.32p. Documento, 48.

1484 BELTRAO, N. E. de M.; CARVALHO, L. P. de. **Algodão Colorido no Brasil, e**
1485 **em Particular no Nordeste e no Estado da Paraíba.** Campina Grande: Embrapa
1486 Algodão, 2004. 17 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 128).

1487 BERGERSEN, F. J. Biochemistry of symbiotic nitrogen fixation in
1488 legumes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 22, p. 121-140, 1971.

1489 BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação.** 8.
1490 Ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

1491 BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em**
1492 **plantas.** Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, p 267, 2011.

1493 BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M.
1494 Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marrom, irrigado.
1495 **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 625-632, 2010.

1496 BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; MAXIMILIANO, V. C. B. **Emissão de CO₂ em**
1497 **amostras de latossolo tratadas com lodos de esgoto.** Jaguariúna: Embrapa Meio
1498 Ambiente, 2009. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 53). Disponível em:
1499 [https://www.academicoo.com/artigo/emissao-de-c-co2-em-amostras-de-latossolo-](https://www.academicoo.com/artigo/emissao-de-c-co2-em-amostras-de-latossolo-tratadas-com-lodos-de-esgoto)
1500 [tratadas-com-lodos-de-esgoto.](https://www.academicoo.com/artigo/emissao-de-c-co2-em-amostras-de-latossolo-tratadas-com-lodos-de-esgoto) Acesso em: 10 fev. 2020.

1501 BONGERS, T. The maturity index: An ecological measure of environmental
1502 disturbance based on nematode species composition. **O ecologia**, v. 83, p. 14-19,
1503 1990.

1504 BONGERS, T.; KORTHALS, G. The maturity index, an instrument to monitor
1505 changes in the nematode community structure. Summaries of the 45th international
1506 symposium on Crop protection, Gent, Belgium. P.80, 1993.

1507 BONGERS, T.; VAN DER MEULEN, H.; KORTHALS, G. Inverse relationship
1508 between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched
1509 nutrient conditions. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p.195-199, 1997.

1510 BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil**
1511 **Ecology**, v. 10, p. 239-251, 1998.

1512 BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in
1513 environmental monitoring. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 14, p.224-229, 1999.

1514 BLAHA, G., STELZL, U., SPAHN, C. M., AGRAWAL, R. K., FRANK, J.,
1515 NIERHAUS, K. H. Preparation of functional ribosomal complexes and effect of buffer
1516 conditions on tRNA positions observed by cryoelectron microscopy. **Methods in**
1517 **Enzymology**, v. 317, p.292-309, 2000.

1518 CARDOSO, G. D.; ALVES, P. L. DA C. A.; BELTRÃO, N. E. DE M.; VALE, L. S.
1519 do. Períodos de interferência das plantas daninhas em algodoeiro de fibra colorida
1520 BRS Safira. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.456- 462, 2010.

1521 CARDOSO, M. S. O. **Avaliação da qualidade do solo cultivado com cana-**
1522 **de-açúcar e de fragmentos de floresta atlântica por meio de índices ecológicos**
1523 **e atividade metabólica de nematoides**. 2014. 123 f. Tese (Doutorado em
1524 Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

1525 CARES, J.E; HUANG, S.P. Nematoides de solo. In: MOREIRA, F.M.S;
1526 HUISING, E.J; BIGNELL, D.E. **Manual de biologia dos solos tropicais:**
1527 **Amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras, UFLA, p. 151, 2010.

1528 CARVALHO, L. P.; ARAUJO, G. P. ; VIEIRA, R. M.; BELTRAO, N. E. M. **BRS**
1529 **Rubi**. 5 ed. Campina Grande: Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 2009. 1
1530 folder.

1531 CASTRO, C. B., LOPES, A. R., MOREIRA, I. V., SILVA, E. F., MANAIA, C. M.,
1532 NUNES, O. C. **Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on**
1533 **implications in soil fertility and human and environmental health**. 2015.

1534 CHANG, Y. L.; WANG, E. T.; SUI, X. H.; ZHANG, X. X.; CHEN, W. X. Molecular
1535 diversity and phylogeny of rhizobia associated with *Lablab purpureus* (Linn.) grown in
1536 Southern China. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 34, p. 276-284, 2011.

1537 CHEMURA, A. The growth response of coffee (*Coffea arabica* L.) plants to
1538 organic manure, inorganic fertilizers and integrated soil fertility management under
1539 different irrigation water supply levels. **International Journal of Recycling Organic**
1540 **Waste in Agriculture**, v.3, Article 59,2014.

1541 CHEN, W., WU, L., FRANKENBERGER, W. T., CHANG, A. C. Soil enzyme
1542 activities of long-term reclaimed wastewater-irrigated soils. **Journal of**
1543 **Environmental Quality**, v. 37, p. 36-42, 2008.

1544 COGGER, C. G., BARY, A. I., KENNEDY, A. C., FORTUNA, A. M. Long-term
1545 crop and soil response to biosolids applications in dryland wheat. **Journal of**
1546 **Environmental Quality**, v. 42, p.1872-1880, 2013.

1547 COLODRO, G., ESPÍNDOLA, C. R., CASSIOLATO, A. M., ALVES, M. C.
1548 Atividade microbiana em um Latossolo degradado tratado com lodo de
1549 esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 195-198,
1550 2007.

1551 COORS, A., EDWARDS, M., LORENZ, P., RÖMBKE, J., SCHMELZ, R. M.,
1552 TOPP, E., LAPEN, D. R. Biosolids applied to agricultural land: Influence on structural
1553 and functional endpoints of soil fauna on a short-and long-term scale. **Science of the**
1554 **Total Environment**, v.562, p.312-326, 2016a.

1555 CORRÊA, A. L.; DE SOUZA ABOUD, A. C.; MARINHO GUERRA, J. G.; DE
1556 AGUIAR, L. A.; DUARTE RIBEIRO, R. D. L. Adubação verde com crotalária
1557 consorciada ao minimilho antecedendo a couve folha sob manejo orgânico. **Revista**
1558 **Ceres**, v.61, p.956-963, 2014.

1559 COSTA, F. X. et al. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação
1560 com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia**
1561 **Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 687-693, 2009.

1562 COUDRAIN, V., HEDDE, M., CHAUVAT, M., MARON, P., BOURGEOIS, E.,
1563 MARY, B., L_EONARD, J., EKELUND, F., VILLENAVE, C., RECOUS, S. Temporal
1564 differentiation of soil communities in response to arable crop management strategies.
1565 **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 225, p.12-21, 2016.

1566 COUTINHO, R.R. **Estudo das comunidades de nematoides como**
1567 **bioindicadores de distúrbios em sistemas agrícolas**. Universidade Federal de
1568 Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Programa de Pós-Graduação em
1569 Fitopatologia. Viçosa, MG, 2014.

1570 CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONE, A. D.; MOREIRA,
1571 A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na
1572 produção orgânica de feijão e Milho. II - Atributos biológicos do solo. **Revista**
1573 **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 603-611, 2011.

1574 CULMAN, S. W.; DUPONT, S. T.; GLOVER, J. D.; BUCKLEY, D. H.; FICK, G.
1575 W.; FERRIS, H.; CREWS, T. E. Long-term impacts of high-input annual cropping and
1576 unfertilized perennial grass production on soil properties and belowground food webs
1577 in Kansas, USA. **Agricultural Ecosystem and Environment**.v.137, p.13–24, 2010.

1578 DANTAS, I. L.; D. A.; FACCIOLI, G. G.; MENDONÇA, L. C.; NUNES, T. P.;
1579 VIEGAS, P. R. A.; SANTANA, L. O. G. D. Viabilidade do uso de água residuária
1580 tratada na irrigação da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Revista**
1581 **Ambiente & Água**, v. 9., p. 109-117, 2014.

1582 DA SILVA, E. E.; DE AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da**
1583 **respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Embrapa
1584 Agrobiologia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2007.

1585 DE ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo:
1586 conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, p.
1587 187-206, 2012.

1588 DECROIX, M. **Conception et calculd unprojet de micro-irrigation a la**
1589 **parcel**. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes,
1590 Institut de Bari, 1978.

1591 DEEPHA, V.; PRAVEENA, R.; SIVAKUMAR, R.; SADASIVAM, K. Experimental
1592 and theoretical investigations on the antioxidant activity of isoorientin from *Crotalaria*
1593 *globosa*. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular**
1594 **Spectroscopy**, v. 121, p. 737-745, 2014.

1595 DEON, M. D. I.; GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; SILVA, E.
1596 Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de
1597 tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 45, p. 1149-
1598 1156, 2010.

1599 DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W.
1600 G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de
1601 Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

1602 DOS SANTOS NASCIMENTO, J.; FIDELES FILHO, J. Crescimento, produção
1603 e alterações químicas do solo em algodão irrigado com água de esgotos sanitários
1604 tratados. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 36-45, 2015.

1605 ELBOUTAHIRI, N.; THAMI-ALAMI, I.; UDUPA, S. M. Phenotypic and genetic
1606 diversity in *Sinorhizobium melilot* and *S. medicae* from drought and salt affected
1607 regions of Morocco. **BMC Microbiology**, v. 10, p. 1-13, 2010.

1608 EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**.
1609 2. ed. Brasília, DF, 2009. 627 p.

1610 EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
1611 **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl. – Rio de Janeiro,
1612 RJ: Embrapa Solos, 2013. 353 p. (Centro Nacional de Pesquisa em Solos).

1613 EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro,
1614 2011. 225 p.

1615 ERICE, G.; LOUAHLIA, S.; IRIGOYEN, J. J.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M.; ALAMI, I. T.;
1616 AVICE, J. C. Water use efficiency, transpiration, and net CO₂ exchange of four
1617 alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent
1618 recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v.72, p. 123-130, 2011.

1619 Esquivel Hernández, A. Nematodos como indicadores ambientais.
1620 Universidad Nacional: Heredia-Costa Rica, 2011. Recuperado de:
1621 [http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&tas](http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=8&catid=44&Itemid=37)
1622 [k=view& id=8&catid=44&Itemid=37](http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=8&catid=44&Itemid=37) Acesso em Dez.2019

1623 FAGUNDES, J. D. et al. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da
1624 senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de
1625 nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, p. 987-993, 2007.

1626 FERNANDES, M. M.; SILVA, M. D.; VELOSO, M. E. C.; OLIVEIRA, T. M.;
1627 FERNANDES, M. R. M.; SAMPAIO, F. M. T. Biomassa microbiana e matéria
1628 orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-mansão solteiro e
1629 consorciado com gramínea no Sui do Piauí. **Revista Brasileira de Ciências**
1630 **Agrárias**, v.8, p.464-469, 2013.

1631 FERRIS, H.; BONGERS, T.; GOEDE, R.G.M. A framework for soil food web
1632 diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. **Applied Soil**
1633 **Ecology**, v. 18, p. 13-29, 2001.

1634 FIDELES FILHO, J.; NÓBREGA, J.Q; SOUSA, J.T.; DANTAS, J.P.
1635 Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e
1636 desenvolvimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**
1637 **Ambiental**, v.9 (suplemento), p.328-332, 2005.

1638 FILHO, L.O.F; AMBROSANO, E.J; ROSSI, F; CARLOS, J.A.D. **Adubação**
1639 **verde e plantas de cobertura no Brasil**. v.1. Brasília, DF. 2014.

1640 FONSECA, R. G.; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTANA, J. C. F. de. Produção de
1641 algodão naturalmente colorido no semiárido nordestino. In: CONGRESSO
1642 BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4. 2003, Goiânia. Algodão: um mercado em evolução:
1643 anais. Campina Grande: Embrapa Algodão; Goiânia: Fundação GO, 2003.

1644 FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas**
1645 **características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de**
1646 **esgoto tratado** .2001. 126 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
1647 – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

1648 FONTOURA, R. A.; FRIZZO, M. L. S.; SÁ, E. L. S.; OSÓRIO FILHO, B. D.;
1649 TONON, B. C.; BINZ, A.; SILVA, M. C.; CAMARGO, F. A. O.; SELBACH, P. A.
1650 Rizóbios nativos do Rio Grande do Sul simbioticamente eficientes em *Lotus glaber*.
1651 **Ciência Rural**, v. 41, p. 440-446, 2011.

1652 FORTES NETO, P.; FORTES, N. L. P.; SILVA, E. M. A. M. da; BRAMBATTI, F.;
1653 SILVA, C. R. A qualidade do solo medida pela liberação de Co₂ e pelo número de
1654 bactérias e fungos num solo fertilizado com composto de lodo de esgoto. Associação
1655 Educacional Dom Bosco. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E
1656 TECNOLOGIA, 9, 2012, Rezende, RJ. 12 p.

1657 FRANCHINI, J. C; COSTA, J. M; TORRES, H. D. E. **Importância da rotação**
1658 **de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Empresa Brasileira
1659 de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e
1660 Abastecimento. Documentos 327. ISSN 2176-2937 jun. 2011.

1661 FRANCO, E.; de BASTOS ANDRADE, C. A.; SCAPIM, C. A.; LOURENÇO de
1662 FREITAS, P. S. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio na semeadura e
1663 cobertura no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 427-
1664 434, 2008.

1665 FREIER, D. F. et al. Efeitos da aplicação de bio-sólido no crescimento inicial de
1666 *Eucalyptus citriodora* Hook. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, p. 102-
1667 107, 2006.

1668 FREITAS, C.A.S. de.; SILVA, A.R. da.; BEZERRA, F.M.L; ANDRADE, R.R de.;
1669 MOTA, F.S.B.; AQUINO, B.F. de. Crescimento da cultura do girassol irrigado com

1670 diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de**
1671 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.1031-1039, 2012.

1672 GALBIATTI, J. A. et al. Fertilização e qualidade da água de irrigação no
1673 crescimento e desenvolvimento da alface. **Scientia Agraria**, v. 8, p. 181-188, 2007.

1674 GARRITY, G.M.; J.G. HOLT. The Road Map to the Manual. *In* **Bergey's**
1675 **Manual of Systematic Bacteriology**, 2nd ed, vol. 1, The *Archaea* and the Deeply
1676 Branching and Phototrophic *Bacteria* (edited by Boone, Castenholz e Garrity).
1677 **Springer**, New York, p. 119–166; 2001.

1678 GATTA, G.; LIBUTTI, A.; GAGLIARDI, A.; BENEDUCE, L.; BRUSETTI, L.;
1679 BORRUSO, L.; Tarantino, E. Treated agro-industrial wastewater irrigation of tomato
1680 crop: Effects on qualitative/quantitative characteristics of production and
1681 microbiological properties of the soil. **Agricultural Water Management**, v. 149, p.
1682 33-43, 2015.

1683 GHOULAM, C.; FOURSY, A.; FARES, K. Effects of salt stress on growth,
1684 inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five
1685 sugar beet cultivars. **Environmental and experimental Botany**, v.47, p. 39-50,
1686 2002.

1687 GILLER, K.E; HERRIDGE, D.F.; SPRENT, J.I. The legume-rhizobia symbiosis
1688 and assessing the need to inoculate. GILLER, K.E. *In*: **Working with rhizobia**
1689 Chapter 1. Centre for Rhizobium Studies Murdoch University, 2016.

1690 GONÇALVES, R. A. B.; FOLEGATTI, M.V.; GLOAGUEN, T.V.; LIBRADI, P.L.;
1691 MONTES, C.R.; LUCAS, Y.; DIAS, C.T.S.; MELFI, A.D. Hydraulic conductivity of a
1692 soil irrigated with treated sewage effluent. **Geoderma**, v. 139, p. 241-248, 2007.

1693 GONÇALVES, R.F. **Desinfecção de efluentes sanitários**. São Carlos: Rima
1694 artes e textos, 2003, 303p., v.1 (PROSAB).

1695 GOULART, A. M.C. **Diversidade de nematoides em agroecossistemas e**
1696 **ecossistemas naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 71 p. (Embrapa
1697 Cerrados. Documentos,191).

1698 GRABAU, Z.J., CHEN, S.Y. Influence of long-term corn-soybean crop
1699 sequences on soil ecology as indicated by the nematode community. **Applied Soil**
1700 **Ecology**, v.100, p.172-185, 2016.

1701

1702 GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area
1703 measurements. **Agronomy Journal**, v. 61, p. 477-479, 1969.

1704 GRISI, B.M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns
1705 aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v.30, p.82-88, 1978.

1706 HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria,
1707 município e recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, p.
1708 75-95, 2002.

1709 HU, C.; WANG, X. H.; QI, Y. C. Characteristics of soil nematode communities
1710 under two different land use systems. **Biological Agriculture e Horticulture**, v.30,
1711 p.119- 130. 2014

1712 HOARE, E.R.; GARZOLI, K.V.; BLACKWELL, J. Plant water requirements as
1713 related to trickle irrigation. *In: 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings.*
1714 California, USA, 1974. P. 323-328.

1715 HUNGRIA, M., FRANCHINI, J. C., CAMPO, R. J., GRAHAM, P. H. The
1716 importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. *In: Nitrogen*
1717 **fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment.** Springer,
1718 Netherlands, p. 25-42, 2005.

1719 JAHNEL, M.C.; CARDOSO, E.J.B.N.; DIAS, C.T.S. Determinação do número
1720 mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas.
1721 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 553-559, 1999.

1722 JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating
1723 nematodes from soil. **Plant Disease**, v. 48, p. 692-695, 1964.

1724 JIANG, C.; SUN, B.; LI, H.; JIANG, Y. Determinants for seasonal change of
1725 nematode community composition under long-term application of organic manure in
1726 an acid soil in subtropical China. **European Journal of Soil Biology**, v.55, p.91–99.
1727 2013.

1728 JORDAN, D. C. Transfer of *Rhizobium japonicum* to *Bradyrhizobium* gen. nov.,
1729 a genus of slow-growing, root nodule bacteria from leguminous plants. **International**
1730 **Journal of Systematic Bacteriology**, v. 32, p. 136-139, 1982.

1731 KAGGWA-ASIIMWE, R.; ANDRADE-SANCHEZ, P.; WANG G. Plant
1732 architecture influences growth and yield response of upland cotton to population
1733 density. **Field Crops Research**, v.145, p.52-59, 2013.

1734 KELLER, J. Trickle irrigation. **Soil Conservation Service National**
1735 **Engineering Handbook**. Colorado, 1978. 129 p.

1736 KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: van
1737 Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

1738 KAYIKCIOGLU, H.H. Short-term effects of irrigation with treated domestic
1739 wastewater on microbiological activity of a Vertic xerofluvent soil under
1740 Mediterranean conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 102, p. 108–
1741 114, 2012.

1742 KIMENJU, J. W.; KARANJA, N. K.; MUTUA, G. K.; RIMBERIA, B. M.;
1743 WACHIRA, P. M. Nematode community structure as influenced by land use and
1744 intensity of cultivation. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.11, p.353-
1745 360, 2009.

1746 KIMPINSKI, J.; GALLANT, C. E.; HENRY, R.; MACLEOD, J. A.; SANDERSON,
1747 J. B.; STURZ, A. V. Effect of compost and manure soil amendments on nematodes
1748 and on yields of potato and barley: A 7-year study. **Journal of nematology**, v.35,
1749 p.289, 2003.

1750 KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**.
1751 Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.

1752 LIMA, B. L. C. **Cultivo do algodoeiro BRS Rubi com água de esgoto**
1753 **doméstico tratado e doses de potássio no semiárido pernambucano**. 2018. 115
1754 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de
1755 Pernambuco. Departamento de Engenharia Agrícola. Recife, 2018.

1756 LIMA, J.P.R. **Desempenho de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio**
1757 **e análise de crescimento em leguminosas para adubação verde na savana de**
1758 **Roraima**. / Joaquim Parimé Pereira Lima. Boa Vista – RR: UERR, 2016. 125f.

1759 LIMA, A. S.; PEREIRA, J. P. A. R.; MOREIRA, F. M. S. Diversidade fenotípica e
1760 eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia.
1761 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1095-1104, 2005.

1762 LORITE, M. J.; MUÑOZ, S.; OLIVARES, J.; SOTO, M. J.; SANJUÁN, J.
1763 Characterization of strains unlike *Mesorhizobium loti* that nodulate *Lotus* spp. In
1764 saline soils of Granada, Spain. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, p.
1765 4019-4026, 2010.

1766 LUCENA, A. M. A. et al. Influência da natureza do substrato e da água de
1767 irrigação no crescimento de mudas de flamboyant (*Delonix regia*). **Revista Caatinga**,
1768 v. 20, p. 112-120, 2007.

1769 MAI, W. F.; MULLIN, P. G.; LYON, H. H.; LOEFFLE, K. **Plant-parasitic**
1770 **nematodes: a pictorial key to genera**. 5th Ed. Cornell University Press. Ithaca,
1771 1996. 277 p.

1772 MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado**
1773 **nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

1774 MARIA, I. C. de; KOCSSI, M. A. M. I.; DECHEN, S. C. F. Agregação do solo em
1775 área que recebeu lodo de esgoto. **Bragantia**, v. 66, p. 291-298, 2007.

1776 MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Academic Press, p.668,
1777 ISBN 978-0-12-384906-9, 2011.

1778 MARTINS, A. F.; VARGAS, L. K.; LISBOA, B. B.; SAMPAIO, J. A. T.; ARAÚJO,
1779 J. H. B.; TURCATEL, A. T.; DIEMER, G. D.; SÁ, E. L. S. Diversidade genética,
1780 tolerância aos fatores de acidez e eficiência simbiótica de rizóbios para cornichão de
1781 solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1855-
1782 1864, 2011.

1783 MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L; GHWYI, H.R.; FERNANDES, P.D. Uso de
1784 água residuária de origem urbana no cultivo de gérberas: efeito nos componentes de
1785 produção. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 569-578, 2007.

1786 MELCHIORRE, M.; LUCA, M. J.; ANTA, G. G.; SUAREZ, P.; LOPEZ, C.;
1787 LASCANO, R.; RACCA, R. W. Evaluation of bradyrhizobia strains isolated from field-
1788 grown soybean plants in Argentina as improved inoculants. **Biology and Fertility of**
1789 **Soils**, v.47, p.81-89, 2011.

1790 MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S. A.; MAZZATURA, A.; SCOPA,
1791 A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and
1792 microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition.
1793 **Science of the Total Environment**, v.85, p.69-77, 2002.

1794 MENNAN, S.; CHEN, S.; MELAKEBERHAN, H. Effects of *Hirsutella*
1795 *minnesotensis* and N-Viro Soil® on populations of *Meloidogyne hapla*. **Biocontrol**
1796 **Science and Technology**, v.17, p.233-246, 2007.

1797 MENDES, I. C.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F.B. dos.
1798 Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types.
1799 **Plant and Soil**, v. 359, p. 183–195, 2012.

1800 MERCANTE, F.M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. de C.; REIS JÚNIOR, F.B dos.;;
1801 ANDRADE, D.S. Fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes. In LIMA FILHO,
1802 O. F de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Eds). **Adubação verde**
1803 **e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília DF.
1804 EMBRAPA, v.1, p. 307-331. 2014.

1805 MIRANDA, T. L.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. de F.; ROLIM, M. M.
1806 Alterações físicas e biológicas em solo cultivado com cana-de-açúcar após colheita
1807 e aplicação de vinhaça **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 7, p. 150-158;
1808 2012.

1809 MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.
1810 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

1811 NGOSONG, C.; JAROSCH, M.; RAUPP, J.; NEUMANN, E.; RUESS, L. THE
1812 impact of farming practice on soil microorganisms and arbuscular mycorrhizal fungi:
1813 Crop type versus long-term mineral and organic fertilization. **Applied Soil**
1814 **Ecology**, v.46, p.134-142, 2010.

1815 NOBRE, R. G. et al. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e
1816 adubação orgânica. **Revista DAE**, v. 3, p. 50-60, 2009.

1817 OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments - a
1818 review. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p.101-115, 2010.

1819 OLIVEIRA, P.G.F; MOREIRA, O.C; BRANCO, L.M.C; COSTA, R.N.T; DIAS,
1820 C.N. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da
1821 melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**
1822 **Ambiental**, v. 16, p. 153-158, 2012.

1823 OLIVEIRA, M.N.; SILVA, M.P; CARNEIRO, V. A. Reuso da água: um novo
1824 paradigma de Sustentabilidade. **Élisée – Revista de Geografia da UEG**, v.2, p.146-
1825 157, 2013.

1826 PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.; MARTINS,
1827 M. A.; URQUIAGA, S. Chemical and microbiological soil characteristics under
1828 conventional and organic coffee production systems. **Communications in Soil**
1829 **Science and Plant Analysis**, v. 43, p. 847-864, 2012.

1830 PEIXOTO, F. G. T. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos**
1831 **do estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados**. Universidade
1832 Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
1833 Jaboticabal, São Paulo, 2010. 69f. Dissertação.

1834 PEREIRA, B.F.F.; HE, Z.L.; SILVA, M.S.; HERPIN, U.; NOGUEIRA, S.F.;
1835 MONTES, C.R.; MELFI, A.J. Reclaimed wastewater: impact on soil-plant system
1836 under tropical conditions. **Journal of Hazardous Materials**, v.192, p.54-61, 2011.

1837 PERES, M. R. **Uso de água residuária com diferentes sistemas de**
1838 **irrigação no desenvolvimento e na qualidade microbiológica do meloeiro**
1839 **(*Cucumis melo* L.)**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
1840 Filho”, 2004. 50p. Dissertação Mestrado.

1841 PINHEIRO, M.I.T; CAMPO, J.N.B; STUDART, T.M.C; LUNA, R.M; SANTOS,
1842 E.M.A. Programas de segurança da água: conceitos e práticas. 85 SANTOS,
1843 MATSURA, SANTOS. **Revista de Ingeniería y Ciencias Ambientales:**
1844 **Investigación, desarrollo y práctica**, v.8, p.131-146, 2015.

1845 PIVELI, R. P. et al. Utilização de esgoto tratado na agricultura: aporte de água
1846 e nutrientes. In: MOTA, S. B.; SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário:**
1847 **utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

1848 QUIST, C.W., SCHRAMA, M., DE HAAN, J.J., SMANT, G., BAKKER, J., VAN
1849 DER PUTTEN, W.H., HELDER, J. Organic farming practices result in compositional
1850 shifts in nematode communities that exceed crop-related changes. **Applied Soil**
1851 **Ecology**, v. 98, p. 254-260, 2016.

1852 R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**
1853 [Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2019. Acesso em:<
1854 <http://www.r-project.org>>.

1855 RAMIREZ-VILLANUEVA, D. A.; BELLO-LÓPEZ, J. M.; NAVARRO-NOYA, Y.
1856 E.; LUNA-GUIDO, M.; VERHULST, N.; GOVAERTS, B.; DENDOOVEN, L. Bacterial
1857 community structure in maize residue amended soil with contrasting management
1858 practices. **Applied soil ecology**, v. 90, p.49-59, 2015.

1859 REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. D. S.; GONZAGA, M. I. D. S.; GHEYI, H. R.;
1860 NETO, O. N. D. S. Crescimento do Feijão-caupi irrigado com água residuária de
1861 esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v.23, p. 97-102, 2010.

1862 REIS, I. N. R. S.; COSTA, M. P.; LAMEIRA, O. A. Métodos de assepsia in vitro
1863 de sementes de teca (*Tectona grandis*). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO
1864 CIENTÍFICA DA UFRA, 1, SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA
1865 AMAZÔNIA ORIENTAL, 7, 2003, Belém. Anais. Belém: Universidade Federal Rural
1866 da Amazônia, 2003. p. 1-4.

1867 RIGON, J., C., S., de BRITO NETO, J. F., BELTRAO, N. D. M; SILVA, F. D. F.
1868 Utilização da torta de mamona e de fontes de nitrogênio durante o crescimento
1869 inicial do algodão colorido. In: Embrapa Algodão-Artigo em anais de congresso
1870 (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1.,
1871 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: Anais.
1872 Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011.

1873 RUFINI, M., da SILVA, M. A. P., FERREIRA, P. A. A., de SOUZA CASSETARI, A.,
1874 SOARES, B. L., De ANDRADE, M. J. B.; de SOUZA MOREIRA, F. M. Symbiotic
1875 efficiency and identification of rhizobia that nodulate cowpea in a Rhodic
1876 Eutrudox. **Biology and fertility of soils**, v. 50, p. 115-122, 2014.

1877 ROTH, E.; SAMARA, N.; ACKERMANN, M.; SEIML-BUCHINGER, R.; SALEH,
1878 A.; RUESS, L. Fertilization and irrigation practice as source of microorganisms and
1879 the impact on nematodes as their potential vectors. **Applied Soil Ecology**, v.90,
1880 p.68-77, 2015.

1881 SAMMIS, T. W.; PICCHIONI, J. G; MEXAL, G.; SAUCEDO, D. **Management**
1882 **Model for Land Application of Wastewater**, p. 261-273, 2013.

1883 SANTOS, M. A. dos; NICOLÁS, M. F.; HUNGRIA, M. Identification of QTL
1884 associated with the symbiosis of *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* and
1885 soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 67-75, 2006.

1886 SANTOS, K.C.F.; SILVA, M.S.L.; SILVA, L.D.; MIRANDA, M.A. FREIRE,
1887 M.B.G.S. - Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo
1888 de *Atriplex numularia*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 619-627, 2011.

1889 SARAIVA, V. M.; KONIG, A. Productivity Purple-Elephant-Grass Irrigated with
1890 Treated Domestic Sewage in the Semiarid Potiguar and its Uses. **Holos**, v. 29, p. 28-
1891 46, 2013.

1892 SHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade
1893 do reuso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da
1894 Bahia. **Ambiente e Sociedade**, v. 17, p. 17-32, 2014.

1895 SHAMMI M, ABUL KASHEM M, MOSTAFIZU RAHMAN MD, DELWAR
1896 HOSSAIN MD, RAHMAN R, KHABIR UDDIN M. Health risk assessment of textile
1897 effluent reuses as irrigation water in leafy vegetable *Basella alba*. **International**
1898 **Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture**, v. 5, p.113-123,2016.

1899 SITHOLE, N. J.; MAGWAZA, L. S.; MAFONGOYA, P. L. Conservation
1900 agriculture and its impact on soil quality and maize yield: a South African
1901 perspective. **Soil and Tillage Research**, v. 162, p. 55-67, 2016.

1902 SILVA, M. M. da. **Irrigação com efluentes secundários no crescimento,**
1903 **produtividade e concentração de nutrientes no solo e na mamoneira**. 2010. 77 f.
1904 Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal de Campina
1905 Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2010.

1906 SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; MIGUEL, D.L.; FEITOSA, J.C.F.; LOSS, A.;
1907 MENEZES, C.E.G; SILVA, E.M.R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e
1908 atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no Médio
1909 Vale do Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, p.
1910 1680-1689, 2012.

1911 SILVA, L. V., DE LIMA, V. L., SILVA, V. N., SOFIATTI, V., PEREIRA, T. L.
1912 Torta de mamona residual e irrigação com efluente sobre crescimento e produção de
1913 algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.
1914 17, p. 1264-1270, 2013.

1915 SIMÕES, K. S. et al. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade
1916 microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia**
1917 **Agrícola e Ambiental**, v.17, p.518-523, 2013.

1918 SOARES, S.P.S. **Estudo sobre o tratamento anaeróbio de águas**
1919 **residuárias urbanas em reator de leito de lamas de fluxo ascendente em escala**
1920 **piloto**, 2014. 93p. Dissertação (mestrado integrante em engenharia do ambiente).
1921 Universidade do Porto. 2014.

1922 SORATTO, R. P.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZZETTI, S.; SILVA, T. R.
1923 B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do
1924 nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, p. 89-96, 2003.

1925 SOUZA, N. C. D.; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M.; AQUINO, B. F. D.; SANTOS,
1926 A. B. D. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista**
1927 **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 478-484, 2010.

1928 SOUSA, C.C.M; PEDROSA, E.M.R; ROLIM, M.M; PEREIRA FILHO, J.V;
1929 SOUZA, M.A. L.M. Influência da densidade do solo infestado por nematoide no
1930 desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia**
1931 **Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 475-479, 2014.

1932 SOUSA NETO, O.N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N.S. de.; REBOUÇAS,
1933 J.R.L.; OLIVEIRA, F. R. A. de.; DINIZ, A.A. Fertirrigação do algodoeiro utilizando
1934 efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**
1935 **Ambiental**, v.16, p.200-208, 2012.

1936 SOUZA, A. P. de; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. B. D. da; GUERRA, J. G.
1937 M.; COSTA, J. R. Taxas de decomposição de resíduos vegetais submetidos a
1938 lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 19, p. 512-526, 2014.

1939 SOUZA, T. R. de; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C.;
1940 FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de
1941 citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.846-854, 2012.

1942 STIRLING, G. R.; SMITH, M. K.; SMITH, J. P.; STIRLING, A. M.; HAMILL, S.D.
1943 Organic inputs, tillage and rotation practices influence soil health and
1944 suppressiveness to soil borne pests and pathogens of ginger. **Australasian Plant**
1945 **Pathology**, v.41, p.99–112, 2012

1946 STEPHENSON, D. O, BARBER, T; BOURLAND, F. M. Effect of twin-row
1947 planting pattern and plant density on cotton growth, yield, and fiber quality. **Journal**
1948 **of Cotton Science**, v.15, p.243-250, 2011.

1949 STIEVEN, A.C; SANTOS, J.O; OLIVEIRA, D.A; WRUCK, F. J; CAMPOS,
1950 D.T.S. Monitoramento e quantificação de nematoides em solo sob integração
1951 lavoura pecuária. XLIV Congresso Brasileiro de Fitopatologia- Bento Gonçalves RS.
1952 **Tropical Plant Pathology**, v. 36 (Suplemento), p. 5, 2011.

1953 SUBRAMANI, T.; MANGAIYARKARASI, M.; KATHIRVEL, C. Impact of Sewage
1954 and Industrial Effluent on Soil Plant Health Act on Environment. **Journal of**
1955 **Engineering Research and Applications**. v.4, p.270-273, 2014.

1956 SUSZEK, E. B.; FORTES NETO, P.; FORTES, N. L. P.; SILVA, E. M. A. M.;
1957 BRAMBATTI, F.; SILVA, C. R.; PATROCINIO, D. D. Atributos microbianos do solo
1958 fertilizado com composto de lodo de esgoto. **Ambi-Agua**, v. 7, p. 49- 61, 2012.

1959 TARJAN, A. C.; ESSER, R. P.; CHANG, S. L. An illustrated key to nematodes
1960 found in freshwater. **Journal of Water Pollution Control Federation**, v. 49, p. 2318-
1961 2337, 1977.

1962 THORBURN, P. J.; BIGGS, J. S.; WEBSTER, A. J.; BIGGS, I. M. An improved
1963 way to determine nitrogen fertilizer requirements of sugarcane crops to meet global
1964 environmental challenges. **Plant and Soil**, v. 339, p. 51-67, 2011.

1965 TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos
1966 como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa,
1967 MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2, p. 195-276, 2002.

1968 VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for
1969 measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.703-
1970 707, 1987.

1971 VARELA, A.R; MANAIA, C. M. Human health implications of clinically relevant
1972 bacteria in wastewater habitats. **Environmental Science and Pollution Research**,
1973 v. 20, p. 3550-3569, 2013.

1974 VIEIRA, G. D. A., CASTILHOS, D. D., CASTILHOS, R. M. V. Atributos
1975 microbianos do solo após a adição de lodo anaeróbico da estação de tratamento de
1976 efluentes de parboilização do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35,
1977 p. 543-550, 2011.

1978 VON SPERLING, M; de LEMOS CHERNICHARO, C. A. **Biological**
1979 **wastewater treatment in warm climate regions**. IWA publishing, 2005.

1980 WWAP – World Water Assessment Programme. The United Nations World
1981 Water Development Report 4: **Managing Water under Uncertainty and Risk**. (4th
1982 ed.). Paris: UNESCO. 2012.

1983 YEATES, G. W.; BONGERS, T.; de GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.;
1984 GEORGIEVA, S. S. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline
1985 for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, p. 315–331, 1993.

1986 YEATES, G.W.; BONGERS, T. Nematodes diversity in agroecosystems.
1987 **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 113-135, 1999.

1988 YIM, M.W., TAM, F.Y. Effects of wastewater-borne heavy metals on mangrove
1989 plants and soil microbial activities. **Marine Pollution Bulletin**, v. 39, p.179–186,
1990 1999.

- 1991 ZILLI, J. É.; VALICHESKI, R. R.; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.;
- 1992 FREIRE FILHO, F. R.; NEVES, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de
- 1993 Bradyrhizobium isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária**
- 1994 **Brasileira**, v. 41, p. 811-818, 2006.
- 1995 ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G.
- 1996 R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de
- 1997 grãos de feijão-cupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v.39, p.749-758, 2009.

1998

CAPÍTULO III

1999

ÁGUA RESIDUÁRIA DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO E A FIXAÇÃO

2000

BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO, CRESCIMENTO DA PLANTA E QUALIDADE DO

2001

SOLO

2002 **ÁGUA RESIDUÁRIA DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO E A FIXAÇÃO**
2003 **BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO, CRESCIMENTO DA PLANTA E QUALIDADE DO**
2004 **SOLO**

2005
2006 **RESUMO**

2007 A utilização de águas residuárias em atividades agrícolas pode trazer grande benefício
2008 econômico e ambiental pois favorece a umidade no solo e serve de aporte de
2009 nutrientes para a planta. O uso de leguminosas como *Crotalaria Spectabilis* é uma
2010 alternativa para manter alguns nutrientes no solo de forma natural, especialmente o
2011 nitrogênio. O objetivo do estudo foi avaliar a influência da adição de efluentes de
2012 esgotos tratado no cultivo da *C. spectabilis* e seus efeitos na microbiota do solo e
2013 desenvolvimento da planta. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado
2014 em fatorial 4 (água de abastecimento e 50, 75 e 100% de esgoto doméstico tratado
2015 por reator UASB) × 4 (isolado de rizóbio nativo CRO, estirpe recomendada BR 3267,
2016 testemunha (não inoculada e sem nitrogênio), e controle com Nitrogênio (50 kg ha⁻¹)
2017 na forma de ureia) com quatro repetições. As concentrações de esgoto doméstico
2018 tratado aplicadas e as duas estirpes de *Rhizobium* ou adubação nitrogenada não
2019 afetaram significativamente a maior parte dos parâmetros associados à microbiota do
2020 solo e crescimento da planta. A inoculação da estirpe BR 3267 foi menos eficiente do
2021 que a adubação nitrogenada na produção de biomassa fresca da planta. A nodulação
2022 de *C. spectabilis* foi eficiente a despeito das concentrações de esgoto doméstico
2023 aplicadas, exceto 100%.

2024
2025 **Palavras-chave:** *Crotalaria Spectabilis*, microbiota do solo, reator UASB, *Rhizobium*

2026
2027 **TREATED DOMESTIC SEWAGE WASTEWATER AND THE BIOLOGICAL**
2028 **NITROGEN FIXATION, PLANT GROWTH AND SOIL QUALITY**

2029
2030 **ABSTRACT**

2031 The use of sewage wastewater could provide added economic and environmental
2032 benefit to agricultural activities since it enhances soil humidity and nutrient apport to
2033 the crop. Leguminous plant such as *Crotalaria spectabilis* is another alternative to keep
2034 nutrients available in soil, especially nitrogen. The objective of the study was to

2035 evaluate the effect of treated domestic sewage wastewater added in soil for *C.*
2036 *spectabilis* cultivation and the effects in soil microbiota and plant growth. The
2037 experimental design was completely randomized in a factorial arrangement 4 (water
2038 supply and 50, 75, and 100% domestic sewage wastewater treated in UASB - Upflow
2039 Anaerobic Sludge Blanket - reactor) × 4 (a *Rhizobium* native stirp from the "Zona da
2040 Mata" of Pernambuco (CRO), a recommended stirp for green fertilization and cowpea
2041 (BR 3267), a control with nitrogen fertilizer (urea 50 kg ha⁻¹), and an absolute control
2042 (without inoculant an nitrogen fertilizer), with four replications. All treated domestic
2043 sewage wastewater concentrations as well both *Rhizobium* stirpes and the nitrogen
2044 fertilizer did not significantly affect most of evaluated parameters of soil microbiota and
2045 plant growth. The inoculant BR 3267 was less successful in increasing the plant fresh
2046 biomass than the nitrogen fertilizer. The *C. spectabilis* nodulation was efficient despite
2047 domestic sewage wastewater concentration, except 100%.

2048

2049 **Keywords:** *Crotalaria Spectabilis*, soil microbiota, UASB reactor, *Rhizobium*

2050

2051 **INTRODUÇÃO**

2052

2053 A degradação do solo e o esgotamento dos minerais necessários para vida
2054 vegetal é uma situação usualmente enfrentada na agricultura. O uso de plantas que
2055 melhoram a qualidade do solo tem crescido, a exemplo do manejo com rotações de
2056 cultura e/ou consórcio com plantas leguminosas, pode ser uma alternativa por trazer
2057 ganhos econômicos e ambientais (ROSA, 2017; SANTOS et al., 2018). Plantas
2058 pertencentes à família Fabaceae, a exemplo de *Crotalaria spectabilis* Roth junto com
2059 outras espécies do gênero, são utilizadas como cultura de cobertura ou de adubação
2060 verde por apresentar elevada capacidade de produção de biomassa e fixação
2061 biológica de nitrogênio (FBN) (ALBUQUERQUE et al., 2000; LEAL et al., 2012;
2062 TEODORO et al., 2015).

2063 A FBN é a principal via para a entrada sustentável de nitrogênio nos
2064 ecossistemas e é realizada por organismos de vida livre e simbióticos. Espécies do
2065 gênero *Crotalaria* apresentam alta simbiose com as bactérias fixadoras de N₂ e
2066 produzem alto teor de nitrogênio de forma utilizável pela planta e em grandes
2067 quantidades, disponibilizando assim o nitrogênio para do solo (MORO et al., 2016).

2068 Para uso agrícola, a FBN pode ser melhorada pela inoculação de culturas de
2069 leguminosas com rizóbio adequado. O conhecimento da biodiversidade do rizóbio e
2070 das populações locais é importante para o desenho de estratégias de inoculações
2071 bem-sucedidas (FOWLER et al., 2013; LI et al., 2018). A seleção de estirpes eficientes
2072 na nodulação é fundamental para o manejo sustentável da crotalária, pois, possibilita
2073 a redução ou substituição da adubação nitrogenada, que se manejada
2074 inadequadamente tem impactos negativos sobre os ecossistemas. Além disso, o uso
2075 de estirpes eficientes permite uma maior lucratividade aos produtores rurais
2076 (LINDSTRÖM, 2010).

2077 Outra forma de resgatar nutrientes para o solo é utilizando a água residuária
2078 urbana que é rica em muitos nutrientes (SOUZA et al, 2016), mas para não criar um
2079 desequilíbrio na microbiota do solo é necessário avaliar a dosagem correta e se
2080 realmente essa água é tratada corretamente, pois podem apresentar patógenos
2081 prejudiciais a vida vegetal, animal ou humana e elementos tóxicos. A irrigação com
2082 efluente tratado pode melhorar significativamente as atividades dos microrganismos e
2083 as condições de saúde do solo (CHEN et al., 2015).

2084 O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da adição de efluentes de
2085 esgotos tratado no cultivo da *Crotalaria spectabilis* e seus efeitos na qualidade
2086 biológica e na microbiota do solo.

2087

2088 **MATERIAL E MÉTODOS**

2089

2090 **Caracterização da área experimental**

2091 O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de
2092 Nematologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no Município
2093 de Recife-Pernambuco, no período de 29/08/2019 a 22/10/2019.

2094

2095 **Coleta, caracterização dos solos e tratamentos**

2096 O solo utilizado foi proveniente de uma fazenda cultivada com bananeira da
2097 terra (*Musa* spp.), no Município de Amaraji-PE, na camada de 0-20 cm e analisado
2098 quanto as características químicas (Tabela 1). O solo apresentava textura franco
2099 argilo-arenosa com 50.3, 22.6 e 27.1 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente
2100 (EMBRAPA, 2011).

2101

2102 **Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental em Amaraji, PE, 2019.

Profundidade (m)	P (mg dm ⁻³)	pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Na	K	H +Al	CTC	SB	M.O	V
			(cmolc dm ⁻³)						(%)		
0 – 0,20	25	5,7	2,31	0,42	0,04	0,15	2,20	5,13	2,93	1,86	57,12

2103

2104

2105 Para condução do experimento, sementes da *C. spectabilis* foram semeadas
2106 em agosto de 2019, e, inoculadas com a estirpe BR 3267 e um isolado nativo (CRO).
2107 O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e os tratamentos
2108 foram arranjados em esquema fatorial 4 (níveis de esgoto) × 4 (tratamentos
2109 nitrogenados) com quatro repetições. Cada parcela consistiu em um vaso com duas
2110 plantas. Os tratamentos com esgoto consistiram em água de abastecimento mais três
2111 diferentes concentrações de esgoto doméstico tratado em reator USB: 100% tratado,
2112 75% de esgoto tratado + 25% de água de abastecimento e 50% de esgoto tratado +
2113 50% de água de abastecimento. Os inóculos consistiram em uma estirpe nativa,
2114 (CRO), uma recomendada (BR 3267), a testemunha (não inoculada e sem nitrogênio)
2115 e um controle com Nitrogênio (50 kg ha⁻¹ na forma de ureia).

2116

2117 **Caracterização físico-química dos efluentes e água de abastecimento e irrigação**

2118 A água residuária utilizada foi oriunda da Estação de Tratamento e Reuso
2119 Hidroagrícola localizada no Distrito de Mutuca, Pesqueira-PE, de origem de esgoto
2120 doméstico tratado. A irrigação foi realizada em dias alternados com os efluentes
2121 tratados e diluídos e água de abastecimento proveniente da rede de abastecimento
2122 do campus da UFRPE. Foram realizados testes verificação do melhor manejo de
2123 irrigação: 100,150 e 200 mm. O manejo da irrigação adotado foi o de 200 mm, em dias
2124 alternados. A Tabela 2 apresenta a caracterização física e química do efluente e, a
2125 Tabela 3, a caracterização da água de abastecimento da UFRPE.

2126

2127

2128 **Tabela 2.** Caracterização física e química da água residuária (AR) utilizada no
 2129 experimento.

Parâmetro	Unidade	AR
pH		8,30
CE	dS m ⁻¹	5,70
STD	µS cm ⁻¹	2869,0
N-Total	mg L ⁻¹	23,6
P -Total	mg L ⁻¹	2,0
K ⁺	mg L ⁻¹	85,8
Ca ²⁺	mg L ⁻¹	34,5
Mg ²⁺	mg L ⁻¹	50,9
Na ⁺	mg L ⁻¹	782,0
Nitrato	mg L ⁻¹	42,4
Cloretos	mg L ⁻¹	950,0
Sulfato	mg L ⁻¹	103,7
Bicarbonato	mg L ⁻¹	647,2

2130

2131 **Tabela 3.** Caracterização física, química e bacteriológica da água de abastecimento
 2132 (AB) utilizada no experimento.

Parâmetro	Unidade	AB
pH	-	5,7
CE	µS cm	64,5
STD	µS cm	46
Potássio	mg L	4,80
Cálcio	mg L	3,00
Magnésio	mg L	0,60
Sódio	mg L	8,00
Nitrato em N	mg L	0,73
Cloreto	mg L	14,00
Sulfato	mg L	1,4
Bicarbonato	mg L	8,5
RAS	mg L	1,10
Manganês	mg L	0,100
Ferro Total	mg L	0,20
Coliformes Totais	Em 100 ml	Ausência
<i>Escherichia. coli</i>	Em 100 ml	Ausência

2133

2134

2135 **Tratamento das sementes e Cultivo**

2136 As sementes da *C. spectabilis* foram desinfestadas com álcool etílico a 70%
2137 por 30 segundos e com hipoclorito de sódio a 1%, por 2 minutos. Logo após, foram
2138 lavadas com água destilada três vezes por 30 segundos, mais uma vez por 5 minutos
2139 e por fim uma lavagem de 10 minutos (REIS; COSTA; LAMEIRA, 2003). Aos 53 dias,
2140 as plantas foram colhidas e a parte aérea separada das raízes para determinação da
2141 massa seca. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 5,0 kg,
2142 preenchidos com 2,5 kg de solo. Cada vaso recebeu cinco sementes inoculadas com
2143 a estirpe de *Rhizobium*. Aos 10 dias após a germinação foi realizado o desbaste
2144 deixando duas plantas por vaso.

2145

2146 **Inoculação**

2147 A estirpe de *Rhizobium* BR 3267 recomendada para produção de inoculante foi
2148 cultivada em meio de cultura YMA (manitol - 10g; K₂HPO₄ - 0,5g; MgSO₄.7H₂O - 0,2
2149 g; NaCl - 0,1g; extrato de levedura - 0,4g; água destilada 1000 ml; pH ajustado para
2150 6,8; ágar - 15 g). O *Rhizobium* foi espalhado com auxílio de alça de Drigalsky e
2151 incubado por três dias. Para avaliação do crescimento da população bacteriana foi
2152 utilizado o método da gota, e, as unidades formadoras de colônias contadas após a
2153 inoculação. A inoculação ocorreu no momento do plantio da *C. spectabilis* e consistiu
2154 em misturar as sementes de *C. spectabilis* com o inoculante, na proporção de 500
2155 gramas para 50 kg de sementes, o qual foi previamente umedecido com solução
2156 açucarada a 10%.

2157

2158 **Variáveis morfológicas da *Crotalaria spectabilis***

2159 Após 53 dias transcorridos da semeadura, período em que a fixação biológica
2160 do nitrogênio pelas bactérias fixadoras encontrava-se em sua fase de maior atividade
2161 enzimática, as plantas foram colhidas e a parte aérea separada das raízes para
2162 avaliação dos parâmetros da FBN.

2163 A altura da planta (ALTP), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC)
2164 foram avaliados a cada 25 dias. O número de nódulos (NN), massa fresca dos nódulos
2165 (MFN), massa seca dos nódulos (MSN), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa
2166 seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR)
2167 foram avaliadas no final do ciclo.

2168 As raízes, lavadas com água corrente para posterior contagem dos nódulos. A
2169 massa da matéria fresca dos nódulos foi obtida por meio da pesagem inicial do
2170 material em balança analítica. A altura da planta foi medida desde o colo até a gema
2171 do ramo mais alto da planta com uma trena. Para a determinação da produção de
2172 massa de matéria seca, o material vegetal já seco foi colocado em estufa de circulação
2173 forçada de ar a 65 - 70°C até atingir o equilíbrio (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA,
2174 1997). O diâmetro do caule foi determinado através de um paquímetro digital e
2175 expresso em mm.

2176

2177 **Determinação da umidade e evolução C-CO₂ do solo**

2178 Para determinação da umidade do solo, as amostras (Figura 1) foram pesadas
2179 para obtenção da massa úmida (g) e depois levadas à estufa a 105 °C por 24 h para
2180 obtenção da massa seca (g). A umidade (g. g⁻¹) foi calculada pelo método
2181 gravimétrico, dividindo-se a massa de água pela massa seca do solo.

2182 Para evolução C-CO₂ do solo, foram coletados 100 g de solo em cada parcela,
2183 na profundidade entre 5 - 20 cm, com 128 amostras no primeiro ciclo. A respiração do
2184 solo foi estimada por meio da liberação de CO₂ por uma área de solo, segundo
2185 metodologia descrita por GRISI (1978). Neste método, a absorção do CO₂ foi feita por
2186 uma solução de KOH 0,5 N e, posteriormente, titulada com HCl 0,1 N, utilizando-se
2187 como indicadores a fenolftaleína e o alaranjado de metila a 1 %.

2188

2189 **Contagem e identificação de nematoides**

2190 As amostras de solos foram homogeneizadas e os nematoides extraídos de
2191 alíquotas de 300 cm³ de solo, pelo método da flotação centrífuga em solução de
2192 sacarose (JENKINS, 1964). As suspensões foram colocadas em frascos e os
2193 nematoides foram mortos por meio do aquecimento dos recipientes em banho-maria
2194 a 55 °C, com adição, em seguida, de 1 ml de formaldeído a 37% (massa/volume).

2195 A estimativa populacional foi obtida por meio da contagem em lâminas de
2196 Peters, com o auxílio de um microscópio óptico, em duas repetições, cada uma delas
2197 correspondendo a metade da área de contagem total da lâmina, o que equivale a,
2198 aproximadamente, 0,5 ml cada, e os resultados computados em número de
2199 espécimes por 300 cm³ de solo.

2200 Para o estudo da estrutura trófica, os nematoides foram classificados quanto
2201 ao hábito alimentar em cinco grupos tróficos (parasitos de plantas, bacteriófagos,
2202 micófagos, predadores e onívoros), baseado na morfologia do estoma e esôfago
2203 (YEATES et al., 1993). Os nematoides parasitas de plantas foram identificados em
2204 nível de gênero de acordo com Mai et al. (1996) e os nematoides de vida livre foram
2205 identificados a nível de família conforme a chave de identificação de Tarjan; Esser;
2206 Chang (1977).

2207

2208 **Determinação da microbiota geral do solo**

2209 A enumeração de bactérias, fungos e actinomicetos foi realizada utilizando o
2210 método das diluições decimais sucessivas de contagem de micro-organismos em
2211 placas. As amostras de solos (5g) foram misturadas em Erlenmeyer com 50 ml de
2212 água destilada esterilizada, e colocadas no agitador por 30 minutos. Em seguida,
2213 foram realizadas diluições sucessivas até 10^{-9} para bactérias, 10^{-5} para fungos e 10^{-3}
2214 para actinomicetos. De cada diluição, foi retirada alíquota de 0,1 ml para as placas de
2215 bactérias (Albumina de sódio-ágar), fungos (Rose Bengal) e actinomicetos (extrato
2216 sacarose-ágar). Após solidificação, as placas de Petri foram seladas com parafilm e
2217 incubadas em estufas a 25° C, invertidas por aproximadamente uma semana
2218 (bactérias, fungos e actinomicetos). Depois foram selecionadas as placas com
2219 maiores unidades formadoras de colônias (JAHNEL et al., 1999). A quantificação foi
2220 realizada visualmente, contabilizando cada colônia de microrganismo que apareceu
2221 nas placas. Após a aferição das colônias, multiplicou-se o resultado pelo fator de
2222 diluição utilizado invertido, contabilizando-se as unidades formadoras de colônias
2223 (UFC) por ml da amostra

2224

2225 **Análises estatísticas**

2226 Os dados foram submetidos a análises de variância. Conjuntamente às
2227 análises, os pressupostos estatísticos (normalidade dos resíduos e
2228 homocedasticidade das variâncias) foram verificados por meio do teste de Shapiro-
2229 Wilk a 1% de significância. Na presença de efeito significativo dos tratamentos
2230 ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey também a 5% de
2231 probabilidade. Nas ocasiões em que os pressupostos não foram atendidos, optou-se
2232 pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e comparação de médias pelo teste de

2233 Dunn. Todos os procedimentos realizados foram conduzidos no software R (R Core
2234 Team, 2019).

2235

2236 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2237

2238 Microbiota do solo

2239 Para os actinomicetos, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) das concentrações
2240 de esgoto doméstico tratado (Tabela 4), estirpes de *Rhizobium* (Tabela 5) e da
2241 interação entre os fatores (Tabela 6).

2242

2243 **Tabela 4.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75, 100%) de esgoto
2244 doméstico tratado (AR) sobre a população de actinomicetos em solo proveniente da
2245 camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município
2246 de Amaraji-PE.

Múltiplas Comparações de z' valores; Actino			
Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =3,375348 p =,3373			
AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
R:32,813	R:37,313	R:34,219	R:25,656

ACTINOMICETOS			
AR 50%	0,683599	0,213625	1,087112
AR 75%		0,469974	1,770711
AR 100%			1,300737
AB			

2247

2248 **Tabela 5.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre
2249 a população de actinomicetos em solo proveniente da camada 0-20 cm de área
2250 cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

ACTINOMICETOS	Múltiplas Comparações de z' valores; Actino			
	Variável (grupo) independente: Fator 2			
	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =7,763725 p =,0512			
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R:35,906	R:25,906	R:41,438	R:26,750
Sulfato de Amônio		1,519109	0,840257	1,390934
Sem adubo e inoculante			2,359366	0,128175
BR 3267				2,231191
CRO				

2251

2252 **Tabela 6:** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de
 2253 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população de actinomicetos em solo proveniente da camada 0-20 cm de
 2254 área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; Actino																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H (15, N= 64) =17,49900 p =,2899																
ACTINOMICETOS	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
	R:47,750	R:21,625	R:31,000	R:51,500	R:26,625	R:25,125	R:35,000	R:40,625	R:22,500	R:28,625	R:33,500	R:22,500	R:26,000	R:33,000	R:50,250	R:24,375
75-SUL		1,984336	1,272254	0,284833	1,604559	1,718492	0,968432	0,541183	1,917875	1,452648	1,082365	1,917875	1,652031	1,120343	0,189889	1,775459
100-SEM			0,712082	2,269169	0,379777	0,265844	1,015904	1,443154	0,066461	0,531688	0,901971	0,066461	0,332305	0,863993	2,174225	0,208877
AB-BR				1,557087	0,332305	0,446238	0,303822	0,731071	0,645621	0,180394	0,189889	0,645621	0,379777	0,151911	1,462142	0,503205
50-BR					1,889392	2,003325	1,253265	0,826016	2,202708	1,737481	1,367198	2,202708	1,936864	1,405176	0,094944	2,060292
AB-SUL						0,113933	0,636127	1,063376	0,313316	0,151911	0,522194	0,313316	0,047472	0,484216	1,794448	0,170900
50-CRO							0,750060	1,177310	0,199383	0,265844	0,636127	0,199383	0,066461	0,598149	1,908381	0,056967
75-CRO								0,427249	0,949443	0,484216	0,113933	0,949443	0,683599	0,151911	1,158321	0,807027
100-SUL									1,376693	0,911465	0,541183	1,376693	1,110848	0,579160	0,731071	1,234276
AB-CRO										0,465227	0,835510	0,000000	0,265844	0,797532	2,107764	0,142416
50-SUL											0,370283	0,465227	0,199383	0,332305	1,642537	0,322811
75-SEM												0,835510	0,569666	0,037978	1,272254	0,693094
AB-SEM													0,265844	0,797532	2,107764	0,142416
50-SEM														0,531688	1,841920	0,123428
75-BR															1,310232	0,655116
100-BR																1,965347
100-CRO																

2255
2256

2257 As diferentes concentrações de esgoto doméstico tratado (Tabela 7), inoculantes
 2258 (Tabela 8) e suas interações (Tabela 9) não afetaram ($P > 0,05$) a população de fungos
 2259 do solo.

2260

2261 **Tabela 7.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75, 100%) de esgoto
 2262 doméstico tratado (AR) sobre a população de fungos em solo proveniente da camada
 2263 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de
 2264 Amaraji-PE.

Múltiplas Comparações de z' valores; Fungos			
Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =1,952835 p =,5823			
AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
R:32,844	R:35,750	R:34,250	R:27,156
FUNGOS			
AR 50%	0,441491	0,213625	0,863993
AR 75%		0,227866	1,305484
AR 100%			1,077618
AB			

2265

2266

2267 **Tabela 8.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre
 2268 a população de fungos em solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada
 2269 com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

FUNGOS	Múltiplas Comparações de z' valores; Fungos			
	Variável (grupo) independente: Fator 2			
	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =1,409464 p =,7033			
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R:36,531	R:29,188	R:33,375	R:30,906
Sulfato de Amônio		1,115596	0,479469	0,854499
Sem adubo e inoculante			0,636127	0,261097
BR 3267				0,375030
CRO				

2270

2271 **Tabela 9.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de
 2272 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população de fungos em solo proveniente da camada 0-20 cm de área
 2273 cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.
 2274

Multiple Comparisons z' values; Fungos																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H (15, N= 64) =7,696642 p =,9354																
FUNGOS	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
	R:44,250	R:37,375	R:22,875	R:32,375	R:32,000	R:36,875	R:32,875	R:38,000	R:32,375	R:31,875	R:27,750	R:21,375	R:30,250	R:38,125	R:40,125	R:21,500
75-SUL		0,522194	1,623548	0,901971	0,930454	0,560171	0,863993	0,474722	0,901971	0,939949	1,253265	1,737481	1,063376	0,465227	0,313316	1,727987
100-SEM			1,101354	0,379777	0,408261	0,037978	0,341800	0,047472	0,379777	0,417755	0,731071	1,215287	0,541183	0,056967	0,208877	1,205793
AB-BR				0,721577	0,693094	1,063376	0,759555	1,148826	0,721577	0,683599	0,370283	0,113933	0,560171	1,158321	1,310232	0,104439
50-BR					0,028483	0,341800	0,037978	0,427249	0,000000	0,037978	0,351294	0,835510	0,161405	0,436744	0,588655	0,826016
AB-SUL						0,370283	0,066461	0,455733	0,028483	0,009494	0,322811	0,807027	0,132922	0,465227	0,617138	0,797532
50-CRO							0,303822	0,085450	0,341800	0,379777	0,693094	1,177310	0,503205	0,094944	0,246855	1,167815
75-CRO								0,389272	0,037978	0,075955	0,389272	0,873488	0,199383	0,398766	0,550677	0,863993
100-SUL									0,427249	0,465227	0,778543	1,262759	0,588655	0,009494	0,161405	1,253265
AB-CRO										0,037978	0,351294	0,835510	0,161405	0,436744	0,588655	0,826016
50-SUL											0,313316	0,797532	0,123428	0,474722	0,626632	0,788038
75-SEM												0,484216	0,189889	0,788038	0,939949	0,474722
AB-SEM													0,674105	1,272254	1,424165	0,009494
50-SEM														0,598149	0,750060	0,664610
75-BR															0,151911	1,262759
100-BR																1,414670
100-CRO																

2275

2276 Em relação à população bacteriana do solo, ocorreu diferença significativa (P<
 2277 0,05) entre as concentrações de 50 e 100% de esgoto doméstico tratado, quando se
 2278 avaliou esse fator isoladamente (Tabela 10). Porém não houve efeito significativo dos
 2279 inoculantes de forma isolada (Tabela 11), nem na interação entre os fatores (Tabela
 2280 12).

2281

2282 **Tabela 10.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de
 2283 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a população bacteriana em solo proveniente da
 2284 camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município
 2285 de Amaraji-PE.

Múltiplas Comparações de z' valores; Bactérias			
Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =9,286145 p =,0257			
AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
R:23,719	R:42,844	R:34,531	R:28,906
BACTÉRIAS			
AR 50%	2,905296*	1,642537	0,788038
AR 75%		1,262759	2,117258
AR 100%			0,854499
AB			

2286

*Diferença significativa.

2287

2288 **Tabela 11.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada
 2289 sobre a população de bacteriana em solo proveniente da camada 0-20 cm de área
 2290 cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Múltiplas Comparações de z' valores; Bactérias				
Variável (grupo) independente: Fator 2				
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =4,531984 p =,2095				
BACTÉRIAS	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R:38,094	R:24,656	R:34,813	R:32,438
Sulfato de Amônio		2,041303	0,498458	0,859246
Sem adubo e inoculante			1,542845	1,182057
BR 3267				0,360788
CRO				

2291

2292 **Tabela 12.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de
 2293 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população bacteriana em solo proveniente da camada 0-20 cm de área
 2294 cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; Bactérias																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H (15, N= 64) =7,696642 p =,9354																
BACTÉRIAS	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
	R:46,125	R:16,750	R:28,750	R:26,875	R:30,000	R:13,875	R:47,750	R:46,375	R:33,000	R:29,875	R:33,750	R:23,875	R:24,250	R:43,750	R:39,875	R:35,125
75-SUL		2,231191	1,319726	1,462142	1,224782	2,449563	0,123428	0,018989	0,996915	1,234276	0,939949	1,690009	1,661526	0,180394	0,474722	0,835510
100-SEM			0,911465	0,769049	1,006410	0,218372	2,354619	2,250180	1,234276	0,996915	1,291243	0,541183	0,569666	2,050797	1,756470	1,395681
AB-BR				0,142416	0,094944	1,129837	1,443154	1,338715	0,322811	0,085450	0,379777	0,370283	0,341800	1,139332	0,845004	0,484216
50-BR					0,237361	0,987421	1,585570	1,481131	0,465227	0,227866	0,522194	0,227866	0,199383	1,281748	0,987421	0,626632
AB-SUL						1,224782	1,348209	1,243771	0,227866	0,009494	0,284833	0,465227	0,436744	1,044387	0,750060	0,389272
50-CRO							2,572991	2,468552	1,452648	1,215287	1,509615	0,759555	0,788038	2,269169	1,974842	1,614053
75-CRO								0,104439	1,120343	1,357704	1,063376	1,813436	1,784953	0,303822	0,598149	0,958938
100-SUL									1,015904	1,253265	0,958938	1,708998	1,680514	0,199383	0,493710	0,854499
AB-CRO										0,237361	0,056967	0,693094	0,664610	0,816521	0,522194	0,161405
50-SUL											0,294327	0,455733	0,427249	1,053882	0,759555	0,398766
75-SEM												0,750060	0,721577	0,759555	0,465227	0,104439
AB-SEM													0,028483	1,509615	1,215287	0,854499
50-SEM														1,481131	1,186804	0,826016
75-BR															0,294327	0,655116
100-BR																0,360788
100-CRO																

2295

2296

2297 Avaliando de forma geral, os resultados mostram que as águas residuárias e os
 2298 inoculantes não tiveram impacto na microbiota do solo. Segundo Oliveira et al. (2019),
 2299 as águas residuais possuem influência na microbiota do solo quando utilizada como
 2300 água de fertirrigação devido aos nutrientes disponibilizados, ao contrário do resultado
 2301 encontrado nesta pesquisa. Quando há adubação por nitrogênio, ocorre maior
 2302 atividade microbiana no solo devido à mineralização de matéria orgânica (OLIVEIRA
 2303 et al., 2017).

2304

2305 **Umidade do solo**

2306 A umidade do solo não foi afetada significativamente pelas diferentes
 2307 concentrações de esgoto doméstico (Tabela 13), inoculantes (Tabela 14) ou pela
 2308 interação entre os dois fatores (Tabela 15). Possivelmente o resultado da irrigação
 2309 com a umidade deve-se a possibilidade de que as parcelas se encontravam em
 2310 mesma condição ambiental e que a proporção de irrigação entre os tratamentos foram
 2311 o mesmo, sendo suficientes para a metabolização das plantas em cada parcela.

2312

2313 **Tabela 13.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de
 2314 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a umidade de solo proveniente da camada 0-20
 2315 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-
 2316 PE.

UMIDADE			
Múltiplas Comparações de z' valores; Umidade			
Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =3,794936 p=0,2845			
AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
R: 26,500	R: 36,906	R: 29,844	R: 36,750
AR 50%	1,580823	0,507952	1,557087
AR 75%		1,072871	0,023736
AR 100%			1,049135
AB			

2317

2318

2319 **Tabela 14.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada
 2320 sobre a umidade do solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com
 2321 bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

UMIDADE	Múltiplas Comparações de z' valores; Umidade Variável (grupo) independente: Fator 2 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =3,730510 p=0,2921			
	Sulfato de Amônio R: 36,531	Sem adubo e inoculante R: 27,875	BR 3267 R: 37,344	CRO R: 28,250
Sulfato de Amônio		1,314979	0,123428	1,258012
Sem adubo e inoculante			1,438406	0,056967
BR 3267				1,381440
CRO				

2322

2323 **Tabela 15.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de
 2324 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a umidade do solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com
 2325 bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; umidade																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H (15, N= 64) =16,52826 p =,3478																
UMIDADE	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
	R:45,625	R:16,000	R:44,750	R:34,625	R:32,750	R:10,875	R:37,750	R:32,000	R:36,750	R:35,750	R:38,000	R:32,750	R:24,750	R:26,250	R:43,750	R:27,625
75-SUL		2,250180	0,066461	0,835510	0,977926	2,639452	0,598149	1,034893	0,674105	0,750060	0,579160	0,977926	1,585570	1,471637	0,142416	1,367198
100-SEM			2,183719	1,414670	1,272254	0,389272	1,652031	1,215287	1,576076	1,500120	1,671020	1,272254	0,664610	0,778543	2,107764	0,882982
AB-BR				0,769049	0,911465	2,572991	0,531688	0,968432	0,607644	0,683599	0,512699	0,911465	1,519109	1,405176	0,075955	1,300737
50-BR					0,142416	1,803942	0,237361	0,199383	0,161405	0,085450	0,256350	0,142416	0,750060	0,636127	0,693094	0,531688
AB-SUL						1,661526	0,379777	0,056967	0,303822	0,227866	0,398766	0,000000	0,607644	0,493710	0,835510	0,389272
50-CRO							2,041303	1,604559	1,965347	1,889392	2,060292	1,661526	1,053882	1,167815	2,497036	1,272254
75-CRO								0,436744	0,075955	0,151911	0,018989	0,379777	0,987421	0,873488	0,455733	0,769049
100-SUL									0,360788	0,284833	0,455733	0,056967	0,550677	0,436744	0,892477	0,332305
AB-CRO										0,075955	0,094944	0,303822	0,911465	0,797532	0,531688	0,693094
50-SUL											0,170900	0,227866	0,835510	0,721577	0,607644	0,617138
75-SEM												0,398766	1,006410	0,892477	0,436744	0,788038
AB-SEM													0,607644	0,493710	0,835510	0,389272
50-SEM														0,113933	1,443154	0,218372
75-BR															1,329220	0,104439
100-BR																1,224782
100-CRO																

2327 **Evolução C-CO₂ do solo**

2328 A evolução C-CO₂ do solo não foi afetada significativamente (P>0,05) pelas
 2329 diferentes concentrações de esgoto doméstico tratado (Tabela 16), inoculantes
 2330 (Tabela 17) ou pela interação entre os dois fatores (Tabela 18). Embora alguns
 2331 estudos relatem aumento na evolução C-CO₂ do solo após aplicação de efluentes no
 2332 solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; NOGUEIRA et al., 2006; MELI, 2002), Oliveira et
 2333 al. (2019) também não observaram variações significativas na evolução C-CO₂ do
 2334 solo, mas justificam este resultado pela ação da chuva que molhou o
 2335 experimento. A aplicação excessiva de sais, que normalmente estão presentes nestas
 2336 águas, pode desencadear nas células dos microrganismos interferência sobre as
 2337 atividades osmóticas das células e alterar a capacidade de mineralização da matéria
 2338 orgânica do solo e, em consequência, a liberação de CO₂ (Santos et al., 20110). Em
 2339 nosso estudo, as estirpes de *Rhizobium* inoculadas não tiveram eficiência significativa
 2340 no aumento das bactérias no solo, possivelmente porque a maioria das bactérias
 2341 inoculadas deveriam se encontrar estabelecida dentro dos nódulos das raízes. Esses
 2342 resultados corroboram os obtidos, no presente estudo, na avaliação da microbiota do
 2343 solo.

2344

2345 **Tabela 16.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de
 2346 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a evolução C-CO₂ do solo proveniente da
 2347 camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município
 2348 de Amaraji-PE.

EVOLUÇÃO C-CO ₂	Múltiplas Comparações de z' valores; RESPIROMETRIA Variável (grupo) independente: Fator 2 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =1,127410 p=0,7705			
	Sulfato de Amônio R: 36,563	Sem adubo e inoculante R: 31,063	BR 3267 R: 32,281	CRO R: 30,094
Sulfato de Amônio		0,835510	0,650369	0,982674
Sem adubo e inoculante			0,185141	0,147164
BR 3267				0,332305
CRO				

2349

2350 **Tabela 18.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de
 2351 *Rhizobium* BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população de actinomicetos em solo proveniente da camada 0-20 cm
 2352 de área cultivada com bananeira da terra (*Musa* spp.) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; respirometria

Independent (grouping) variable: tratamentos

Kruskal-Wallis test: H (15, N= 64) =11,89893 p =,6867

RESPIROMETRIA	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
75-SUL		0,740566	0,522194	0,455733	1,424165	0,702588	0,047472	0,996915	0,541183	0,731071	0,246855	0,227866	0,778543	0,199383	0,123428	0,066461
100-SEM			1,262759	0,284833	2,164730	0,037978	0,693094	1,737481	1,281748	0,009494	0,493710	0,968432	1,519109	0,939949	0,863993	0,674105
AB-BR				0,977926	0,901971	1,224782	0,569666	0,474722	0,018989	1,253265	0,769049	0,294327	0,256350	0,322811	0,398766	0,588655
50-BR					1,879897	0,246855	0,408261	1,452648	0,996915	0,275339	0,208877	0,683599	1,234276	0,655116	0,579160	0,389272
AB-SUL						2,126753	1,471637	0,427249	0,882982	2,155236	1,671020	1,196298	0,645621	1,224782	1,300737	1,490626
50-CRO							0,655116	1,699503	1,243771	0,028483	0,455733	0,930454	1,481131	0,901971	0,826016	0,636127
75-CRO								1,044387	0,588655	0,683599	0,199383	0,275339	0,826016	0,246855	0,170900	0,018989
100-SUL									0,455733	1,727987	1,243771	0,769049	0,218372	0,797532	0,873488	1,063376
AB-CRO										1,272254	0,788038	0,313316	0,237361	0,341800	0,417755	0,607644
50-SUL											0,484216	0,958938	1,509615	0,930454	0,854499	0,664610
75-SEM												0,474722	1,025399	0,446238	0,370283	0,180394
AB-SEM													0,550677	0,028483	0,104439	0,294327
50-SEM														0,579160	0,655116	0,845004
75-BR															0,075955	0,265844
100-BR																0,189889
100-CRO																

2353

2354 **Nodulação e crescimento de *Crotalaria spectabilis***

2355 As concentrações de esgoto doméstico tratado afetaram de forma isolada a
 2356 nodulação, ocorrendo diferença significativa entre a nodulação em solo irrigado com
 2357 água de abastecimento e água residuária na proporção de 100% (Tabela 19). Esse
 2358 resultado mostra que de alguma forma a água residuária ajudou na colonização das
 2359 bactérias na planta. Não houve efeito significativo na nodulação decorrente dos
 2360 inoculantes isoladamente (Tabela 20) ou de sua interação com as diferentes
 2361 concentrações de esgoto doméstico (Tabela 21). Esse resultado discorda dos obtidos
 2362 em outros estudos com leguminosas que afirmam que a utilização de adubo
 2363 nitrogenado no solo diminui a eficiência da nodulação de plantas que possuem esse
 2364 tipo de simbiose (LOPES, 2016), pois como o nitrogênio já está disponível no solo não
 2365 haveria necessidade de uma produção de nódulos significativa. No entanto, esse
 2366 resultado pode indicar que a *C. spectabilis* tem uma eficiência na nodulação mesmo
 2367 em situação de abundância de nitrogênio para o solo, considerando a hipótese de que
 2368 havendo nódulos há produção destes nutrientes pelas bactérias nitrificadoras.

2369

2370 **Tabela 19.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de
 2371 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a nodulação em *Crotalaria spectabilis* em solo
 2372 proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*)
 2373 no Município de Amaraji-PE.

NODULAÇÃO	Múltiplas Comparações de z' valores; Nodulação			
	Variável (grupo) independente: Fator 1			
	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =11,47689 p=0,0094			
	AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
	R: 32,906	R: 35,906	R: 41,125	R: 20,063
AR 50%		0,455733	1,248518	1,951106
AR 75%			0,792785	2,406838
AR 100%				3,199623*
AB				

2374

2375

2376

*Diferença significativa.

2377 **Tabela 20.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada
 2378 sobre a nodulação em *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-20 cm
 2379 de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

NODULAÇÃO		Múltiplas Comparações de z' valores; NODULAÇÃO			
		Variável (grupo) independente: Fator 2			
		Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =4,923480 p=0,1775			
		Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
		R: 24,563	R: 31,719	R: 35,938	R: 37,781
Sulfato de Amônio			1,087112	1,727987	2,008072
Sem adubo e inoculante				0,640874	0,920960
BR 3267					0,280086
CRO					

2380

2381

2382
2383
2384

Tabela 21. Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população de actinomicetos em solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; Nodulação																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H (15, N= 64) =29,18182 p =,0152																
NODULAÇÃO	75-SUL R:33,125	100-SEM R:48,750	AB-BR R:28,375	50-BR R:19,375	AB-SUL R:10,500	50-CRO R:55,125	75-CRO R:36,625	100-SUL R:33,375	AB-CRO R:24,875	50-SUL R:21,250	75-SEM R:25,750	AB-SEM R:16,500	50-SEM R:35,875	75-BR R:48,125	100-BR R:47,875	100-CRO R:34,500
75-SUL		1,186804	0,360788	1,044387	1,718492	1,671020	0,265844	0,018989	0,626632	0,901971	0,560171	1,262759	0,208877	1,139332	1,120343	0,104439
100-SEM			1,547592	2,231191	2,905296	0,484216	0,920960	1,167815	1,813436	2,088775	1,746975	2,449563	0,977926	0,047472	0,066461	1,082365
AB-BR				0,683599	1,357704	2,031808	0,626632	0,379777	0,265844	0,541183	0,199383	0,901971	0,569666	1,500120	1,481131	0,465227
50-BR					0,674105	2,715407	1,310232	1,063376	0,417755	0,142416	0,484216	0,218372	1,253265	2,183719	2,164730	1,148826
AB-SUL						3,389512	1,984336	1,737481	1,091860	0,816521	1,158321	0,455733	1,927370	2,857824	2,838835	1,822931
50-CRO							1,405176	1,652031	2,297652	2,572991	2,231191	2,933779	1,462142	0,531688	0,550677	1,566581
75-CRO								0,246855	0,892477	1,167815	0,826016	1,528603	0,056967	0,873488	0,854499	0,161405
100-SUL									0,645621	0,920960	0,579160	1,281748	0,189889	1,120343	1,101354	0,085450
AB-CRO										0,275339	0,066461	0,636127	0,835510	1,765964	1,746975	0,731071
50-SUL											0,341800	0,360788	1,110848	2,041303	2,022314	1,006410
75-SEM												0,702588	0,769049	1,699503	1,680514	0,664610
AB-SEM													1,471637	2,402091	2,383102	1,367198
50-SEM														0,930454	0,911465	0,104439
75-BR															0,018989	1,034893
100-BR																1,015904
100-CRO																

2385

2386 A biomassa fresca das plantas não foi afetada significativamente ($P>0,05$)
 2387 pelos tratamentos de água residuária (Tabela 22) e sua interação com os inoculantes
 2388 (Tabela 24). No entanto, os inoculantes afetaram significativamente a biomassa fresca
 2389 de forma individualizada, apresentando diferença significativa entre os tratamentos
 2390 BR 3267 e sulfato de amônio (Tabela 23), mostrando que a inoculação da estirpe BR
 2391 3267 não foi tão eficiente quanto a adubação com sulfato de amônio.

2392

2393 **Tabela 22.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de
 2394 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a biomassa fresca de *Crotalaria spectabilis* em
 2395 solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa*
 2396 spp.) no Município de Amaraji-PE.

MASSA FRESCA DA PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; MFP			
	Variável (grupo) independente: Fator 1			
	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =1,316536 p=0,7252			
	AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
	R: 30,875	R: 30,625	R: 37,094	R: 31,406
AR 50%		0,037978	0,944696	0,080703
AR 75%			0,982674	0,118680
AR 100%				0,863993
AB				

2397

2398

2399 **Tabela 23** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada
 2400 sobre a biomassa fresca de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-
 2401 20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa* spp.) no Município de Amaraji-
 2402 PE.

MASSA FRESCA DA PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; MFP			
	Variável (grupo) independente: Fator 2			
	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =9,824728 p=0,0201			
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R: 45,031	R: 29,531	R: 27,094	R: 28,344
Sulfato de Amônio		2,354619	2,724902*	2,535013
Sem adubo e inoculante			0,370283	0,180394
BR 3267				0,189889
CRO				

2403

*Diferença significativa.

2404 **Tabela 24.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de
 2405 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a biomassa fresca de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada
 2406 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; MFP																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H (15, N= 64) =21,92558 p =,1098																
	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
MASSA FRESCA DA PLANTA	R:49,250	R:29,125	R:28,750	R:12,875	R:48,625	R:36,875	R:20,500	R:51,750	R:23,000	R:30,500	R:20,500	R:25,250	R:43,250	R:32,250	R:34,500	R:33,000
75-SUL		1,528603	1,557087	2,762880	0,047472	0,939949	2,183719	0,189889	1,993831	1,424165	2,183719	1,822931	0,455733	1,291243	1,120343	1,234276
100-SEM			0,028483	1,234276	1,481131	0,588655	0,655116	1,718492	0,465227	0,104439	0,655116	0,294327	1,072871	0,237361	0,408261	0,294327
AB-BR				1,205793	1,509615	0,617138	0,626632	1,746975	0,436744	0,132922	0,626632	0,265844	1,101354	0,265844	0,436744	0,322811
50-BR					2,715407	1,822931	0,579160	2,952768	0,769049	1,338715	0,579160	0,939949	2,307147	1,471637	1,642537	1,528603
AB-SUL						0,892477	2,136247	0,237361	1,946358	1,376693	2,136247	1,775459	0,408261	1,243771	1,072871	1,186804
50-CRO							1,243771	1,129837	1,053882	0,484216	1,243771	0,882982	0,484216	0,351294	0,180394	0,294327
75-CRO								2,373608	0,189889	0,759555	0,000000	0,360788	1,727987	0,892477	1,063376	0,949443
100-SUL									2,183719	1,614053	2,373608	2,012819	0,645621	1,481131	1,310232	1,424165
AB-CRO										0,569666	0,189889	0,170900	1,538098	0,702588	0,873488	0,759555
50-SUL											0,759555	0,398766	0,968432	0,132922	0,303822	0,189889
75-SEM												0,360788	1,727987	0,892477	1,063376	0,949443
AB-SEM													1,367198	0,531688	0,702588	0,588655
50-SEM														0,835510	0,664610	0,778543
75-BR															0,170900	0,056967
100-BR																0,113933
100-CRO																

2407

2408 A biomassa seca das plantas não foi afetada significativamente pelas diferentes
 2409 concentrações de esgoto doméstico (Tabela 25), inoculantes (Tabela 26) ou pela
 2410 interação entre os dois fatores (Tabela 27).

2411

2412 **Tabela 25.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de
 2413 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a biomassa seca de *Crotalaria spectabilis* em
 2414 solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa*
 2415 spp.) no Município de Amaraji-PE.

MASSA SECA DA PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; MSP			
	Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =1,935123 p=0,5860				
	AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
	R: 27,406	R: 35,094	R: 35,500	R: 32,000
AR 50%		1,167815	1,229529	0,697841
AR 75%			0,061714	0,469974
AR 100%				0,531688
AB				

2416

2417

2418 **Tabela 26.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada
 2419 sobre a biomassa seca de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-20
 2420 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa* spp.) no Município de Amaraji-
 2421 PE.

MASSA SECA DA PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; MSP			
	Variável (grupo) independente: Fator 2			
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =2,456565 p=0,4832				
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R: 38,563	R: 31,469	R: 28,813	R: 31,156
Sulfato de Amônio		1,077618	1,481131	1,125090
Sem adubo e inoculante			0,403513	0,047472
BR 3267				0,356041
CRO				

2422

2423 **Tabela 27.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de
 2424 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a biomassa seca de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-
 2425 20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; MSP																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H (15, N= 64) =23,86805 p =,0674																
MASSA SECA DA PLANTA	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
	R:49,250	R:34,000	R:43,500	R:8,2500	R:35,250	R:48,750	R:28,500	R:50,000	R:16,875	R:19,750	R:26,625	R:32,375	R:32,875	R:36,000	R:27,500	R:30,500
75-SUL		1,158321	0,436744	3,114174	1,063376	0,037978	1,576076	0,056967	2,459058	2,240686	1,718492	1,281748	1,243771	1,006410	1,652031	1,424165
100-SEM			0,721577	1,955853	0,094944	1,120343	0,417755	1,215287	1,300737	1,082365	0,560171	0,123428	0,085450	0,151911	0,493710	0,265844
AB-BR				2,677430	0,626632	0,398766	1,139332	0,493710	2,022314	1,803942	1,281748	0,845004	0,807027	0,569666	1,215287	0,987421
50-BR					2,050797	3,076196	1,538098	3,171140	0,655116	0,873488	1,395681	1,832425	1,870403	2,107764	1,462142	1,690009
AB-SUL						1,025399	0,512699	1,120343	1,395681	1,177310	0,655116	0,218372	0,180394	0,056967	0,588655	0,360788
50-CRO							1,538098	0,094944	2,421080	2,202708	1,680514	1,243771	1,205793	0,968432	1,614053	1,386187
75-CRO								1,633042	0,882982	0,664610	0,142416	0,294327	0,332305	0,569666	0,075955	0,151911
100-SUL									2,516024	2,297652	1,775459	1,338715	1,300737	1,063376	1,708998	1,481131
AB-CRO										0,218372	0,740566	1,177310	1,215287	1,452648	0,807027	1,034893
50-SUL											0,522194	0,958938	0,996915	1,234276	0,588655	0,816521
75-SEM												0,436744	0,474722	0,712082	0,066461	0,294327
AB-SEM													0,037978	0,275339	0,370283	0,142416
50-SEM														0,237361	0,408261	0,180394
75-BR															0,645621	0,417755
100-BR																0,227866
100-CRO																

2427 Para a altura da planta não houve diferença significativa entre as concentrações
 2428 de esgoto doméstico (Tabela 28) e inoculantes (Tabela 29) de forma individualizada
 2429 nem interação entre os dois fatores (Tabela 30), corroborando os resultados
 2430 encontrados para a biomassa seca da planta. Segundo Kessler (2017), a utilização de
 2431 águas residuárias aumenta a atividade microbiota do solo, mas diminui a
 2432 biodisponibilidade de nutrientes, reduzindo assim a qualidade e a fertilidade do solo.
 2433 Ferreira e Moura (2017) não encontraram diferença no crescimento de *C. spectabilis*
 2434 com e sem inoculação dos simbiontes, reforçando a hipótese de que esta planta por
 2435 si só é uma excelente fixadora de nitrogênio.

2436

2437 **Tabela 28.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de
 2438 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a altura de planta de *Crotalaria spectabilis* em
 2439 solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa*
 2440 spp.) no Município de Amaraji-PE.

ALTURA DE PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; AP			
	Variável (grupo) independente: Fator 1 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =2,064374 p=0,5592			
	AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
	R: 28,438	R: 35,688	R: 29,969	R: 35,906
AR 50%		1,101354	0,232614	1,134585
AR 75%			0,868740	0,033231
AR 100%				0,901971
AB				

2441

2442 **Tabela 29.** Efeito das estirpes de Rhizobium BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada
 2443 sobre a altura de planta de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-
 2444 20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa* spp.) no Município de Amaraji-
 2445 PE.

ALTURA DE PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; AP			
	Variável (grupo) independente: Fator 2 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =2,136035 p=0,5447			
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e Sem inoculante	BR 3267	CRO
	R: 32,281	R: 31,531	R: 37,813	R: 28,375
Sulfato de Amônio		0,113933	0,840257	0,593402
Sem adubo e inoculante			0,954190	0,479469
BR 3267				1,433659
CRO				

2446

2447 **Tabela 30.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de
 2448 Rhizobium BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a altura de planta de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada
 2449 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; AP																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H (15, N= 64) =15,00631 p =,4510																
ALTURA DA PLANTA	75-SUL R:21,750	100-SEM R:20,250	AB-BR R:44,375	50-BR R:27,375	AB-SUL R:45,875	50-CRO R:26,000	75-CRO R:35,000	100-SUL R:39,500	AB-CRO R:21,875	50-SUL R:22,000	75-SEM R:36,000	AB-SEM R:31,500	50-SEM R:38,375	75-BR R:50,000	100-BR R:29,500	100-CRO R:30,625
75-SUL		0,113933	1,718492	0,427249	1,832425	0,322811	1,006410	1,348209	0,009494	0,018989	1,082365	0,740566	1,262759	2,145742	0,588655	0,674105
100-SEM			1,832425	0,541183	1,946358	0,436744	1,120343	1,462142	0,123428	0,132922	1,196298	0,854499	1,376693	2,259675	0,702588	0,788038
AB-BR				1,291243	0,113933	1,395681	0,712082	0,370283	1,708998	1,699503	0,636127	0,977926	0,455733	0,427249	1,129837	1,044387
50-BR					1,405176	0,104439	0,579160	0,920960	0,417755	0,408261	0,655116	0,313316	0,835510	1,718492	0,161405	0,246855
AB-SUL						1,509615	0,826016	0,484216	1,822931	1,813436	0,750060	1,091860	0,569666	0,313316	1,243771	1,158321
50-CRO							0,683599	1,025399	0,313316	0,303822	0,759555	0,417755	0,939949	1,822931	0,265844	0,351294
75-CRO								0,341800	0,996915	0,987421	0,075955	0,265844	0,256350	1,139332	0,417755	0,332305
100-SUL									1,338715	1,329220	0,265844	0,607644	0,085450	0,797532	0,759555	0,674105
AB-CRO										0,009494	1,072871	0,731071	1,253265	2,136247	0,579160	0,664610
50-SUL											1,063376	0,721577	1,243771	2,126753	0,569666	0,655116
75-SEM												0,341800	0,180394	1,063376	0,493710	0,408261
AB-SEM													0,522194	1,405176	0,151911	0,066461
50-SEM														0,882982	0,674105	0,588655
75-BR															1,557087	1,471637
100-BR																0,085450
100-CRO																

2450

2451 **CONCLUSÃO**

2452

2453 1. De maneira geral, a aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%)
2454 de esgoto doméstico tratado e o uso das estirpes de *Rhizobium* BR 3267 e CRO
2455 ou de adubação nitrogenada tem pouca influência nos vários parâmetros
2456 associados ao crescimento da *C. spectabilis* e microbiota do solo avaliados no
2457 presente estudo;

2458 2. A nodulação de *C. spectabilis* é eficiente mesmo na presença de alta
2459 concentração de esgoto doméstico tratado, exceto 100%;

2460 3. A inoculação da estirpe BR 3267 não é tão eficiente na produção de biomassa
2461 fresca da planta quanto a adubação com sulfato de amônio.

2462

2463 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

2464

2465 ALBUQUERQUE, M. C. F.; RODRIGUES, T. J. D. E.; MENDONÇA, E. A.
2466 F. Absorção de água por sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth determinada
2467 em diferentes temperaturas e disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de**
2468 **Sementes**, v.22, p. 206-215, 2000.

2469 ALCANTARA, R.M.C.M. de; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G.; ROCHA,
2470 M. de M.; CARVALHO, J. dos S. Eficiência simbiótica de progenitores de
2471 cultivares brasileiras de feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v.45,
2472 p.1-9, 2014.

2473 ARAUJO, F.F.; MUNHOZ, R.E.V.; HUNGRIA, M. Início da nodulação em
2474 cultivares de feijoeiro inoculadas com duas estirpes de *Rhizobium*. **Pesquisa**
2475 **Agropecuária Brasileira**, v.31, p.435-443, 1996.

2476 AZEVEDO, L. P. **Avaliação da qualidade microbiológica e da**
2477 **produção de alface americana sob diferentes sistemas de irrigação**
2478 **utilizando águas residuárias**. 2004, 77p. Dissertação (Mestrado em
2479 Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”,
2480 Botucatu, 2004.

2481 CHAGAS JUNIOR, A.F.; OLIVEIRA, L.A. de; OLIVEIRA, A.N. de
2482 Caracterização fenotípica de rizóbio nativos isolados de solos da Amazônia e
2483 eficiência simbiótica em feijão caupi. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32,
2484 p.161-169, 2010.

2485 DEEPHA, V.; PRAVEENA, R.; SIVAKUMAR, R.; SADASIVAM, K.
2486 Experimental and theoretical investigations on the antioxidant activity of
2487 isoorientin from *Crotalaria globosa*. ***Spectrochimica Acta Part A: Molecular***
2488 ***and Biomolecular Spectroscopy***, v. 121, p. 737-745, 2014.

2489 FERREIRA, G.; MOURA, J.B. Fungos micorrízicos arbusculares em
2490 rizosfera de *Crotalaria Spectabilis* e bactérias fixadoras de nitrogênio.
2491 In: Congresso Interdisciplinar-ISSN: 2595-7732. 2017.

2492 FIGUEIREDO, A. M. F. de. MELO, A. A. de. AZEVEDO C. A. V. de. LIMA,
2493 V. L. A. de. DANTAS NETO, J. PINHEIRO I. de F. S. Crescimento e produção
2494 do algodão colorido com água residuária doméstica tratada e composto
2495 orgânico. ***Revista Educação Agrícola Superior***, v.27, p 19-24, 2012.

2496 FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas**
2497 **características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de**
2498 **esgoto tratado**. 2001. 126p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de
2499 Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de
2500 São Paulo, Piracicaba, 2001.

2501 FOWLER, D. et al. The global nitrogen cycle in the twenty-first century.
2502 ***Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B,***
2503 ***Biological Sciences***, v. 368 (1621), 2013.

2504 FREITAS, A. V. L.; MEDEIROS, M. A.; GUIMARÃES, I. P.; MADALENA,
2505 J. A. S.; Maracajá, P. B. Produção de mudas de pimentão em função do tipo de
2506 bandeja e da água de irrigação. ***Revista Verde***, v.3, p. 106-109, 2008.

2507 KESSLER, N.C.H. **Efeitos dos antibióticos de uso pecuário associados**
2508 **à água residuária de suinocultura sobre a atividade microbiana do solo**.
2509 2017. 65 f. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) - Universidade Estadual
2510 do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

2511 KIMENJU, J. W.; KARANJA, N. K.; MUTUA, G. K.; RIMBERIA, B. M.;
2512 WACHIRA, P. M. Nematode community structure as influenced by land use and
2513 intensity of cultivation. ***Tropical and Subtropical Agroecosystems***, v.11,
2514 p.353-360, 2009.

2515 LEAL, M. A. A., GUERRA, J. G. M., PEIXOTO, R. T. G. E ALMEIDA, D. L.
2516 Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de
2517 corte. ***Revista Ceres***, v. 59, p. 386-391, 2012.

2518 LI, D., ZHANG, Q., XIAO, K., WANG, Z., & WANG, K. Divergent
2519 responses of biological nitrogen fixation in soil, litter and moss to temperature

2520 and moisture in a karst forest, southwest China. **Soil Biology and**
2521 **Biochemistry**, v. 118, p. 1-7, 2018.

2522 LINDSTRÖM, K., MURWIRA, M., WILLEMS, A., & ALTIER, N. The
2523 biodiversity of beneficial microbe-host mutualism: the case of
2524 rhizobia. **Research in microbiology**, v. 161, p. 453-463, 2010.

2525 LOPES, K.S. **Avaliação da eficiência agronômica de inoculante para**
2526 **pré-inoculação de sementes de soja com tratamento químico até 20 dias**
2527 **antes do plantio**. 2016. 38 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado
2528 em Gestão do Agronegócio) -Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2016.

2529 MARINHO, R. D. C. N. et al. Field performance of new cowpea cultivars
2530 inoculated with efficient nitrogen-fixing rhizobial strains in the Brazilian
2531 Semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 395-402, 2014.

2532 MORO, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; Nascente, A.S.; Cantarella, H.; Lambais,
2533 M.R. Bactérias amonificantes e nitrificantes e teores de amônio e nitrato
2534 afetados por plantas de cobertura e fertilizantes nitrogenados. **Revista**
2535 **Agrarian**, v.9, p. 210-207, 2016

2536 NASCIMENTO, C. S. D.; LIRA JUNIOR, M. A.; STAMFORD, N. P. ;
2537 FREIRE, M. B. G. S.; SOUSA, C. A. Nodulação e produção do caupi (*Vigna*
2538 *unguiculata* L. Walp) sob efeito de plantas de cobertura e inoculação. **Revista**
2539 **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 579-587, 2008.

2540 NASCIMENTO, L. R.; SOUSA, C. A.; SANTOS, C. E.; FREITAS, A. D. ;
2541 VIEIRA, I. M.; SAMPAIO, E. V. Eficiência de isolados de rizóbios nativos do
2542 agreste paraibano em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p.
2543 36-42, 2010.

2544 OLIVEIRA, J.F.; FIA, R.; FIA, F.R.L.; RODRIGUES, F.N.; OLIVEIRA, L.F.C.;
2545 LEMOS FILHO, L.C.A. Efeitos da água residual de laticínios na respiração basal
2546 do solo, produtividade e remoção de nutrientes por Tifton 85 (*Cynodon*
2547 sp.). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, p. 151-160, 2019.

2548 OLIVEIRA, K.J.B.; LIMA, J.S.S.; AMBRÓSIO, M.M.Q.; BEZERRA NETO,
2549 F.; CHAVES, A.P. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo
2550 influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, p. 23-
2551 33, 2017.

2552 ROSA, D.M.; NÓBREGA, L.H.P.; MAULI, M.M.; LIMA, G.P.; PACHECO,
2553 F.P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em

2554 rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 221-230,
2555 2017.

2556 SANTOS, J.A.; NUNES, L.A.P.L.; MELO, W.J.; ARAÚJO, A.S.F. Tannery
2557 sludge compost amendment rates on soil microbial biomass of two different
2558 soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 47, p. 146 -151, 2011.

2559 SANTOS, K.C.F.; SILVA, M.S.L.; SILVA, L.D.; MIRANDA, M.A.; FREIRE,
2560 M.B.G.S. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo
2561 de *Atriplex numulária*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 619-627, 2011.

2562 SILVA, M. de F. da; SANTOS, C.E. de R. e S.; SOUSA, de; ARAÚJO,
2563 R.S.L.; STAMFORD, N.P.; FIGUEIREDO, M. do V.B. Nodulação e eficiência da
2564 fixação do N₂ em feijão-caupi por efeito da taxa do inóculo. **Revista Brasileira**
2565 **de Ciência do Solo**, v.36, p.1418-1425, 2012.

2566 SILVA, V. S. G.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; STAMFORD,
2567 N. P.; SILVA, A. F.; LYRA, M. C. C. P. Systems of land use affecting nodulation
2568 and growth of tree legumes in different soils of the Brazilian semiarid
2569 area. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3966-3974, 2016.

2570 SOUZA, P.S.A.; RIGO, M.M.; CERQUEIRA, A.A.; MARQUES, M.R.C.;
2571 PEREZ, D.V.; COUTO, R.S.P. Efeito da Aplicação de Lixiviado de Resíduos
2572 Sólidos Urbanos na Acumulação de Micronutrientes pelo Girassol e de Sódio no
2573 Solo. **REVISTA CIENTÍFICA FUNDAÇÃO OSORIO**, v. 1, p. 85-95, 2016.

2574 SPARLING, G. P.; BARTON, L.; DUNCAN, L.; MCGILL, A.; SPEIR, T. W.;
2575 SCHIPPER, L. A.; ARNOLD, G.; SCHAİK, A. Van. Nutrient leaching and
2576 changes in soil characteristics of four contrasting soils irrigated with secondary-
2577 treated municipal wastewater for four years. **Australian Journal of Soil**
2578 **Research**, v.44, p.107-116, 2006.

2579 TEODORO, P. E.; SILVA JUNIOR, C. A.; RIBEIRO, L. P.; SILVA, F. A.;
2580 CORRÊA, C. C. G.; ZANUNCIO, A. S. E.; TORRES, F. E. Sample dimension
2581 for estimation of biomass and yield of sunn (*Crotalaria juncea* L.) and showy
2582 rattlebox (*C. spectabilis* Roth.). **Journal of Agronomy**, v. 14, p. 98-101, 2015.

2583

2584

CAPÍTULO IV

2585

CONCLUSÕES GERAIS

2586

2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616

CONCLUSÕES GERAIS

Diante dos resultados obtidos as considerações finais podem ser resumidas como:

- A irrigação com esgoto tratado no reator UASB, efluente do decanto digestor + filtro anaeróbio e efluente do filtro anaeróbio favorecem o desenvolvimento do algodoeiro Rubi promovendo aumento no diâmetro do caule, área foliar e altura de plantas;
- A aplicação dos efluentes de esgoto tratados favorece a umidade podendo ser usada como ferramenta para reduzir ou substituir o uso de água de abastecimento;
- Os efluentes de esgoto tratados ajudam a aumentar a atividade microbiana, a qual constitui um indicativo de qualidade biológica do solo;
- Os nematoides bacteriófagos representam o grupo trófico mais abundante nas condições do semiáridas em que foi desenvolvido o estudo, enquanto os onívoros são os menos abundantes e mais sensíveis à perturbação do solo;
- Entre os índices analisados, o índice de parasito de planta foi o mais sensível ao distúrbio promovido pela aplicação dos efluentes;
- Os atributos biológicos são indicativos úteis para o monitoramento de solos que receberam efluentes de esgoto tratado.
- De maneira geral, a aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado e o uso das estirpes de Rhizobium BR 3267 e CRO ou de adubação nitrogenada tem pouca influência nos vários parâmetros associados ao crescimento da *C. spectabilis* e microbiota do solo avaliados no presente estudo;
- A nodulação de *C. spectabilis* é eficiente mesmo na presença de alta concentração de esgoto doméstico tratado, exceto 100%;
- A inoculação da estirpe BR 3267 não é tão eficiente na produção de biomassa fresca da planta quanto a adubação com sulfato de amônio.