

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**EFEITO RESIDUAL DA FERTIRRIGAÇÃO COM
ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA NA
QUALIDADE DE UM SOLO**

Samanta Ferreira Bortoni

Juiz de Fora
2016

**EFEITO RESIDUAL DA FERTIRRIGAÇÃO COM
ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA NA
QUALIDADE DE UM SOLO**

Samanta Ferreira Bortoni

Samanta Ferreira Bortoni

**EFEITO RESIDUAL DA FERTIRRIGAÇÃO COM
ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA NA
QUALIDADE DE UM SOLO**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: Qualidade do solo

Orientador: Jonathas Batista Gonçalves Silva

Juiz de Fora

Faculdade de Engenharia da UFJF

2016

**“EFEITO RESIDUAL DA FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA NA QUALIDADE DE UM
SOLO”**

Samanta Ferreira Bortoni

Trabalho Final de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com o artigo 9º da Resolução CCESA 4, de 9 de abril de 2012, estabelecida pelo Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 23 de fevereiro de 2016.

Por:

Prof. DSc. Otávio Eurico de Aquino Branco

Prof. DSc. Haroldo Lobo dos Santos Nascimento

**Prof. DSc. Jonathas Batista Gonçalves Silva
(Orientador)**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre ao meu lado, mostrando que tudo é possível para aquele que crê.

A minha mãe Giseli e a minha avó Helena, por terem me concedido a oportunidade de realizar esse sonho. Amo vocês.

Ao meu irmão Franco, por ser essa criança carinhosa e especial.

Ao meu avô Adilson por todo carinho.

A minha avó Rosa Maria por todo incentivo e inspiração.

Aos meus familiares, pelo incentivo e compreensão.

Ao Bráulio, por todo amor, carinho, apoio, respeito e companheirismo.

Aos meus amigos da república, em especial Karina, Paula, Tuany e Paulo pela amizade e leveza que trouxeram ao período de graduação.

Aos amigos da faculdade, especialmente a Luísa, Verônica e Carolina, pela amizade, companheirismo e as ótimas lembranças do quarteto fantástico em ação.

Aos professores do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária pelo conhecimento e paciência.

Ao meu orientador, professor Jonathas, exemplo de profissional, por todo suporte e paciência.

A minha coorientadora, professora Camila, pela disponibilidade e atenção.

As professoras Maria Helena e Renata, pelo carinho e atenção.

Aos amigos de Swansea, em especial minhas flatmates Iara, Mônica, Joelma e Mariana, pela amizade e irmandade.

Ao CNPq, pela bolsa de graduação sanduíche concedida, permitindo o meu aprimoramento acadêmico e pessoal.

A Secretaria de Meio Ambiente pela oportunidade de estágio concedida e aos colegas de trabalho, em especial Luciana, Bianca, Ilza e Caio.

A Universidade Federal de Juiz de Fora pela oportunidade de realizar minha graduação em uma instituição de ensino de qualidade.

Ao Laboratório de Monitoramento Ambiental I – Água e Efluentes da UFRRJ, pelas análises concedidas.

A todos que de alguma forma contribuíram para essa conquista, o meu mais sincero obrigada!

RESUMO

Nos últimos anos, a crescente geração de resíduos e sua destinação inadequada tem gerado relevantes impactos ambientais. Uma das técnicas de reaproveitamento e destinação de resíduos é a fertirrigação, mediante a qual, águas residuárias com alto teor de macronutrientes como N, P, K, são dispostas no solo com o objetivo de suprir a demanda nutricional da cultura. Muitas pesquisas comprovam os benefícios da fertirrigação para a cultura e solo, porém, pouco se sabe sobre o efeito residual da fertirrigação no solo. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo a análise de um solo previamente fertirrigado com água residuária de bovinocultura (ARB) utilizando o rabanete (*Raphanus sativus*) como bioindicador. Para tanto, foram avaliadas características do rabanete tais como: comprimento da parte aérea, diâmetro do bulbo, massa seca da parte aérea e raiz, desempenho do aparelho fotossintético e fitotoxicidade da cultura em estudo. A ARB residual no solo foi responsável pela elevação da fertilidade do solo, e conseqüente aumento do desenvolvimento do rabanete. Entretanto, para o tratamento com maior concentração de ARB residual foi observado um decréscimo destes parâmetros, possivelmente, devido ao aumento das concentrações de sódio no solo. De modo geral, a aplicação de doses de ARB que suplantam expressivamente a demanda nutricional das culturas podem acarretar o aumento expressivo dos níveis de sódio no solo e com isso, proporcionar a diminuição do desempenho das culturas.

Palavras-chave: Bioindicadores; Fertirrigação; ARB residual; Qualidade do solo.

ABSTRACT

In recent years, an increase in the generation of waste as well as its inappropriate disposal have significantly impacted the environment. One technique for recycling and/or safely disposing of waste is fertigation whereby wastewater with high concentrations of macronutrients such as nitrogen, phosphorus, or potassium, are poured onto the soil in order to meet the nutritional demand of the crop. Many studies have demonstrated the benefits of crop and soil fertigation. However, little is known about the residual effect of fertigation on the soil. This study is aimed at analyzing soil previously fertigated with wastewater from cattle farms (ARB) using radishes (*Raphanus sativus*) as biomarkers. The characteristics of the radishes evaluated were the length of the leaves (including the stem), the diameter of the bulbs, the dry mass of the leaves (including the stems) and roots, the performance of the photosynthesis apparatus as well as the phytotoxicity of the radishes. The residual ARB in the soil was responsible for an increase in soil fertility, which seemed to translate to an increase in radish growth using the characteristics mentioned above. However, when applying higher concentrations of residual ARB the development of the radishes slowed, possibly, due to the increase in soil sodium levels. Overall, the application of ARB doses much larger than the nutritional demand of the crops can increase substantially the levels of sodium on the soil, slowing the performance of the crops.

Keywords: Biomarkers; Fertigation; Residual ARB; Soil quality.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 BOVINOCULTURA DE LEITE	4
3.2 ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA.....	6
3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS DO LANÇAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NOS CORPOS HÍDRICOS	7
3.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DA DISPOSIÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO SOLO	8
3.4.1 IMPACTOS POSITIVOS	8
3.4.1.1 MASSA ESPECÍFICA E POROSIDADE.....	8
3.4.1.2 ESTRUTURAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DOS AGREGADOS	8
3.4.1.3 FONTE DE NUTRIENTES.....	8
3.4.1.4 NEUTRALIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS	9
3.4.1.5 EFEITO TAMPÃO.....	10
3.4.1.6 EFEITOS SOBRES A CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA (CTC)	10
3.4.1.7 EFEITOS SOBRES AS CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DO SOLO	11
3.4.2 IMPACTOS NEGATIVOS	11
3.4.2.1 SELAMENTO SUPERFICIAL	11
3.4.2.2 EFEITOS PREJUDICIAIS À ESTRUTURA E À MACROPOROSIDADE DO SOLO	12
3.4.2.3 SALINIZAÇÃO E FITOTOXICIDADE.....	12
3.4.2.4 CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS.....	14
3.4.2.5 CONTAMINAÇÃO DO SOLO COM AGENTES PATOGÊNICOS	16
3.4.2.6 CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	16
3.5 FERTIRRIGAÇÃO	16
3.5.1 IMPACTOS DA FERTIRRIGAÇÃO	17
3.5.1.1 NAS CULTURAS	17
3.5.1.2 NO SOLO	18
3.6 BIOINDICADOR X RABANETE.....	20
3.7 FOTOSSÍNTESE	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	23
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	23

4.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA (ARB)	25
4.4	PREPARAÇÃO DOS VASOS.....	26
4.5	DELINEAMENTO	27
4.6	PLANTIO.....	28
4.7	IRRIGAÇÃO.....	30
4.8	CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	32
4.8.1	CRESCIMENTO.....	32
4.8.2	MASSA SECA	32
4.8.3	FLUORESCÊNCIA	33
4.9	ESTATÍSTICA.....	35
4.10	ANÁLISE VISUAL DE FITOTOXICIDADE.....	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	CRESCIMENTO.....	37
5.1.1	COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA	37
5.1.2	DIÂMETRO DO BULBO.....	39
5.2	MASSA SECA	40
5.2.1	PARTE AÉREA	40
5.2.2	RAIZ	42
5.3	FLUORESCÊNCIA	43
5.4	ANÁLISE VISUAL DE FITOTOXICIDADE.....	46
6	CONCLUSÕES	53
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTIMATIVA DO CONSUMO PER CAPITA DE PRODUTOS LÁCTEOS NO BRASIL.....	6
FIGURA 2 - DESTINOS DA RADIAÇÃO SOLAR ABSORVIDA PELA PLANTA.	22
FIGURA 3 - AMOSTRA DOS DIFERENTES TIPOS DE SOLO	23
FIGURA 4 - DESTORROAMENTO E HOMOGENEIZAÇÃO DO SOLO.	26
FIGURA 5 - PREPARO DOS VASOS PARA O PLANTIO DAS SEMENTES DE RABANETE.	27
FIGURA 6 - VASOS PRONTOS PARA O PLANTIO E DEVIDAMENTE ETIQUETADOS.	27
FIGURA 7 - DISPOSIÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE TRATAMENTO.	28
FIGURA 8 - PLANTIO DAS SEMENTES DE RABANETE.....	28
FIGURA 9 - PLANTIO DAS SEMENTES DE RABANETE.....	29
FIGURA 10 - PLANTAS RETIRADAS DOS SEUS RESPECTIVOS VASOS.	30
FIGURA 11 - TRATAMENTOS APÓS O DESBASTE.	30
FIGURA 12 - PROVETA GRADUADA UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO DA CULTURA.	31
FIGURA 13 - INSTRUMENTO DE MEDIDA: PAQUÍMETRO.....	32
FIGURA 14 - FLUORÔMETRO PORTÁTIL (HANDYPEA, HANSATECH, KING’S LYNN, NORFOLK, UK)	33
FIGURA 15 - CLIPES ORIUNDOS DO FLUORÔMETRO PORTÁTIL E SUA UTILIZAÇÃO NO EXPERIMENTO.	34
FIGURA 16 - CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DO BIOINDICADOR DE ACORDO COM A DOSE DE ÁGUA RESIDUÁRIA APLICADA NO SOLO, PARA O 1º CICLO E 2º CICLO.	37
FIGURA 17 - DIÂMETRO DO BULBO DO BIOINDICADOR DE ACORDO COM A DOSE DE ÁGUA RESIDUÁRIA APLICADA NO SOLO, PARA O 1º CICLO E 2º CICLO.	39
FIGURA 18 - MASSA SECA DA PARTE AÉREA DO BIOINDICADOR DE ACORDO COM A DOSE DE ÁGUA RESIDUÁRIA APLICADA NO SOLO, PARA O 1º CICLO E 2º CICLO.	41
FIGURA 19 - MASSA SECA DA RAIZ DO BIOINDICADOR DE ACORDO COM A DOSE DE ÁGUA RESIDUÁRIA APLICADA NO SOLO, PARA O 1º CICLO E 2º CICLO.	42
FIGURA 20 - RADAR-PLOT DOS PARÂMETROS DE FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA A DERIVADOS DO TESTE JIP, EM FOLHAS DE RABANETE ADAPTADAS AO ESCURO PARA O 1º CICLO. VALORES EXPRESSOS RELATIVOS AO CONTROLE (VALOR NORMALIZADO PARA 1).	44
FIGURA 21 - RADAR-PLOT DOS PARÂMETROS DE FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA A DERIVADOS DO TESTE JIP, EM FOLHAS DE RABANETE ADAPTADAS AO ESCURO PARA O 2º CICLO. VALORES EXPRESSOS RELATIVOS AO CONTROLE (VALOR NORMALIZADO PARA 1).	45
FIGURA 22 - PRIMEIRO SINAL DE DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES OBSERVADO (1º CICLO).	46
FIGURA 23 - SINAIS DE CLOROSE FOLIAR E, T1 (1º CICLO).	47
FIGURA 24 - SINAIS DE INÍCIO DE NECROSE FOLIAR.	48
FIGURA 25 - SELAMENTO DO SOLO.....	48
FIGURA 26 - COLORAÇÃO AVERMELHADA NA FOLHA DO T3.....	49
FIGURA 27 - NERVURAS SALIENTES EM T1 E T5 NO 2º CICLO.	50
FIGURA 28 - TRATAMENTOS DO 2º CICLO LOGO APÓS A COLHEITA.	51
FIGURA 29 - INJÚRIAS OBSERVADAS NAS RAÍZES DO RABANETE.	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUÇÃO DE LEITE NO PERÍODO DE 01.01 A 31.12, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES DO BRASIL (2011).....	5
TABELA 2 - CARACTERIZAÇÃO DE UMA ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA	7
TABELA 3 - DADOS DE TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES NO SOLO ANTES E APÓS A APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA.....	9
TABELA 4 - DADOS DE FERRO E ALUMÍNIO NO SOLO ANTES E APÓS A APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA	10
TABELA 5 - VALORES DE CTC E SOMA DE BASE ANTES E APÓS A APLICAÇÃO DE ARS NO SOLO	11
TABELA 6 - DIRETRIZES PARA INTERPRETAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO, SEGUNDO AYERS E WESTCOT	14
TABELA 7 - CONCENTRAÇÃO MÁXIMA PERMISSÍVEL DE METAIS EM SOLOS AGRÍCOLAS (MG/HA).....	15
TABELA 8 - VALORES DE ORIENTAÇÃO PARA A QUALIDADE DO SOLO ESTABELECIDOS PELA CONAMA 420/2009 PARA USO AGRÍCOLA.	16
TABELA 9 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS FERTIRRIGADOS COM DIFERENTES DOSES DE ARB: T1 (0% ARB); T2 (50% ARB); T3 (100% ARB); T4 (200% ARB); E T5 (300% ARB)	24
TABELA 10 - CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS FERTIRRIGADOS COM DIFERENTES DOSES DE ARB: T1 (0% ARB); T2 (50% ARB); T3 (100% ARB); T4 (200% ARB); E T5 (300% ARB)	25
TABELA 11 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS FERTIRRIGADOS COM DIFERENTES DOSES DE ARB: T1 (0% ARB); T2 (50% ARB); T3 (100% ARB); T4 (200% ARB); E T5 (300% ARB)	25
TABELA 12 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA PROVENIENTE DA LIMPEZA DE CRIADOUROS DE GADO CONFINADO.....	25

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a população vem aumentando exponencialmente, motivando uma demanda crescente por alimentos. Segundo relatório publicado pela Organização das Nações Unidas, a população mundial em julho de 2015 atingiu 7,3 bilhões e a expectativa para 2016 é de um acréscimo de 83 milhões de pessoas. O crescimento populacional até 2050 é considerado inevitável, sendo a probabilidade de a população atingir valores entre 9,4 e 10 bilhões de 80% (UNITED NATIONS, 2015). Para responder a essa demanda, a produção mundial de alimentos deve crescer cerca de 70% até 2050 (FAO, 2009).

O aumento da produção de leite, segundo estimativa da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) para o ano de 2015 foi de 2%, totalizando uma produção de 805 milhões de toneladas (FAO, 2015). No ano de 2011 o Brasil ocupou o quinto lugar no ranking mundial de produção leiteira (IFNC, 2012), contabilizando 32,091 bilhões de litros de leite produzidos e arrecadando um valor aproximado de 24 bilhões de reais (IBGE, 2011).

Durante o processo produtivo do leite são geradas águas residuárias, uma vez que para atender as condições sanitárias os galões, ordenhadoras, e linhas de condução do leite devem ser limpos a cada sessão de ordenha. A quantidade de água residuária (AR) gerada nesses criatórios de animais dependerá da quantidade de água usada na limpeza, desperdiçada pelos animais nos bebedouros, excretadas, além das águas pluviais que podem se juntar aos dejetos dos animais (MATOS, 2010).

Para Campos et al. (2002) apud Silva (2010), a quantidade total de efluente gerada diariamente no confinamento de vacas leiteiras varia de 9 a 12% do peso vivo do animal, sendo função também do modo de limpeza e desinfecção da unidade de produção. A disposição adequada das águas residuárias de bovinocultura (ARB) apresenta-se como um desafio para produtores e especialistas, uma vez que compreende aspectos econômicos, sanitários e técnicos (SILVA, 2010).

A situação agrava-se uma vez que a ARB é rica em material orgânico, sólidos totais e nutrientes, tais como o nitrogênio e o potássio, representando um potencial poluidor do meio ambiente, caso sejam destinados de maneira incorreta. De acordo com Matos

(2007), o principal impacto gerado pela destinação incorreta de águas residuárias com base biológica é a eutrofização. O incremento de nutrientes como nitrogênio, potássio, carbono e ferro, provoca o crescimento exagerado de algas na superfície do corpo hídrico, diminuindo a passagem de luz e conseqüentemente a produção de oxigênio no meio, provocando a mortandade de peixes e diminuição da qualidade da água.

A fertirrigação tem se mostrado uma maneira efetiva de disposição e reaproveitamento de águas residuárias advindas de processos agroindustriais, possibilitando o aumento da produtividade, qualidade dos produtos colhidos, redução de custos de produção e da poluição ambiental, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (SILVA, 2010).

Diversos estudos analisaram as conseqüências da disposição das águas residuárias no solo, constatando um melhor desempenho das culturas e aumento da qualidade do solo. Erthal et al. (2010) relataram um ligeiro aumento no pH, capacidade de troca catiônica, índice de saturação por bases, aumento das concentrações de cálcio, magnésio e potássio trocáveis nas camadas mais superficiais do solo. Sousa et al. (2013) constataram uma maior produtividade das culturas fertirrigadas se comparadas as provenientes de adubação convencional.

Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito residual da fertirrigação no solo. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo a análise de um solo previamente fertirrigado com ARB utilizando o rabanete (*Raphanus sativus*) como bioindicador.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo geral a avaliação da qualidade do solo fertirrigado com ARB, através da utilização do cultivar rabanete como bioindicador.

2.2 Objetivos Específicos

- Análise do crescimento do bioindicador, através da medida do diâmetro do bulbo e o comprimento da parte aérea da planta;
- Análise da massa seca da parte aérea e da raiz do bioindicador;
- Análise do desempenho do aparelho fotossintético do bioindicador.
- Análise visual da fitotoxicidade.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Bovinocultura de leite

Produto de grande relevância, o leite desempenha papel fundamental na geração de emprego e renda, além de representar uma fonte de suprimentos alimentares a qual é essencial para a formação e desenvolvimento humano (EMBRAPA, 2002). Em 2010, a pecuária leiteira contabilizou 1,3 milhões de produtores de leite com produção de 27,5 bilhões de litros/ano, movimentando R\$ 64 bilhões/ano e empregando cerca de 4 milhões de pessoas (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

De acordo com relatório divulgado pela International Farm Comparison Network (IFNC, 2012), o Brasil está entre os maiores produtores de leite do mundo, ocupando o quinto lugar no ranking de produção de leite mundial em 2011. A Índia liderou o ranking, sendo o maior produtor leiteiro do mundo, seguida pelos Estados Unidos, Paquistão e China, respectivamente.

Devido às condições climáticas, a atividade leiteira encontra-se amplamente difundida no território brasileiro e como constatado no último censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o número de propriedades leiteiras no país é de 1,8 milhões, estando presentes em aproximadamente 40% das propriedades rurais (EMBRAPA, 2002).

Segundo o relatório da Produção e Pecuária Municipal (IBGE, 2011), no ano de 2011 cerca de 32,091 bilhões de litros de leite foram produzidos, arrecadando um valor aproximado de 24 bilhões de reais. A região sudeste destacou-se pela quantidade de leite produzido, seguida pela região sul. Na Tabela 1 podem ser vistos os valores da produção de leite no ano de 2011, segundo as grandes regiões do país.

Tabela 1 - Produção de leite no período de 01.01.2011 a 31.12.2011, segundo as Grandes Regiões do Brasil

Grandes Regiões	Vacas ordenhadas (cabeças)	Quantidade (1000 litros)	Valor (1000R\$)	Produtividade (Litros/vaca/ano)	Vacas ordenhadas/efetivo de bovinos (%)
Norte	2442355	1675284	1034630	686	5,6
Nordeste	4925593	4100730	3340767	833	16,7
Sudeste	7919660	11308133	9001891	1428	20,1
Sul	4140257	10229801	7496079	2471	14,8
Centro-Oeste	3799356	4777064	3519599	1257	5,2
Brasil	23227221	32091012	24392966	1382	10,9

Fonte: Adaptado IBGE (2011).

Entre os anos de 2010 e 2011, a produção nacional de leite apresentou um incremento de 4,5%, mostrando um cenário de crescente expansão. O estado de Minas Gerais destacou-se no segmento leiteiro, sendo responsável por 27,3% da produção de leite do país, seguido pelo Rio Grande do Sul (12,1%), Paraná (11,9%) e Goiás (10,9%). Estes quatro estados brasileiros representam juntos 62,1% de toda a produção de leite brasileira (IBGE, 2011 apud Decezar, 2013).

Recentemente, o relatório de Perspectivas Agrícolas (OCDE/FAO, 2015) constatou que no período compreendido entre 2015 e 2024 o rebanho de bovinos continuará aumentando lentamente juntamente com a produção de leite, a qual acompanhará a demanda interna, o crescimento populacional e a renda. Durante os próximos dez anos, o consumo de produtos lácteos no país tende a aumentar, representando uma parcela estável de cerca de 53% da produção brasileira de leite, atingindo assim, em 2024, valores comparáveis aos da América do Norte. Na Figura 1 apresenta-se uma estimativa do consumo per capita de produtos lácteos no Brasil de 2000 a 2014, além de uma projeção até o ano 2024.

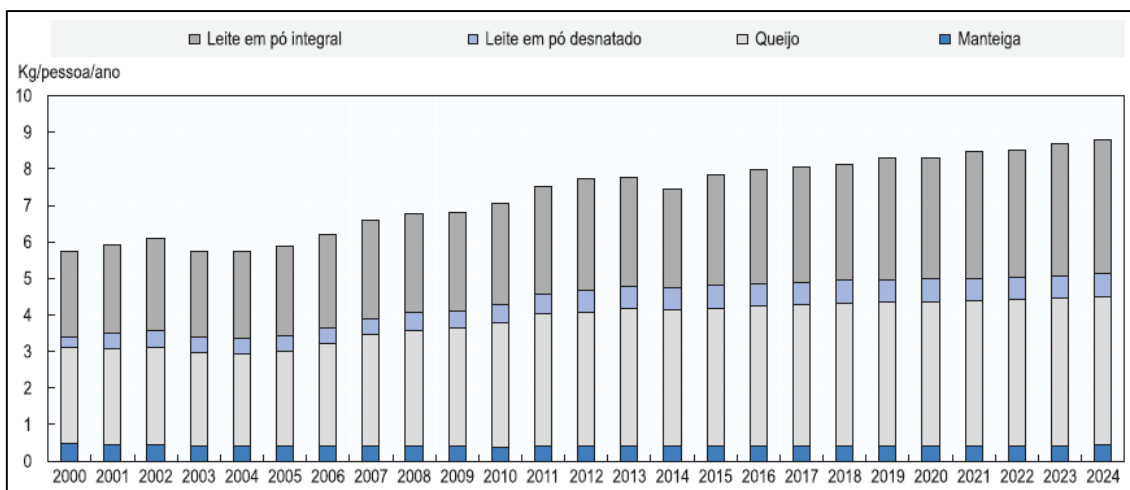


Figura 1 – Estimativa do consumo per capita de produtos lácteos no Brasil.
Fonte: OECD/FAO (2015).

3.2 Água residuária de bovinocultura

As águas residuárias provenientes de atividades industriais, agroindustriais ou urbanas, podem representar um grande risco ao meio ambiente, uma vez que alteram as características químicas, físicas ou biológicas do meio, caso não sejam dispostas de maneira correta. Sendo assim, faz-se necessário o estudo qualitativo e quantitativo das águas residuárias, visando o melhor tratamento e destinação final destas.

Durante a criação de animais em regime de confinamento a geração de águas residuárias é principalmente função do número de animais confinados, da raça, da alimentação, do clima, do volume de água gasto na limpeza do local, além do modo como os dejetos são manejados. As águas residuárias de bovinocultura compreendem aquelas geradas pelas atividades previamente descritas acima, nos criadouros de bovinos leiteiros. Segundo Matos (2007), cerca de 4,6% da massa viva do bovino confinado corresponde a água residuária, sem contar as excretas destes animais, as quais podem chegar a 25L de urina por dia. Em boletim técnico da Universidade Federal de Lavras, Vitko (1999) apud Batista et al. (2014) constataram ainda que cerca de 200L de água são gastos diariamente por animal para a realização da higienização. De modo geral, para Cronk (1996) apud Batista et al. (2014), a quantidade de resíduo líquido gerado diariamente pode variar de 40 a 600L por animal, dependendo do manejo adotado.

De maneira qualitativa, as ARB podem ser caracterizadas pela forte presença de macronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, tais como: nitrogênio,

fósforo, potássio, cálcio e magnésio; e de micronutrientes como sódio, cobre e zinco. Além disso, a ARB é responsável por um considerável aporte de sólidos e matéria orgânica. Na Tabela 2 são apresentados alguns parâmetros usuais de uma ARB.

Tabela 2 - Caracterização de uma água residuária de bovinocultura

Sólidos Totais (mg.L⁻¹)	DQO (mg.L⁻¹)	C-Total (mg.L⁻¹)	N-Total (mg.L⁻¹)	P (mg.L⁻¹)	K (mg.L⁻¹)	Ca (mg.L⁻¹)	Na (mg.L⁻¹)	pH
7492,00	16539,40	1346,60	697,21	131,80	361,98	123,25	145,97	7,84

Fonte: Adaptado Erthal et al. (2010).

Assim, devido sua produção contínua ao longo do ano e suas características, a disposição adequada das ARB é imprescindível para que o meio ambiente não seja afetado.

3.3 Impactos ambientais do lançamento de águas residuárias nos corpos hídricos

Os impactos do lançamento de águas residuárias brutas nos corpos hídricos são, em sua grande maioria, negativos, salvo em alguns casos específicos, em que as águas já se encontram poluídas.

O impacto negativo mais deletério às águas superficiais, em função de sua base biológica, é a eutrofização. O incremento de nutrientes responsáveis pelo desenvolvimento de plantas aquáticas superiores, tais como nitrogênio, potássio, carbono e ferro, provoca o crescimento exagerado destas plantas, impedindo a passagem de luz, que inibe a fotossíntese e conseqüentemente diminui o oxigênio dissolvido no meio. No caso de lançamento direto de efluentes nos corpos d'água, além dos efeitos acima elencados, outros impactos podem ser observados, uma vez que não há qualquer tratamento prévio em virtude do escoamento sobre o solo.

De acordo com Matos (2007), a poluição direta é mais impactante, sendo responsável pelo aumento de sólidos em suspensão e conseqüente alteração da turbidez e formação de depósitos de lodos no fundo do corpo hídrico. Os fatores previamente descritos desencadeiam respectivamente a diminuição da entrada de luz no meio, reduzindo a atividade fotossintética e o assoreamento dos cursos d'água. Ademais, agente tóxicos ou patógenos retidos no material sólido serão passíveis de veiculação, comprometendo os usos da água em questão.

3.4 Impactos ambientais da disposição das águas residuárias no solo

3.4.1 Impactos positivos

A aplicação de águas residuárias no solo, com frequência e em altas doses, pode acarretar a incorporação de matéria orgânica em quantidades consideráveis, desencadeando alterações químicas no solo, as quais podem proporcionar alterações de natureza física. Segundo Matos et al. (1996) apud Matos (2007), as principais características físicas do solo afetadas pela adição de matéria orgânica são: massa específica, aeração, estrutura e estabilidade dos agregados, drenagem, retenção de água e consistência.

3.4.1.1 Massa específica e porosidade

Definida como a relação entre a massa de solo seco a 110°C e o volume total ocupado pela amostra, a massa específica exerce influência direta na porosidade. O efeito imediato da adição de águas residuárias no solo é a redução da massa específica do mesmo, uma vez que material de menor densidade foi adicionado. A médio prazo, observa-se a ação da matéria orgânica como agente cimentante, proporcionando a formação de agregados e conseqüentemente o aumento da porosidade. Assim, variáveis físico-químicas relacionadas ao transporte de água e gases no meio, tais como infiltração e condutividade do solo, apresentam aumento (MATOS, 2007).

3.4.1.2 Estruturação e estabilização dos agregados

De acordo com Oliveira (1993) apud Matos (2007), a matéria orgânica não só exerce influência sobre a agregação do solo, mas também na estabilidade dos agregados, fazendo com que estes tenham maior resistência ao desmoronamento e encrostamento. Ademais, destaca-se a participação dos microrganismos como produtores de agentes cimentantes, além da produção de gorduras e graxas, responsáveis por estabelecer uma maior resistência do solo em água (Paraná (1994) apud Matos (2007)).

3.4.1.3 Fonte de nutrientes

As águas residuárias são fontes ricas em nutrientes imprescindíveis ao desenvolvimento de culturas, microflora e fauna terrestre. Dentre os macronutrientes, ou seja, aqueles requeridos em maior quantidade, destacam-se o nitrogênio, fósforo, enxofre, cálcio e

magnésio. Ao passo que os micronutrientes, são principalmente, sódio zinco, cobre, manganês e ferro. A maioria destes nutrientes é parte integrante da matéria orgânica, e para que sejam disponibilizados para as culturas, é necessário que o processo de mineralização ocorra.

O nitrogênio, por exemplo, é considerado um nutriente de alto valor econômico e de alta instabilidade no solo, tornando-se um dos fatores limitantes à produção agrícola. Estudos realizados por Reddy et al. (1979) apud Matos (2007), mostraram que cerca de 50% do nitrogênio orgânico presente nas águas residuárias de suinocultura foi mineralizado num período de 3 semanas. Assim, destaca-se a oportunidade de utilização das águas residuárias como fonte de nutrientes para a agricultura.

Na Tabela 3 podem ser observados valores de concentrações de nutrientes no solo, antes e após a aplicação de água residuária de suinocultura, segundo Freitas et al. (2005) e Queiroz et al. (2001).

Tabela 3 - Dados de teores de macro e micronutrientes no solo antes e após a aplicação de água residuária da suinocultura

Nutrientes	Freitas et al. (2005)		Queiroz et al. (2001)	
	Antes da aplicação	Após aplicação	Antes da aplicação	Após aplicação
P (mg.dm⁻³)	0,40	115,00	31,45	85,28
K (mg.dm⁻³)	5,00	143,50	126,68	206,06
Na (mg.dm⁻³)	1,80	38,10	10,06	23,43
Ca (cmol_c.dm⁻³)	0,39	1,62	4,37	4,61
Mg (cmol_c.dm⁻³)	0,03	0,42	1,21	1,04
Zn (mg.dm⁻³)	0,44	16,30	11,94	22,66
Cu (mg.dm⁻³)	0,48	2,85	12,58	7,88

Fonte: Adaptado Freitas et al. (2005) e Queiroz et al. (2001).

3.4.1.4 Neutralização de substâncias tóxicas

A matéria orgânica adicionada ao solo é capaz de reduzir a concentração de elementos tóxicos tais como ferro, alumínio e manganês. Isso ocorre devido à liberação de ácidos orgânicos pela matéria orgânica, os quais são capazes de complexar, quelar e fixar os íons tóxicos, deixando-os menos móveis no solo. Garcia et al. (2008), constatou a diminuição alumínio trocável e saturação de alumínio, durante aplicação de água residuária da lavagem e despulpa do fruto do cafeeiro. O mesmo não é verificado quando apenas a adubação inorgânica é realizada (Kiehl (1985) apud Matos (2007)).

Na Tabela 4 encontram-se valores de concentração de ferro e alumínio disponíveis no solo, antes e após a aplicação de água residuária, segundo Caetano & Carvalho (2005) e Freitas et al. (2005).

Tabela 4 - Dados de ferro e alumínio no solo antes e após a aplicação de água residuária da suinocultura

Nutrientes	Caetano & Carvalho (2005)		Freitas et al. (2005)	
	Antes da aplicação	Após aplicação	Antes da aplicação	Após aplicação
Fe (mg.dm ⁻³)	63,90	47,60	53,50	46,30
Al (mmolc.dm ⁻³)	6,53	3,24	0,50	0,15

Fonte: Adaptado Caetano & Carvalho (2005) e Freitas et al. (2005).

3.4.1.5 Efeito Tampão

Devido a diversidade química de seus componentes, a matéria orgânica do solo tem ação tamponante em ampla faixa de pH. De modo geral, os efeitos com relação ao índice pH devido à adição de material orgânico no solo são adversos, dependendo da predominância dos processos que consomem ou liberam H⁺. A redução do pH pode ser decorrente da mineralização de formas orgânicas de nitrogênio, desnitrificação dos ácidos orgânicos e redução da atividade de H⁺ resultante (Silva & Mendonça, 2007).

Em solos alcalinos, a matéria orgânica é responsável pelo aumento da concentração de CO₂ durante o processo de mineralização, proporcionando o aumento da concentração de ácido carbônico e consequente redução do pH. Por outro lado, em solos ácidos, a adição de matéria orgânica contribui para o aumento do pH (Silva & Mendonça, 2007).

3.4.1.6 Efeitos sobre a Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

Considerada uma das propriedades físico-químicas mais importantes do solo, a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) é definida como o fenômeno de adsorção de cátions e a posterior reação de troca entre os cátions adsorvidos e os presentes na solução do solo (MATOS, 2007). A CTC permite que o solo realize a adsorção de nutrientes da solução do solo e disponibilize-os para as raízes, as quais irão utilizá-los caso haja diminuição da concentração de um determinado íon, ou até mesmo uma variação no pH.

A aplicação da matéria orgânica no solo proporciona o aumento da CTC e da soma de bases trocáveis, como foi observado por Erthal et al. (2010), utilizando ARB e por Queiroz et al. (2004), com a água residuária de suinocultura (ARS) (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores de CTC e soma de base antes e após a aplicação de ARS no solo

Características	Antes da aplicação da ARS	Após a aplicação da ARS
CTC (cmol_c.dm⁻³)	5,94	6,46
Soma de Bases (cmol_c.dm⁻³)	5,94	6,98

Fonte – Queiroz et al. (2004).

3.4.1.7 Efeitos sobre as características biológicas do solo

De acordo com Kiehl (1985) apud Matos (2007) a maioria dos microrganismos presentes na matéria orgânica causam efeitos benéficos ao sistema solo-planta, como decomposição de resíduos orgânicos e transformações de produtos químicos. Além disso, Grebus et al. (1994) apud Matos (2007) observou que alguns microrganismos presentes nos compostos orgânicos podem ser eficientes em conter doenças de plantas causadas por microrganismos de solo.

Entretanto, vale ressaltar a existência de uma reduzida população de microrganismos capazes de parasitar as plantas, causando danos não só à estas, mas também em animais e humanos.

3.4.2 Impactos Negativos

De modo geral, qualquer processo de disposição de águas residuárias no solo realizado em taxas e frequências inadequadas pode resultar em riscos de potencial contaminação. Dentre as consequências da disposição inadequada destacam-se a salinização do solo, poluição do solo e plantas com metais pesados, efeitos prejudiciais à estrutura e macroporosidade do solo e contaminação de homens e animais por patógenos (MATOS, 2007).

3.4.2.1 Selamento superficial

Águas residuárias de origem urbana, industrial ou agropecuária apresentam sólidos orgânicos suspensos e gorduras. Assim, caso aplicadas de maneira errada no solo podem provocar o entupimento dos macroporos das camadas superficiais do solo e com isso o seu selamento. Como consequência, a velocidade de infiltração das águas residuais e das

chuvas no solo diminui, o escoamento superficial e a erosão aumentam, e a germinação da semente, bem como o desenvolvimento da planta é retardado (MATOS, 2007).

Entretanto, Matos (2007) verificou que caso o solo pare de receber água residuária, ou seja, passe por um período de repouso, as condições naturais da superfície do solo antes da secagem podem ser restituídas.

3.4.2.2 Efeitos prejudiciais à estrutura e à macroporosidade do solo

O processo de agregação do solo ocorre quando os materiais constituintes da argila se encontram em estado de floculação, podendo atuar como agente cimentante das partículas primárias do solo. Os mecanismos físico-químicos responsáveis por governar a floculação ou dispersão do material coloidal são: desequilíbrio de cargas e descompressão da dupla camada difusa (DCD) (MATOS, 2007).

Águas ricas em elementos com maior raio hidratado podem provocar a desestruturação do solo, uma vez que estes não conseguem uma grande aproximação da superfície da argila, formando uma camada eletrostática mais espessa ao redor dos colóides. Em contrapartida, elementos com menor raio hidratado aproximam-se mais da superfície da argila, neutralizando as cargas, mediante a formação de uma camada menos espessa. Assim, os cátions de maior raio hidratado, impossibilitados de estabelecer uma ligação mais íntima com a superfície da argila, promovem uma atração eletrostática fraca, com menor poder de retenção se comparada a interação promovida pelos elementos de raio hidratado menor.

A espessura da DCD é fortemente influenciada pela presença de cátions no meio, principalmente Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} . Quando há a presença de cátions de baixa valência se comparados aos de alta, a espessura da DCD aumenta, afastando os colóides, fazendo com que as forças de repulsão superem as de van der Waals e ocorra a desagregação do solo (MATOS, 2007).

3.4.2.3 Salinização e fitotoxicidade

A aplicação de águas residuárias ricas em sais dissolvidos, de maneira excessiva no solo, pode proporcionar a sua salinização. Todo nutriente disponibilizado no solo, que não é utilizado pelas plantas, removido por lixiviação ou infiltrado até as águas subterrâneas, é

acumulado no solo. O acúmulo de íons e sais no solo pode proporcionar uma condição de estresse para as plantas, devido a alteração no gradiente osmótico.

Pelo processo osmótico, a água presente na solução do solo torna-se disponível para plantas, passando de um meio menos concentrado para um de maior concentração. Uma vez que a concentração de sais na solução do solo é elevada, o gradiente osmótico é reduzido, e com ele a disponibilidade de água para as culturas. Assim, verifica-se que quanto maior a concentração iônica no solo, maior será sua condutividade elétrica e menor potencial osmótico.

Vale ressaltar que caso os efeitos osmóticos superem a capacidade de tolerância da planta, injúrias e distúrbios funcionais podem ocorrer. A fotossíntese fica limitada, devido ao fechamento dos estômatos e também pelo efeito dos sais nos cloroplastos. A diminuição da água na planta provoca seu afrouxamento e conseqüentemente seu turgor, comprometendo atividades sensíveis ao déficit hídrico tais como, expressão foliar e alongamento das raízes (MATOS, 2007).

Matos (2007) destaca que o estresse salino extremo pode: provocar nanismo e inibição do crescimento foliar e da raiz; afetar o desenvolvimento da gema com a diminuição da área das folhas e a atrofiamento dos ramos; provocar necrose nas raízes, gemas e margens foliares, bem como o amarelamento e dessecação antes do fim da estação de crescimento e até dessecação total da parte aérea. Assim, a análise da taxa de crescimento e produção de biomassa podem ser critérios relevantes para a análise do grau de estresse e capacidade de superação de uma cultura.

De acordo com Dias & Blanco (2010), altas concentrações de sódio ou outros cátions na solução do solo interferem nas características físicas do solo ou na disponibilidade de alguns elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Os efeitos indiretos da presença de sódio em excesso são: a deficiência ou inibição da absorção de outro nutriente, devido à precipitação; e o excesso de sódio trocável, o que provoca condições físicas desfavoráveis ao crescimento das plantas, sobretudo para o desenvolvimento do sistema radicular.

Na Tabela 6 encontra-se o modelo de classificação da qualidade das águas de irrigação segundo Ayers e Westcot, o qual leva em consideração a salinidade e a razão de adsorção

de sódio (RAS). A RAS, juntamente com a salinidade da água de irrigação, influencia a taxa de infiltração do solo e a toxicidade de determinados íons capazes de afetar o rendimento das culturas, tais como Na^+ , Cl^- , B^{3+} (FREITAS et al., 2005).

Tabela 6 - Diretrizes para interpretação da qualidade da água de irrigação, segundo Ayers e Westcot

Problemas e constituintes relacionados com	Unidades	Grau da restrição ao uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Salinidade (afeta a disponibilidade de água para as plantas) ²				
CE da água de irrigação \Rightarrow CEai	dS m ⁻¹	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
TDS \Rightarrow total de sais dissolvidos	mg L ⁻¹	< 450	450 a 2000	> 2000
Capacidade de infiltração do solo ³				
RAS = 0 a 3 e CEai		$\geq 0,7$	0,7 a 0,2	< 0,2
RAS = 3 a 6 e CEai		$\geq 1,2$	1,2 a 0,3	< 0,3
RAS = 6 a 12 e CEai		$\geq 1,9$	1,9 a 0,5	< 0,5
RAS = 12 a 20 e CEai		$\geq 2,9$	2,9 a 1,3	< 1,3
RAS = 20 a 40 e CEai		$\geq 5,0$	5,0 a 2,9	< 2,9
Toxicidade				
Sódio (Na^+):				
Irrigação por superfície	RAS	< 3,0	3,0 a 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	mmol _c L ⁻¹	< 3,0	> 3,0	-
Cloro (Cl^-)				
Irrigação por superfície	mmol _c L ⁻¹	< 4,0	4,0 a 10,0	> 10,0
Irrigação por aspersão	mmol _c L ⁻¹	< 3,0	> 3,0	-
Boro (B)	mmol _c L ⁻¹	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
Miscelâneos				
Nitrogênio ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)	mmol _c L ⁻¹	< 5,0	5,0 a 30,0	> 30,0
Bicarbonato (HCO_3^-) \Rightarrow Irrigação por aspersão	mmol _c L ⁻¹	< 1,5		> 8,5
pH		Amplitude normal de 6,5 a 8,4		

1 - baseada numa porcentagem de lixiviação entre 15 e 20 %;

2 - CEai \Rightarrow condutividade elétrica da água de irrigação, expressa em deci-Siemen/m (dS/m); e

3 - RAS \Rightarrow Relação de Adsorção de Sódio (mmol_c L⁻¹)^{1/2}. Associada a CEai, serve para avaliar a potencialidade de infiltração.

Obs.: - miligrama/litro (mg/L) = $\mu\text{g cm}^{-3}$ = partes por milhão (ppm)

miliequivalente/litro (me/L) = milimol carga/ litro (mmol_c/L) = (mg/L)/(peso equivalente)

Fonte: FERREIRA (2007).

3.4.2.4 Contaminação por metais pesados

Em condições naturais, o solo apresenta grandes variações nas concentrações de metais pesados. Entretanto, os ácidos húmicos presentes no solo complexam essas substâncias, reduzindo suas solubilidade e conseqüente ameaça ao solo, plantas e seres vivos (TSUTIYA, 1999).

O excesso de determinados íons nas águas residuárias, inclusive macronutrientes, pode corroborar para a redução da qualidade de produtos agrícolas, provocando manchas nas frutas ou folhagem, por exemplo. Segundo Matos (2007), o alumínio é tóxico às raízes, podendo provocar a acidificação do solo. Já o boro, presente em esgoto sanitário e detergente, é tóxico às plantas mesmo em pequenas concentrações. O ferro e manganês por sua vez, são tóxicos em condições ambientais redutoras.

Na Tabela 7 podem ser observadas as concentrações máximas permitidas em solos agrícolas, em diferentes países, visando a aplicação de biossólidos no solo.

Tabela 7 - Concentração máxima permissível de metais em solos agrícolas (mg/ha)

País	Arsênio	Cádmio	Cromo	Cobre	Ferro	Mercúrio	Molibdênio	Níquel	Chumbo	Selênio	Zinco
Comunidade Europeia	-	1/3	-	50/140	-	1/1,5	-	30/75	50/300	-	150/300
Alemanha	-	3	100	100	-	2	-	50	100	-	300
França	-	2	150	100	-	1	-	50	100	10	300
Inglaterra	20	3	600	135	500	1	4	75	250	3	300
Itália	-	3	150	100	-	-	-	50	100	-	300
Escócia	12	1,6	80	60	-	0,4	2	40	80	2,4	150
Áustria	-	3	100	100	-	2	-	50	100	-	300
Canadá	14	1,6	120	100	-	0,5	4	32	60	1,6	220
Espanha	-	1	100	50	-	1	-	30	50	-	150
Dinamarca	-	0,5	30	40	-	0,5	-	15	40	-	100
Finlândia	-	0,5	200	100	-	0,2	-	60	60	-	150
Noruega	-	1	100	50	-	1	-	30	50	-	150
Suécia	-	0,5	30	40	-	0,5	-	15	40	-	100
Nova Zelândia	-	3,5	600	140	-	1	-	35	300	-	300
Estados Unidos	-	20	1500	750	-	8	-	210	150	-	1400

Fonte: Adaptado (TSUTIYA, 1999).

A resolução CONAMA 420/2009 dispõe sobre os critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas em decorrência de atividades antrópicas. Alguns dos parâmetros e seus respectivos valores de orientação podem ser observados na Tabela 8. Nota-se a ausência de valores de referência para alumínio, ferro e manganês, possivelmente devido aos processos de formação dos solos brasileiros, os quais apresentam grandes concentrações destas substâncias.

Tabela 8 - Valores de orientação para a qualidade do solo estabelecidos pela CONAMA 420/2009 para uso agrícola.

Substâncias	Limite (mg.kg⁻¹)	Substâncias	Limite (mg.kg⁻¹)
Alumínio	-	Ferro	-
Cádmio	3	Manganês	-
Chumbo	180	Mercúrio	12
Cobre	200	Níquel	70
Cromo	75	Zinco	450

Fonte: BRASIL (2009).

3.4.2.5 Contaminação do solo com agentes patogênicos

Microrganismos patogênicos podem estar presentes nas águas residuárias, sobretudo no esgoto doméstico e água residuárias de criatório de animais, sendo os solos, culturas e humanos passíveis de contaminação.

Para Loehr (1977) apud Matos (2007), a contaminação biológica é considerada pouco crítica, uma vez que o solo por si só, não é um ambiente propício à sobrevivência desses organismos. Além disso, bactérias e vírus são removidos do efluente quando este percola no solo, sendo cerca de 90% ou mais das bactérias e vírus removidas pelas finas camadas de solo. Assim, quanto mais fina for a textura do solo, menor será a mobilidade dos microrganismos no solo.

Vale ressaltar que cistos e ovos de helmintos podem sobreviver por muito tempo no solo e por isso, cuidado especial deve ser tomado no processo de fertirrigação e de análise microbiológica das culturas, principalmente daquelas consumidas cruas.

3.4.2.6 Contaminação das águas subterrâneas

Responsáveis pelo armazenamento de mais de 90% de todo o volume de água doce disponível nos continentes, os aquíferos recebem a parcela da água infiltrada no solo que não foi armazenada ou evapotranspirada. Deste modo, as reservas subterrâneas, sobretudo freáticas e fraturadas, estão suscetíveis à contaminação devido à má aplicação das águas residuárias no solo.

3.5 Fertirrigação

Devido à alta quantidade de nutrientes presentes nas águas de criatórios, e o crescente manejo inadequado dos solos, causando a perda de suas propriedades físicas, químicas e

biológicas, a utilização da AR como fertilizante mostra-se vantajosa para os produtores agrícolas, uma vez que se encontra disponível na propriedade rural a um baixo custo (CONDÉ et al, 2012).

A fertirrigação é o processo de aplicação de fertilizantes no solo, mediante a utilização de água como veículo condutor dos íons de interesse. De acordo com Embrapa Hortaliças (1999), o uso deste procedimento pelo produtor gera benefícios como: economia de fertilizantes e de mão-de-obra, maior eficiência de aplicação de fertilizantes e consequente aumento da produtividade.

A técnica de fertirrigação é bastante consolidada mundialmente, Erthal (2008) afirma que as águas residuárias já eram utilizadas na agricultura desde a Grécia antiga e na civilização de Minan (3000 AC a 1000 DC). No Brasil, a fertirrigação convencional (aplicação de fertilizantes através da água de irrigação) foi utilizada pela primeira vez em 1976 em um experimento de tomate realizado na Embrapa Hortaliças por Osmar Carrijo, desde então vem se aperfeiçoando e sendo cada vez mais utilizada pelos produtores, nas mais variadas culturas (EMBRAPA, 1999).

3.5.1 Impactos da fertirrigação

3.5.1.1 Nas culturas

No que se refere aos efeitos da aplicação de AR nas culturas, Erthal et al. (2010) constataram que a fertirrigação de forrageiras (capim-Tifton 85 e aveia-preta) com ARB não reduziu sua taxa fotossintética, aumentando o teor de clorofila na folha das plantas e o seu rendimento. Píccolo et al. (2013) estudaram a produção de forragem verde hidropônica de milho, constatando que a ARB pode ser utilizada em substituição à solução nutritiva padrão.

Freitas et al (2004) realizaram experimentos com águas residuárias de suinocultura (ARS) sobre a produção do milho para cilagem. Com a aplicação desta AR, os autores constataram um aumento dos valores da altura das plantas, índice de espigas e o peso das espigas. Do mesmo modo, a cultura da mamoneira teve seu crescimento favorecido pela irrigação com água residuária de origem doméstica (RODRIGUES et al, 2009).

Medeiros et al. (2008), utilizaram água residuária de origem doméstica no cultivo do cafeeiro e concluíram que a adoção do manejo com AR foi mais efetiva na melhora do estado nutricional da cultura do que o manejo convencional.

Sousa et al. (2013) avaliaram doses de potássio aplicadas a cultura do amendoim via fertirrigação por gotejamento e pelo método convencional, constatando as doses de potássio que maximizaram a produtividade para cada método. Para o método de fertirrigação, a dose de potássio aplicada foi estimada em 69,39 kg ha⁻¹ de K₂O acarretando uma produtividade de 1.530,68 Kg ha⁻¹, enquanto no método convencional a dose aplicada foi de 65,80 kg ha⁻¹ de K₂O e a produtividade máxima estimada de 1,092,22 Kg ha⁻¹.

Devido às suas peculiaridades, a atividade florestal apresenta-se como uma alternativa promissora para a reutilização de águas residuárias, sobretudo por não envolver produção de alimentos, não apresentar risco à saúde humana e pelo potencial de consumir volumes de efluentes em larga escala Cromer (1980) apud Augusto et al. (2007).

Augusto et al. (2007) estudaram os efeitos da reutilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas da espécie *Eucalyptus grandis*, obtendo resultados promissores. As mudas em questão não apresentaram nenhum sinal de deficiência ou toxidez de nutrientes, entretanto, constatou-se um menor desenvolvimento geral das mudas produzidas com água residuária se comparadas aquelas produzidas com fertilizante químico, em razão da menor disponibilidade de macronutrientes. Assim, o autor evidenciou que as mudas cultivadas com água residuária necessitam permanecer um maior tempo no viveiro se comparadas às produzidas com fertilizantes minerais.

3.5.1.2 No solo

No que diz respeito aos efeitos da aplicação de AR na qualidade do solo, Cabral et al. (2011) notaram um aumento dos teores de magnésio e fósforo e diminuição do alumínio no solo, após aplicação de águas residuárias de suinocultura (ARS). Já Caovilla et al. (2010), não observaram alterações significativas de magnésio e fósforo para a aplicação de ARS nas concentrações de 25, 50 e 75 %. Experimentos realizados por Barros et al.

(2005), também com a ARS, indicaram um aumento do pH e condutividade elétrica do solo, após 3 dias de incubação.

Dal Bosco et al. (2008) verificaram as alterações químicas de um solo agrícola, decorrentes da aplicação de ARS durante 8 anos consecutivos. De modo geral, os resultados mostraram um aumento de cálcio, magnésio, sódio, nitrogênio, fósforo, potássio e matéria orgânica, principalmente na camada superior do solo (0-30 cm).

Em trabalho realizado com ARS, Freitas et al. (2005) constataram a salinização do solo, alertando para a aplicação de doses excessivas, devido ao efeito cumulativo de sais. Condé et al. (2013) relataram um aumento da acidez do solo em suas camadas mais profundas devido a aplicação de ARS.

Cavallet et al. (2006), verificaram um aumento da fertilidade do solo nos mesmos níveis de adubação mineral quando dosagens de 160 e 320 t ha⁻¹ de água residuária da indústria de enzimas foi aplicada ao solo. Além disso, ocorreu a correção da acidez, insolubilização dos teores de alumínio trocável no solo e disponibilização do elemento fósforo, quando incorporada 320 t ha⁻¹ desta AR.

Medeiros et al. (2005) constataram uma melhora na fertilidade do solo após a aplicação de AR de origem doméstica se comparado ao método convencional. Foram observados impactos positivos tais como: aumento do pH, das concentrações de P e S disponível, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ trocáveis, matéria orgânica, nitrogênio total e diminuição da acidez. Enquanto os impactos negativos observados foram: incremento nas concentrações de Na⁺ trocável, aumento da condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável.

Experimentos realizados por Erthal et al. (2010) com capim-Tifton 85 mostraram que a aplicação de ARB no solo pode gerar consequências como: ligeiro aumento no pH, capacidade de troca catiônica, índice de saturação por bases, aumento das concentrações de cálcio, magnésio e potássio trocáveis nas camadas mais superficiais do solo. Ademais, o autor destaca que apesar da grande concentração tanto de sódio como matéria orgânica na ARB utilizada, não foram observados problemas de salinidade, sodicidade ou acúmulo de matéria orgânica no solo.

De acordo com Rocha et al. (2009), a aplicação de ARB no solo culminou no ligeiro aumento na condutividade hidráulica do solo e ligeira redução na densidade do solo. A fertilidade do solo melhorou significativamente em termos de P, K, Ca, Mg, Fe e Cu.

Mélo et al. (2005) verificaram o aumento do potássio, sódio, cálcio e magnésio trocável adicionando água residuária de mandioca no solo. A manipueira também pode ser responsável por aumentos nos valores de soma de bases e capacidade de troca catiônica (MARIANO et al., 2011).

Com relação à capacidade de infiltração do solo, estudos realizados por Oliveira et al. (2000) indicaram a redução da capacidade de infiltração do solo, devido a concentração de sólidos totais da ARS.

3.6 Bioindicador x Rabanete

Bioindicadores são espécies animais ou vegetais capazes de refletir, precocemente, modificações sofridas pelo meio ambiente. Segundo Timbrell (1998) apud Hanson et. al (2013), o uso de bioindicadores teve sua origem na toxicologia humana, provando ser úteis na detecção de doenças e de exposições a produtos químicos. No âmbito agrícola, existem atualmente uma infinidade de bioindicadores, o que permite a detecção da ausência ou excesso de determinados nutrientes em tempo hábil para recuperação de desequilíbrios no solo (OLIVEIRA et al., 2004).

O rabanete (*Raphanus sativus*) é uma cultura de origem mediterrânea que pertence à família das Brassicaceae. Possui raiz na forma de um bulbo vermelho comestível, propriedades medicinais como expectorante natural e estimulante do sistema digestório, além de conter vitaminas A, B1, B2, potássio, cálcio, fósforo e enxofre (MINAMI & NETTO (1997) apud OLIVEIRA et al. (2010)).

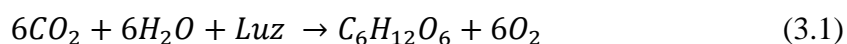
Segundo Pereira (2002) apud Oliveira (2014), registros indicam que o rabanete já era cultivado há mais 3 mil anos atrás, evidenciando que o cultivo desta hortaliça, é bastante consolidado atualmente. De acordo com Cadoso & Hiraki (2001) apud Quadros (2010), uma das vantagens de cultivo desta espécie é a possibilidade de obtenção de renda a curto prazo, uma vez que o rabanete é uma cultura rústica e com um ciclo de vida curto (cerca de 30 dias).

Fageria et al. (2010) observaram outra característica relevante do rabanete, sua sensibilidade à salinidade. Segundo os autores, o rabanete possui um limiar de salinidade de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$, acima do qual seu rendimento tem uma redução de 13% por dS m^{-1} acima do limiar, sendo classificado como uma cultura muito sensível à salinidade.

Assim, devido às suas técnicas de cultivo serem bastante consolidadas, seu ciclo de vida curto e por ser uma cultura sensível à salinidade, o rabanete apresenta-se como um possível bioindicador da qualidade do solo, uma vez que é capaz de refletir consequências dos impactos ambientais ocasionados.

3.7 Fotossíntese

O processo fotossintético é considerado de grande importância para o crescimento e produção das culturas, apresentando uma sensibilidade a variações ambientais. O processo consiste na conversão de energia luminosa em química (ATP e NADPH) mediante a utilização de gás carbônico, água e luz. A equação 3.1 exemplifica a dinâmica da fotossíntese.



Os cloroplastos compreendem organelas das plantas, onde os pigmentos de clorofila encontram-se e onde a fotossíntese ocorre. As clorofilas são de extrema importância neste processo, uma vez que realizam a absorção da energia luminosa. Embora eficientes, nem toda energia absorvida pelas clorofilas segue para a produção de energia química, podendo ser dissipada na forma de calor ou reemitida como fluorescência, cerca de 18% e 1-2% do total da luz absorvida respectivamente (KRAUSE & WEIS (1991) apud SOUSA (2012)).

Na Figura 2 é apresentado um esquema do destino da radiação absorvida a partir da radiação solar.

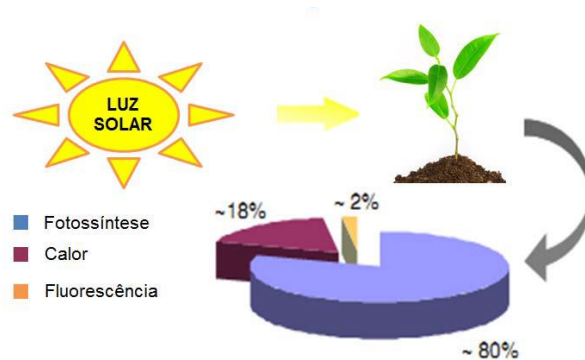


Figura 2 - Destinos da radiação solar absorvida pela planta.

O caminho da luz absorvida pode variar de acordo com o estado metabólico da planta, sendo que os três possíveis caminhos (fotoquímico, dissipação e remissão) competem entre si e um decréscimo ou aumento em qualquer um deles, afetará o desempenho dos outros. Normalmente, o processo fotoquímico tem o maior rendimento, ocorrendo no centro de reação do fotossistema II (FSII).

O FSII é um supercomplexo proteico com várias subunidades onde a energia luminosa é absorvida pelas clorofilas e juntamente com os demais componentes da cadeia de transporte de elétrons da fotossíntese é convertida em energia química.

A avaliação da fluorescência permite medição da fração de radiação absorvida que não foi utilizada na fase fotoquímica, sendo considerada uma medida inversa do estado funcional do processo fotossintético. Além disso, o aumento da fluorescência mostra-se sensível a mudanças nas reações de transferência de elétrons no FSII, sendo uma boa ferramenta para o estudo do aparato fotossintético sob condições de estresse.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização do local

A realização do experimento ocorreu na Universidade Federal de Juiz de Fora, no município de Juiz de Fora – Minas Gerais, na Zona da Mata mineira. Segundo a classificação climatológica de W. Köppen, a cidade possui um clima tropical de altitude, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos com baixas temperaturas e relativamente secos (CESAMA, 2010). O plantio e desenvolvimento das sementes ocorreu nos meses de março a maio (1º ciclo) e de maio a julho (2º ciclo).

4.2 Caracterização do solo

O solo utilizado no experimento foi concedido pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) após ter sido fertirrigado visando a produção de pepinos nos meses de junho a setembro de 2013. O solo recebeu diferentes doses de água residuária de bovinocultura (ARB), considerando a demanda nutricional necessária ao bom desenvolvimento da cultura do pepino. Assim, o solo foi dividido em cinco tratamentos: T1 (0% ARB); T2 (50% ARB); T3 (100% ARB); T4 (200% ARB); e T5 (300% ARB). Amostra de cada tipo de solo (Figura 3) foi separada e enviada aos Laboratórios de Rotina e de Física do Solo da Universidade Federal de Viçosa para a realização de uma análise química e física.



Figura 3 - Amostra dos diferentes tipos de solo

Foram realizadas as seguintes análises químicas: pH em água, fósforo, potássio, sódio, íon cálcio, magnésio e alumínio, extrator acetato de cálcio, soma de bases trocáveis,

capacidade catiônica efetiva, capacidade catiônica a pH 7,0; índice de saturação por bases, índice de saturação por alumínio, índice de saturação por sódio, matéria orgânica, fósforo remanescente, cobre, manganês, ferro e zinco, respectivamente. Na Tabela 9 é apresentada a caracterização química do solo para cada um dos cinco tratamentos.

Tabela 9 - Caracterização química dos solos fertirrigados com diferentes doses de ARB: T1 (0% ARB); T2 (50% ARB); T3 (100% ARB); T4 (200% ARB); e T5 (300% ARB)

Solos					
Parâmetro*	T1	T2	T3	T4	T5
pH H₂O	5,30	5,29	5,33	5,65	5,78
P (mg.dm⁻³)	4,3	11,2	7,7	11,5	13,1
K (mg.dm⁻³)	10	55	56	77	128
Na (mg.dm⁻³)	10,0	27,0	26,0	44,0	48,1
Ca²⁺(cmol_c.dm⁻³)	1,42	1,73	1,67	1,84	1,89
Mg²⁺(cmol_c.dm⁻³)	0,94	1,30	1,28	1,78	1,83
Al³⁺(cmol_c.dm⁻³)	0,20	0,10	0,10	0,00	0,00
H+Al (cmol_c.dm⁻³)	2,3	2,3	1,8	1,8	1,4
SB (cmol_c.dm⁻³)	2,43	3,29	3,21	4,01	4,26
CTC (cmol_c.dm⁻³)	2,63	3,39	3,31	4,01	4,26
T (cmol_c.dm⁻³)	4,73	5,59	5,01	5,81	5,66
V (%)	51,4	58,9	64,1	69,0	75,3
m (%)	7,6	2,9	3,0	0,0	0,0
ISNa (%)	0,92	2,10	2,26	3,29	3,69
MO (dag.Kg⁻¹)	0,26	0,90	0,64	0,77	0,77
P- Rem (mg.L⁻¹)	27,3	25,6	26,1	27,9	31,3
Cu (mg.dm⁻³)	0,38	0,40	0,31	0,32	0,26
Mn (mg.dm⁻³)	25,9	35,7	32,1	32,3	24,4
Fe (mg.dm⁻³)	61,7	73,4	65,2	53,9	29,4
Zn (mg.dm⁻³)	3,66	3,76	4,04	3,64	2,60

* pH H₂O - pH em água; P – fósforo; K – potássio; Na – sódio; Ca²⁺ - íon cálcio; Mg²⁺ -magnésio; Al³⁺ - alumínio; H+Al – Extrator acetato de cálcio; SB - soma de bases trocáveis; CTC - capacidade catiônica efetiva; T – capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – índice de saturação por bases; m - índice de saturação por alumínio; ISNa - índice de saturação por sódio; MO - matéria orgânica; P- Rem - fósforo remanescente; Cu – cobre; Mn – Manganês; Fe – ferro; Zn – zinco.

Do mesmo modo, foram realizadas as seguintes análises físicas: granulometria do solo, densidade de partículas, densidade do solo e condutividade elétrica. A caracterização física do solo para cada um dos cinco tratamentos é expressa nas Tabelas 10 e 11 a seguir:

Tabela 10 - Caracterização granulométrica dos solos fertirrigados com diferentes doses de ARB: T1 (0% ARB); T2 (50% ARB); T3 (100% ARB); T4 (200% ARB); e T5 (300% ARB)

Tratamentos	Areia Grossa	Areia Fina (Dag.Kg ⁻¹)	Silte	Argila	Classe Textural
T1	45	14	8	33	Franco- Argilo- Arenosa
T2	44	13	9	34	Franco- Argilo- Arenosa
T3	40	15	7	38	Argilo- Arenosa
T4	40	17	8	35	Argilo- Arenosa
T5	43	14	9	34	Franco- Argilo- Arenosa

Tabela 11 - Caracterização física dos solos fertirrigados com diferentes doses de ARB: T1 (0% ARB); T2 (50% ARB); T3 (100% ARB); T4 (200% ARB); e T5 (300% ARB)

Amostra	Densidade da partícula (Kg.dm ⁻³)	Densidade do solo	Condutividade elétrica (dS.m ⁻¹)
T1	2,73	1,26	0,053
T2	2,80	1,20	0,112
T3	2,68	1,21	0,101
T4	2,75	1,15	0,152
T5	2,70	1,19	0,197

4.3 Caracterização da Água Residuária de Bovinocultura (ARB)

A fertirrigação do solo em estudo foi realizada mediante o uso da água residuária de bovinocultura (ARB), proveniente da limpeza de criadouros de gado confinado. A ARB foi analisada no Laboratório de Qualidade de Água, do Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e sua caracterização encontra-se descrita na Tabela 12:

Tabela 12 - Caracterização da água residuária de bovinocultura proveniente da limpeza de criadouros de gado confinado

Parâmetros analisados	
pH	7,4
Condutividade Elétrica	2,5
Sólidos Totais (mg/L)	22100
DBO (mg/L)	4355
DQO (mg/L)	15600
Nitrogênio Total (mg/L)	472,3
Nitrito + Nitrato (mg/L)	97,1
NTK (mg/L)	366,7
Na (mg/L)	13,0
Ca (mg/L)	42,9

4.4 Preparação dos Vasos

A preparação do experimento propriamente dito iniciou-se no dia 18 de fevereiro de 2014, quando os solos foram homogeneizados e destorroados. O preparo de um dos cinco tipos de solo para o processo de homogeneização e destorroamento pode ser observado na Figura 4.



Figura 4 - Destorroamento e Homogeneização do solo.

No dia 13 de março de 2014 foi realizada a montagem dos vasos para o plantio das sementes de rabanete. Foram utilizados 15 vasos, sendo 3 réplicas para cada um dos 5 tipos de tratamento.

Inicialmente, os vasos receberam uma camada de brita ao fundo, para que a drenagem do solo fosse favorecida durante o experimento. Logo após, foram preenchidos com solo até distar, aproximadamente, dois centímetros da borda superior do vaso e devidamente etiquetados. Este processo encontra-se exemplificado nas Figuras 5 e 6.



Figura 5 - Preparo dos vasos para o plantio das sementes de rabanete.



Figura 6 - Vasos prontos para o plantio e devidamente etiquetados.

4.5 Delineamento

O experimento foi realizado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em virtude da certeza da homogeneidade das condições experimentais. A disposição dos vasos pode ser observada na Figura 7.



Figura 7 - Disposição dos diferentes tipos de tratamento.

4.6 Plantio

O plantio das sementes de rabanete da cultivar Crimson Gigante e marca Topseed Garden ocorreu no dia 23 de março de 2014. Em cada vaso foram plantadas três sementes, distando cerca de 2cm umas das outras, formando um triângulo. Além disso, vale ressaltar que as sementes foram introduzidas no solo a cerca de 2cm de profundidade. Nas Figuras 8 e 9 o procedimento realizado no plantio dos rabanetes encontra-se exemplificado.



Figura 8 - Plantio das sementes de rabanete.



Figura 9 - Plantio das sementes de rabanete.

Duas semanas após o plantio ocorreu o desbaste das plantas, permanecendo somente a mais desenvolvida de cada vaso, sendo as demais descartadas. As plantas que foram retiradas dos vasos, bem como a situação dos tratamentos após o desbaste encontram-se representadas nas Figuras 10 e 11.



Figura 10 - Plantas retiradas dos seus respectivos vasos.



Figura 11 - Tratamentos após o desbaste.

4.7 Irrigação

O manejo da irrigação da cultura em estudo ocorreu segundo turnos de rega diários, com o auxílio de uma proveta graduada, a qual pode ser observada na Figura 12.

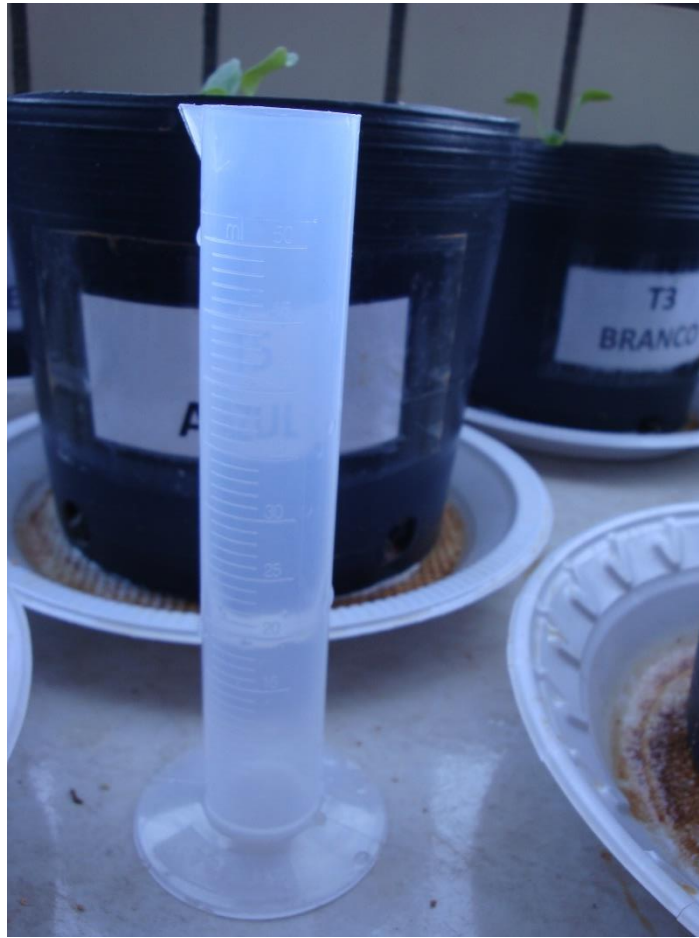


Figura 12 - Proveta graduada utilizada na irrigação da cultura.

A metodologia utilizada na quantificação da água necessária para o atendimento da demanda evapotranspirométrica da cultura foi a de Penman – Monteith, a qual pode ser descrita pela equação 4.1 abaixo:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (4.1)$$

Sendo: ET_0 = evapotranspiração de referência, em mm d^{-1} ;

R_n = saldo de radiação à superfície, em $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

G = fluxo de calor no solo, em $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

T = temperatura do ar a 2 metros de altura, em $^{\circ}\text{C}$;

U_2 = pressão de saturação de vapor, em KPa;

e_s = pressão de vapor atual do ar, em KPa;

e_a = pressão de vapor atual, em KPa;

$(e_s - e_a)$ = déficit de pressão de vapor, em KPa;

Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em KPa °C⁻¹; e
 γ = constante psicrométrica, em KPa °C⁻¹.

Os dados climatológicos necessários ao cálculo descrito acima foram obtidos do site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, sendo a evapotranspiração de referência calculada diariamente.

4.8 Características Avaliadas

4.8.1 Crescimento

A avaliação do crescimento da cultura em estudo ocorreu após sua colheita, sendo os seguintes parâmetros analisados: comprimento da parte aérea da planta (utilizando o comprimento da maior folha) e o diâmetro do bulbo. A mensuração destes parâmetros foi auxiliada por um paquímetro, o qual pode ser observado na Figura 13.



Figura 13 - Instrumento de medida: paquímetro.

4.8.2 Massa Seca

As análises de massa seca foram realizadas no Laboratório de Monitoramento Ambiental I – Água e Efluentes da UFRRJ. O procedimento consistiu na coletadas raízes e parte

aérea dos rabanetes em sacos de papel e posterior colocação em uma estufa de circulação forçada a $50\pm 5^{\circ}\text{C}$. O material permaneceu na estufa até que massas constantes fossem atingidas e pudessem ser obtidas em balança analítica.

4.8.3 Fluorescência

O monitoramento da emissão da fluorescência da clorofila *a* ocorreu ao final de cada ciclo do experimento, no período precedente à colheita. Para tanto, foi utilizado um fluorômetro portátil (HandyPEA, Hansatech, King's Lynn, Norkfolk, UK). As medições foram realizadas sempre na região mediana das folhas novas completamente expandidas e após 20 minutos de adaptação destas ao escuro. Esta adaptação ocorreu com o auxílio de cliques oriundos do próprio equipamento, permitindo que a área de leitura permanecesse completamente no escuro. Assim, numa área foliar de 4 mm de diâmetro, ocorreu a emissão de fluorescência induzida, fazendo com que a amostra ficasse exposta a um pulso de luz saturante. O equipamento, bem como sua utilização, pode ser observado nas Figuras 14 e 15.



Figura 14 - Fluorômetro portátil (HandyPEA, Hansatech, King's Lynn, Norkfolk, UK)
Fonte: Hansatech Instruments



Figura 15 - Clipes oriundos do fluorômetro portátil e sua utilização no experimento.

Através das intensidades de fluorescência foram calculados os parâmetros do teste JIP (STRASSER & STRASSER (1995) apud SOUSA et al. (2012)), o qual quantifica o fluxo de energia que passa pelos fotossistemas e avalia o desempenho fotossintético das plantas. Os parâmetros analisados pelo teste podem ser divididos em:

a) Os que descrevem a atividade específica por centro de reação (RC):

ABS/RC – medida aparente do sistema antena ou fluxo de absorção por RC;

TR₀/RC – máxima taxa pela qual um éxciton é capturado pelo RC resultando em uma redução da plastoquinona (Q_A^-);

ET₀/RC – demonstra a reoxidação de Q_A^- via transporte de elétrons em um RC ativo;

DI₀/RC – razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total de RC;

RE₀/RC – redução do acceptor final de elétrons no lado do acceptor de elétrons do fotossistema I (FSI) por RC;

b) Os que descrevem o rendimento energético ou taxas de fluxo:

$\phi_{P0} = TR_0/ABS$ – rendimento quântico máximo fotoquímico primário;

$\phi_{E0} = ET_0/ABS$ – rendimento quântico de transporte de elétrons Q_A^- para o intersistema de aceptores de elétrons;

ϕ_{D0} – Descreve o rendimento quântico para a dissipação de energia;

$\phi_{R0} = RE_0/ABS$ – rendimento quântico de transporte de elétrons Q_A^- para o acceptor final de elétrons do FSI.

c) Os que descrevem as eficiências:

$\Psi_0 = ET_0/TR_0$ – eficiência com que um éxciton capturado no RC pode mover um elétron de Q_A^- para o intersistema de aceptores de elétrons;

ρ_0 – eficiência com que um éxciton capturado no RC pode mover um elétron dentro da cadeia de transporte de elétrons de Q_A^- para os aceptores finais de elétrons do FSI;

δ_0 - eficiência com que um elétron pode mover o intersistema de aceptores de elétrons reduzidos para o aceptor final de elétrons do FSI.

F_v/F_m - Rendimento quântico máximo do FSII.

N - Número total de elétrons transferidos para a cadeia de transporte de elétrons entre o tempo de 0 e t (necessário para atingir FM).

S_m - Área total normalizada complementar acima da curva OJIP (reflete múltiplos eventos de redução QA).

A partir desses parâmetros, foi possível calcular o índice de performance fotossintético (PI_{ABS}) e o índice de performance total ($PI_{ABS,total}$) os quais permitem uma avaliação completa do funcionamento do aparelho fotossintético, desde sua absorção até o aproveitamento da energia pela cadeia transportadora de elétrons, permitindo a análise dos fatores externos sobre os vegetais.

O teste JIP bem como o cálculo de seus parâmetros foi realizado com o auxílio da professora Dra. Camila Pinho do Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Com os resultados foram gerados gráficos do tipo radar.

4.9 Estatística

Inicialmente foram estabelecidas as hipóteses de nulidade (H_0) e a alternativa (H_1) para cada um dos quatro parâmetros analisados: comprimento da parte aérea, diâmetro do bulbo, massa seca da raiz e massa seca da parte aérea. Posteriormente os dados foram submetidos a uma Análise de Variância (ANOVA), considerando um nível de significância de 5%, onde foi utilizado o software SISVAR (FERREIRA, 2014). As hipóteses formuladas para cada um dos parâmetros encontram-se descritas abaixo.

- **Comprimento da parte aérea**

H_0 = As diferentes doses de ARB aplicadas no solo não afetarão o crescimento da parte aérea do rabanete.

H_1 = As diferentes doses de ARB disponível no solo afetarão o crescimento da parte aérea do rabanete.

- **Diâmetro do bulbo**

H_0 = As diferentes doses de ARB disponível no solo não afetarão o crescimento do diâmetro do bulbo do rabanete.

H_1 = As diferentes doses de ARB disponível no solo afetarão o crescimento do diâmetro do bulbo do rabanete.

- **Massa seca da raiz**

H_0 = As diferentes doses de ARB disponível no solo não afetarão a massa seca da raiz do rabanete.

H_1 = As diferentes doses de ARB disponível no solo afetarão a massa seca da raiz do rabanete.

- **Massa seca da parte aérea**

H_0 = As diferentes doses de ARB disponível no solo não afetarão a massa seca da parte aérea do rabanete.

H_1 = As diferentes doses de ARB disponível no solo afetarão a massa seca da parte aérea do rabanete.

Após a ANOVA, foi realizado o ajuste de modelo para o caso de aceitação de H_1 , utilizando o software SigmaPlot Versão 13.0.

4.10 Análise visual de fitotoxicidade

Esta etapa do trabalho consistiu na comparação entre os padrões previstos pela literatura para ausência ou excesso de determinado nutriente na cultura e as anomalias observadas nos rabanetes ao longo do 1º e 2º ciclo. As análises basearam-se nas fotos obtidas durante o experimento e no livro “Avaliação do Estado Nutricional das Plantas – princípios e aplicações” (MALAVOLTA et. al, 1997).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando um nível de significância de 5% na realização da ANOVA para todos os parâmetros em estudo, a hipótese H_0 foi rejeitada e a H_1 aceita, evidenciando a significância da variação dos dados.

5.1 Crescimento

5.1.1 Comprimento da parte aérea

Na Figura 16 apresenta-se a variação do comprimento da parte aérea do rabanete de acordo com a dose de ARB que foi aplicada no solo, para o 1º e 2º ciclo.

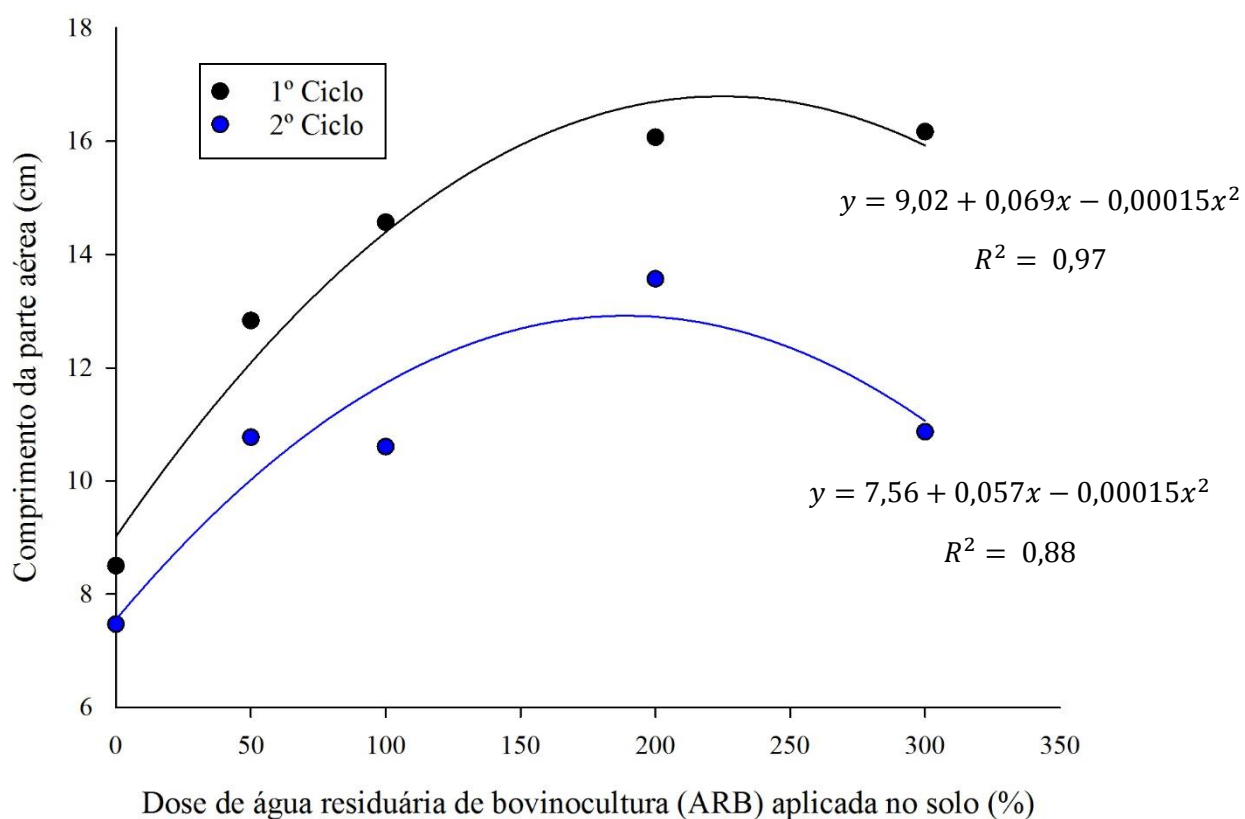


Figura 16 - Crescimento da parte aérea do bioindicador de acordo com a dose de água residuária aplicada no solo, para o 1º ciclo e 2º ciclo.

Para ambos os ciclos, o desenvolvimento da parte aérea apresenta uma tendência quadrática (até o ponto analisado), na qual o parâmetro em análise cresce até uma determinada concentração de ARB remanescente no solo, a partir da qual, os valores de comprimento da parte aérea começam a decrescer.

No 1º ciclo, observa-se que para uma dose 230% de ARB, o comprimento da parte aérea foi máximo, evidenciando que doses maiores que esta podem causar inibição do crescimento de futuros cultivares. Esta redução do crescimento do rabanete pode estar associada a presença de elementos que inibem o desenvolvimento da planta, tais como o sódio, que é um micronutriente e, conseqüentemente, elevadas concentrações deste íon no solo podem acarretar estresse hídrico, salino, desequilíbrio nutricional e toxicidade à cultura (FERREIRA, 2007; DUTRA, 2008; SCHOSSLER et. al, 2010).

Observado por Bosco (2006) e Cavalcante et. al (2010) apud Schossler et. al (2010), a presença de íons de sódio no solo provoca a redução generalizada do crescimento das plantas, acarretando sérios prejuízos a atividade agrícola. Segundo Bosco (2006), o aumento progressivo da concentração de sódio na solução do solo acarretou o declínio da área foliar em culturas de berinjela.

Fonseca et. al (2010) estudaram os efeitos da salinidade na germinação de rabanetes, constatando valores maiores de comprimento da parte aérea e da raiz na ausência de NaCl. Os autores também destacam a queda significativa da germinação das sementes do rabanete com o aumento do NaCl. Entretanto, os efeitos da salinidade não foram observados nesse trabalho, uma vez que o limiar para a cultura do rabanete é de 1,2 dS m⁻¹ e os valores de condutividade elétrica encontrados na análise do solo não ultrapassam 0,2 dS m⁻¹.

O mesmo vale para o 2º ciclo, porém este apresentou o máximo comprimento a uma dose de 190% de ARB. Possivelmente, o decréscimo da dose máxima está associado ao fato de que o 1º ciclo possuía uma maior disponibilidade de nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento se comparado ao 2º ciclo, uma vez que o mesmo solo foi utilizado.

Traçando um comparativo entre os valores de comprimento da parte aérea alcançados por cada ciclo, observa-se um comprimento máximo de 17cm para o 1º ciclo e 13cm para o 2º ciclo. Evidencia-se novamente a possível limitação encontrada pelo 2º ciclo com relação disponibilidade de nutrientes.

De maneira geral, o aumento crescente da parte aérea do bioindicador para os tratamentos T2, T3 e T4 em relação ao controle T1, podem ser explicados pelo aumento da fertilidade do solo, visto que o rabanete é uma cultura que exige solo fértil (Costa et. al (2006) apud

Silva (2015)). A ARB uma vez aplicada ao solo permitiu a mineralização da matéria orgânica, disponibilizando macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio e micronutrientes como zinco e cobre no solo, mesmo 6 meses depois. Maia et. al (2011) em estudos com adubação potássica, constatou que a cultura do rabanete responde significativamente a presença deste nutriente.

No 1º ciclo, o tratamento 4 (T4) apresentou um crescimento da parte aérea de 16,1 cm, enquanto o tratamento controle (T1) cresceu apenas 8,5cm, cerca de 50% a menos. Já no 2º ciclo, T4 cresceu 13,6cm enquanto o tratamento controle apenas 7,5cm, ou seja, 45% a menos.

5.1.2 Diâmetro do bulbo

Na Figura 17 apresenta-se a variação do diâmetro do bulbo do rabanete de acordo com a dose de ARB aplicada no solo, para o 1º e 2º ciclo

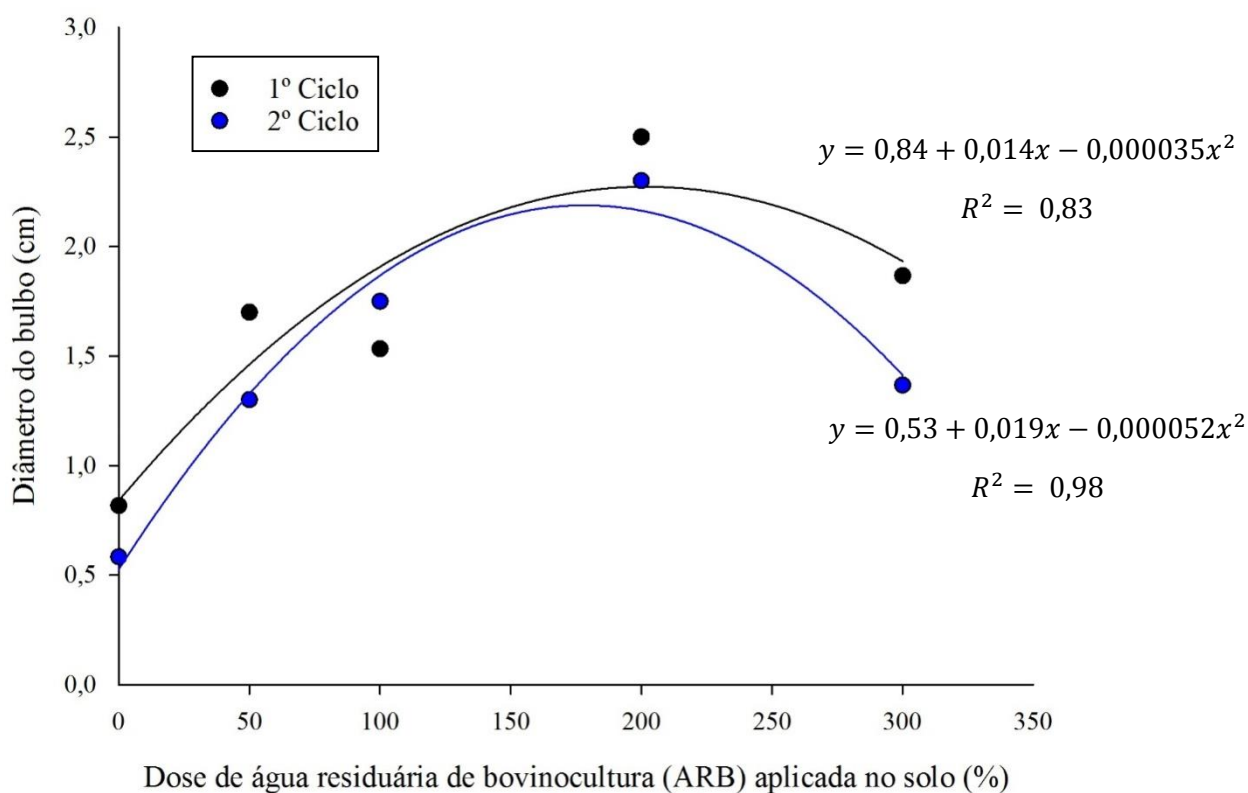


Figura 17 - Diâmetro do bulbo do bioindicador de acordo com a dose de água residuária aplicada no solo, para o 1º ciclo e 2º ciclo.

O mesmo comportamento (quadrático) observado para o comprimento da parte aérea foi constatado para o diâmetro do bulbo. O diâmetro do bulbo segue uma tendência crescente até um determinado valor, a partir do qual decresce.

No 1º ciclo, o valor máximo encontrado para o diâmetro do bulbo foi de 2,35cm, relativo a uma dose de 200% de ARB. Já no 2º ciclo, o maior diâmetro do bulbo (2,27cm) correspondeu a uma dose de 183% de água residuária. Apesar de ambos os ciclos terem alcançado rendimentos máximos similares, fica evidente que no 2º ciclo o fator limitante apresentou-se a doses mais baixas.

O diâmetro do bulbo do T4 no 1º ciclo apresentou um comprimento de 2,5cm enquanto o T1 apenas 0,8cm, aproximadamente 68% a menos. No 2º ciclo, T4 apresentou crescimento do bulbo de 2,3cm e T1 de 0,6cm, ou seja, T1 representou apenas 26% de T4.

O decréscimo de ambos os parâmetros de crescimento do rabanete analisados, a partir de uma determinada dose de ARB residual pode estar ligado ao aumento expressivo do íon sódio no solo. Estudos revelaram que o cátion que mais afeta o metabolismo é o sódio e sua distribuição nas culturas ocorre em maiores concentrações nas raízes, seguidas de caule, pecíolos e folhas, respectivamente (DUTRA, 2008).

Além disso, o decréscimo no diâmetro do bulbo pode estar ligado ao selamento do solo, devido a presença de elevado teor de sólidos, causando a quebra das argilas e posterior entupimento dos macroporos e consequente diminuição da infiltração. O rabanete, como toda tuberosa, desenvolve sua raiz abaixo do solo e um pedaço do caule acima. Com o selamento do solo, o rabanete em estudo encontrou dificuldades de expansão, sendo observados em muitos deles o crescimento da raiz acima do solo.

5.2 Massa seca

5.2.1 Parte aérea

Na Figura 18 apresenta-se a variação da massa seca da parte aérea do rabanete em relação as doses de ARB presentes no solo, para o 1º e 2º ciclo.

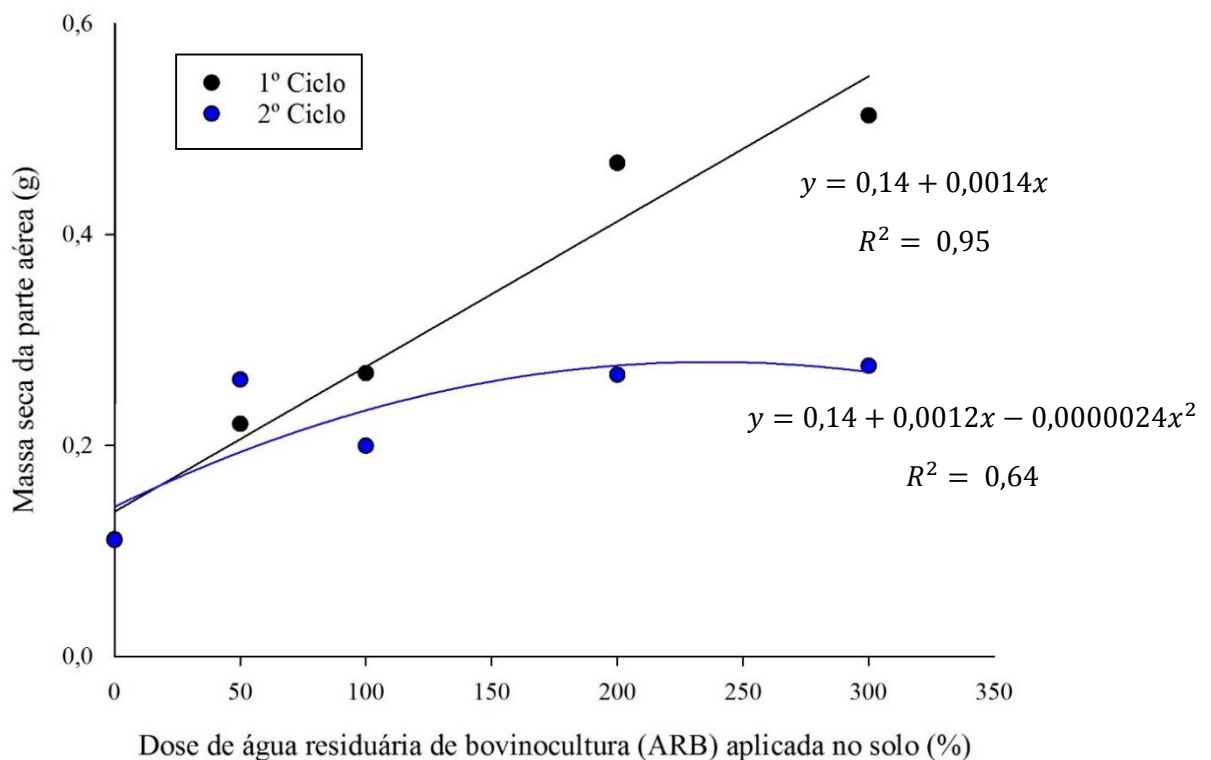


Figura 18 - Massa seca da parte aérea do bioindicador de acordo com a dose de água residuária aplicada no solo, para o 1º ciclo e 2º ciclo.

A massa seca do rabanete no 1º ciclo apresentou um crescimento linear de acordo com o aumento da dose de ARB no solo, não sendo observado um fator limitante para esse parâmetro. O T1 apresentou a menor massa seca da parte aérea (0,1g) e o T4 e o T5 apresentaram o maior valor (0,5g), evidenciando um aumento de 500% na produção do rabanete como consequência do aumento da fertilidade do solo.

Freitas et al. (2004) observaram um aumento dos valores da altura do milho, índice de espigas e peso com a aplicação da ARS. Já Rodrigues et al. (2009) obtiveram um maior crescimento da cultura da mamoneira devido ao uso de água residuária de origem doméstica.

Já no 2º ciclo, a massa seca da parte aérea alcançou seu máximo valor (0,29g) quando a dose de ARB foi de 250%, a partir da qual, os valores de massa seca começaram a decrescer (tendência quadrática). Além disso, o máximo valor da massa seca da parte aérea do 2º ciclo corresponde a apenas 50% do valor encontrado para o 1º ciclo, enfatizando a diminuição ARB residual no solo devido à utilização dos nutrientes pelo 1º ciclo.

Comparando o tratamento controle com o de maior produção, observa-se que a maior massa seca da raiz encontrada (T4 e T5 = 0,3g) foi 3 vezes maior que a massa seca da raiz do tratamento controle (T1 = 0,1g).

A diminuição dos valores de massa seca da parte aérea do rabanete acima de 250% de ARB pode ser explicada pela presença de sódio. Fonseca et. al (2010) verificaram a diminuição da massa seca da parte aérea cerca de 4 vezes para os tratamentos que receberam doses de cloreto de sódio, se comparados aos tratamentos controle. De acordo com Filho et. al (1979) há uma tendência generalizada de decréscimo da produção da matéria seca de algodoeiros Mocó, quando altas doses de sódio são adicionadas.

5.2.2 Raiz

A Figura 19 representa a variação da massa seca da raiz do rabanete de acordo com a dose de ARB no solo.

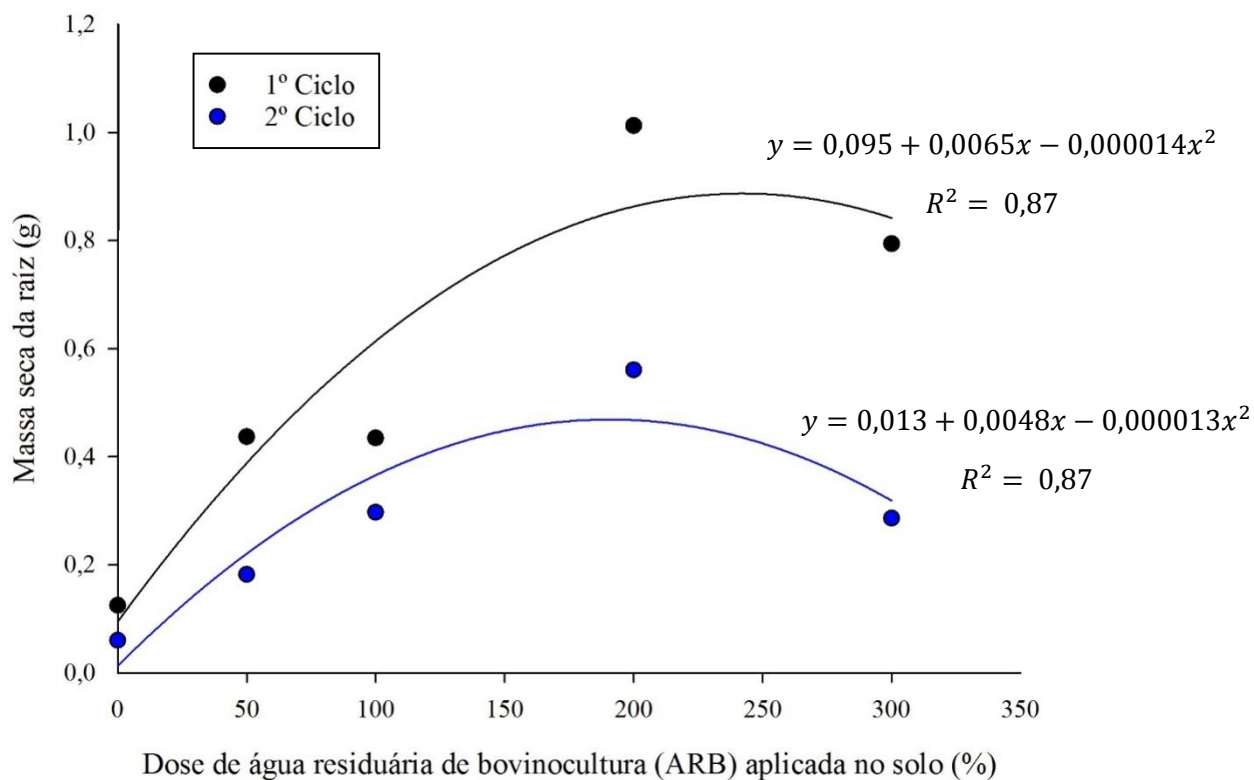


Figura 19 - Massa seca da raiz do bioindicador de acordo com a dose de água residuária aplicada no solo, para o 1º ciclo e 2º ciclo.

Em ambos os ciclos, houve um aumento da massa seca da raiz à medida que a dose de ARB no solo crescia até um determinado ponto, a partir do qual houve o decréscimo do parâmetro analisado. No 1º ciclo, o valor máximo de 0,85g foi encontrado para uma dose de ARB de 232%, enquanto no 2º ciclo esse valor decresceu para 0,46g a uma dose de 185% de ARB. Ou seja, o melhor desempenho encontrado no 2º ciclo corresponde a apenas um pouco mais que 50% do 1º ciclo. Mais uma vez, é verificado uma queda no desempenho do parâmetro estudado no 2º ciclo, devido, provavelmente, a limitação de nutrientes.

Os tratamentos que obtiveram melhor e pior desempenho para esse parâmetro foram T4 e T1 respectivamente. No 1º ciclo, T4 foi 10 vezes maior que T1 e no 2º ciclo, 6 vezes, mostrando como a ARB residual do solo pode aumentar a massa seca da raiz do rabanete significativamente. Maia (2011) verificou a importância da presença do potássio para o rabanete. Segundo a autora a massa seca da raiz aumenta com a presença deste nutriente.

O decréscimo deste parâmetro após valores de 232% de ARB para o 1º ciclo e 185% de ARB para o 2º ciclo podem ser explicados pelo aumento da concentração de íons de sódio na solução do solo, trazendo prejuízos ao desenvolvimento da cultura, como já discutido anteriormente.

5.3 Fluorescência

A Figura 20 representa o gráfico radar construído com os parâmetros gerados no teste JIP, considerando-se como padrão (1,0) o tratamento 1 (controle), para o 1º ciclo.

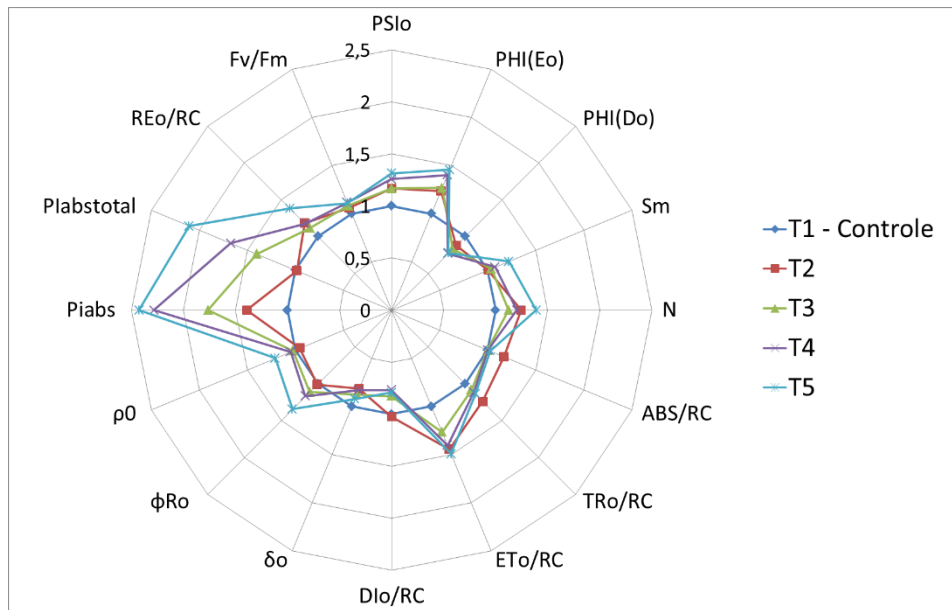


Figura 20 - Radar-plot dos parâmetros de fluorescência da clorofila a derivados do Teste JIP, em folhas de rabanete adaptadas ao escuro para o 1º ciclo. Valores expressos relativos ao controle (valor normalizado para 1).

No 1º ciclo, a presença da ARB residual em diferentes concentrações nos tratamentos provocou um visível incremento nos índices que descrevem a performance fotossintética (PI_{abs} e $PI_{abs, total}$), evidenciando que o aumento de nutrientes no solo permitiu um maior aproveitamento da energia luminosa absorvida, não causando danos ao aparato fotossintético.

O aumento do desempenho fotossintético foi diretamente proporcional ao residual de ARB no solo, não apresentando limitações quanto a doses mais elevadas. Para todos os tratamentos com ARB residual no solo, a performance fotossintética elevou-se sendo a maior em T5, cerca de 2,5 vezes maior que em T1 (controle).

Outro parâmetro bastante discutido na literatura, a eficiência do FSII (F_v/F_M) caracteriza o aumento ou declínio da energia absorvida que é realmente utilizada no processo fotoquímico. No 1º ciclo, foi observado um aumento da eficiência do FSII para todos os tratamentos com ARB residual, mostrando mais uma vez que a ARB no solo não provocou estresse ambiental. Entretanto, diversos autores verificaram insensibilidade deste parâmetro em plantas expostas a estresses ambientais tais como balance nutricional, excesso de luz, salinidade e estresse hídrico (SOUSA, 2012).

Em trabalho utilizando cinza vegetal, Silva et. al (2015) verificaram que tratamentos adubados com este recurso puderam desfrutar de uma maior disponibilidade de nutrientes que fazem parte dos processos fotossintéticos da planta, tais como potássio e magnésio, componentes centrais da molécula de clorofila. Assim, com o aumento da fotossíntese, ocorre o aumento de compostos orgânicos que são fundamentais para o aumento vegetativo.

A Figura 21 representa o gráfico radar construído com os parâmetros gerados no teste JIP, considerando-se como padrão (1,0) o tratamento 1 (controle), para o 2º ciclo.

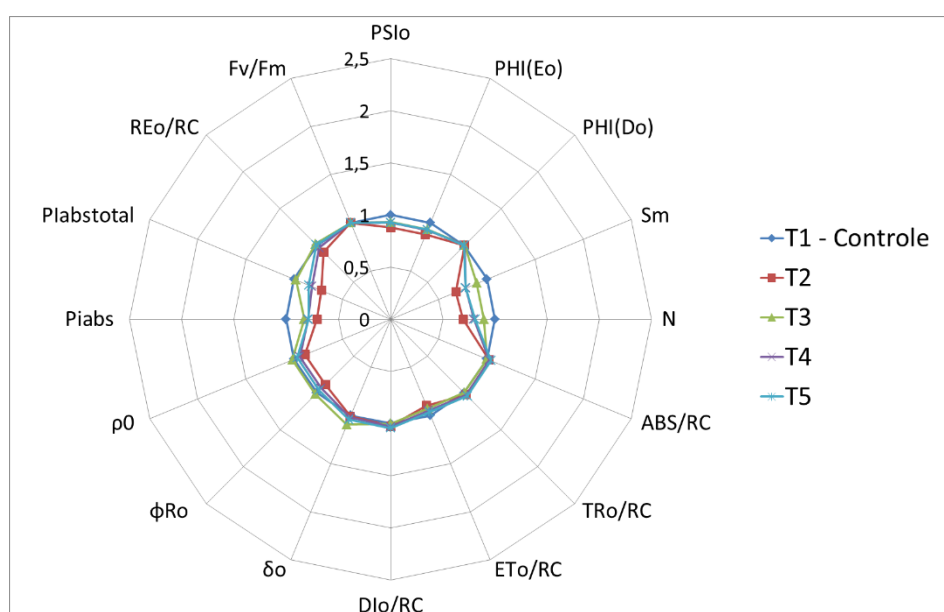


Figura 21 - Radar-plot dos parâmetros de fluorescência da clorofila a derivados do Teste JIP, em folhas de rabanete adaptadas ao escuro para o 2º ciclo. Valores expressos relativos ao controle (valor normalizado para 1).

No 2º ciclo, praticamente todos os parâmetros de fluorescência foram similares ao controle, demonstrando uma queda na performance da fotossíntese, uma vez que o solo não apresenta a mesma concentração de ARB residual do 1º ciclo. Neste ciclo, o T1 (controle) apresentou o melhor desempenho seguido de T3, T5, T4 e T2 respectivamente.

5.4 Análise Visual de Fitotoxicidade

Na Figura 22 apresenta-se o primeiro sintoma de deficiência observado durante o experimento (1º ciclo), cerca de 20 dias após o plantio. Os tratamentos circulos em vermelho representam T1, ou seja, aqueles que não foram aplicadas ARB no solo.



Figura 22 - Primeiro sinal de deficiência de nutrientes observado (1º ciclo).

Visivelmente, nesse tratamento o rabanete apresentou atraso no florescimento e folhas menores, destacando a baixa fertilidade deste solo em relação aos outros. Segundo Malavolta et al. (1997), os tipos de alterações detectadas sugerem um solo deficiente em nitrogênio, fósforo e enxofre. De fato, a deficiência destes minerais pode ser constatada pela análise do solo realizada antes do início do experimento, exceto o enxofre o qual não foi analisado.

Nas Figuras 23 e 24 podem ser observados sinais de clorose e início de necrose foliar em T1 poucos dias precedendo a colheita (1º ciclo).



Figura 23 - Sinais de clorose foliar e, T1 (1º ciclo).

A clorose (amarelecimento ou branqueamento das folhas) das folhas mais velhas ocorre, principalmente, devido à deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio. Já a necrose foliar detectada nas margens das folhas, é decorrente da deficiência de enxofre e potássio (MALAVOLTA et al.,1997).

Vale ressaltar, que o excesso de alumínio no solo pode fazer com que as folhas apresentem os mesmos sintomas causados pela falta de fósforo, potássio, cálcio e magnésio (MALAVOLTA et al.,1997). No entanto, não é o caso deste trabalho, uma vez que os teores de alumínio foram ínfimos ou nulos nos tratamentos.



Figura 24 - Sinais de início de necrose foliar.

Na Figura 25 pode ser identificado a ocorrência do selamento do solo, fazendo com que a tuberosa se desenvolvesse para fora do solo.



Figura 25 - Selamento do solo.

O selamento do solo ocorreu em todos os tratamentos, fazendo com que o bulbo do rabanete se desenvolvesse para fora do solo. Acredita-se que o alto teor de sólidos presente na ARB aliada à classe textural dos solos (Franco-Argilo-Arenosa ou Argilo-Arenosa) corroborou para o entupimento dos poros. Ademais, o 1º ciclo transcorreu em um período muito chuvoso, contribuindo para o selamento e aumento expressivo da humidade, como pode ser visto na Figura 25.

Na Figura 26 pode ser observada uma coloração diferenciada para o tratamento 3 (T3).



Figura 26 - Coloração avermelhada na folha do T3.

Segundo Malavolta et al. (1997), a coloração avermelhada das folhas é indicativo de deficiência de três minerais: magnésio, enxofre e boro. Apesar de outros tratamentos possuírem maior deficiência desses nutrientes, a coloração avermelhada só foi observada nesta réplica do T3 do 1º ciclo, indicando que podem ter ocorrido interferências ambientais em algum momento do experimento.

Também foram observadas nervuras salientes nos tratamentos T1 e T5 no 2º ciclo (Figura 27), as quais são sintomas de deficiência de boro e cobre (MALAVOLTA et al., 1997).



Figura 27 - Nervuras salientes em T1 e T5 no 2º ciclo.

Na Figura 28 abaixo são apresentados todos os tratamentos do 2º ciclo, logo após a colheita. Visivelmente, o desenvolvimento do bulbo dos rabanetes se diferenciaram bastante de acordo com a ARB presente no solo. O tratamento 4 (T4) apresentou o melhor desenvolvimento do bulbo, enquanto o tratamento T1 obteve o menor desenvolvimento do bulbo. Vale ressaltar que o crescimento da raiz do rabanete (bulbo) pode ter sido dificultado devido ao selamento do solo, provocando injúrias (Figura 29).



Figura 28 - Tratamentos do 2º ciclo logo após a colheita.



Figura 29 - Injúrias observadas nas raízes do rabanete.

6 CONCLUSÕES

Para as condições nas quais o presente estudo foi desenvolvido, pode-se concluir:

- As doses de ARB, mesmo após meses da aplicação, foram responsáveis pela melhora significativa da qualidade do solo, principalmente segundo o teor de nutrientes essenciais ao crescimento das culturas. Entretanto, vale ressaltar que os tratamentos que receberam altas doses de ARB apresentaram elevados teores de sódio, o que pode ter diminuído a performance do rabanete.
- De modo geral, para os parâmetros de crescimento e produção do bioindicador analisado, a ARB residual no solo proporcionou um aumento no desempenho do rabanete, se comparado ao tratamento controle. Porém, foi observado o decréscimo no valor desses parâmetros no caso de disposição de elevadas concentrações de ARB no solo.
- No 1º ciclo, a presença da ARB residual no solo proporcionou aumento significativo na performance fotossintética do rabanete não apresentado um fator limitante ao aumento deste parâmetro. Já no 2º ciclo, a performance fotossintética do rabanete apresentou uma redução em seus valores, até mesmo menores do que o controle.
- A aplicação de doses de ARB que suplantam expressivamente a demanda nutricional das culturas podem acarretar o aumento expressivo dos níveis de sódio no solo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO, D.C.C et al. **Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas e *Eucalyptus grandis***. Revista Árvore. V.31, n. 4, p. 745-751, Viçosa-MG, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622007000400020&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acessado em 06 nov 2015.

BARROS, F.M. et al. **Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.9, (Suplemento), p.47-51. Campina Grande, PB, 2005. Disponível em: <http://www.gpqa.ufv.br/Publicacoes/fertirrigacao/Caracteristicas%20quimicas%20do%20solo%20influenciadas%20pela%20adicao%20de%20agua%20residuaria%20da%20suinocultura.PDF>. Acessado em 16 jan 2016.

BATISTA, R.O et al. **Manejo de águas residuárias da bovinocultura de leite para o uso em cultivo de plantas**. Boletim técnico. Departamento de Engenharia. Universidade Federal de Lavras. 2014. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAAahUKEwjVn5zfgcLIAhVDHZAKHAsUAdI&url=http%3A%2F%2Fwww.editora.ufla.br%2Findex.php%2Fcomponent%2Fphocadownload%2Fcategory%2F10-boletins%3Fdownload%3D993%3Aboletins&usq=AFQjCNEoY9ZZgDkRp70h5I19gEOfk65J6A&sig2=-1RjR15EdK1yVxaqAs6Ytg&cad=rja>. Acessado em 05 out. 2015.

BOSCO, M.R.O. **Efeitos do cloreto de sódio sobre o desenvolvimento e absorção de nutrientes na cultura da berinjela**. (Dissertação) Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2006. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/9164/1/2006_dis_mrobosco.pdf. Acessado em 18 jan 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n° 420, de 28 de dezembro de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas**. Publicado no Diário Oficial da União em 30.12.2009.

CABRAL, J.R et al. **Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.8, p.823-831. Campina Grande, PB, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000800009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acessado em 18 jan 2016.

CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C. **Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo**. Ciência Rural, v. 36, n. 4, p.1150-1155, Santa Maria, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000400017. Acessado em 19 jan 2016.

CAOVILLA, F.A. et al. **Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.14, n.7, p.692–697. Campina Grande, PB, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000700002. Acessado em 17 jan 2016.

CAVALLET, L.E. et al. **Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.10, n.3, p.724–729. Campina Grande, PB, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000300027. Acessado em 16 jan 2016.

CESAMA. 2010. Disponível em: <http://www.cesama.com.br/?pagina=hidrografia>. Acessado em 10 jan 2016.

CONDÉ, M. S et al. **Impacto da fertirrigação com água residuária da suinocultura em um latossolo vermelho-amarelo.** VÉRTICES. v.15, n. 2, p. 161-178. Campos dos Goytacazes, RJ, 2013. Disponível em: <http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/1809-2667.20130024>. Acessado em 2 jan 2016.

CONDÉ, M. S et al. **Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.2, n.1, p.99-106, jul. 2012. Disponível em: http://www.rbas.com.br/pdf/revista_1_artigo_13.pdf. Acessado em 14 out. 2015.

DAL BOSCO, T.C. et al. **Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola – estudo de caso.** Irriga. v. 13, n. 1, p. 139-144. Botucatu, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267920966_UTILIZACAO_DE_AGUA_RESIDUARIA_DE_SUINOCULTURA_EM_PROPRIEDADE_AGRICOLA_-_ESTUDO_DE_CASO. Acessado em 15 jan 2016.

DECEZARO, S.T. **Tratamento de águas residuárias de bovinocultura de leite no Brasil – Situação atual e possibilidades.** Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais. Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Frederico Westphalen, RS, Brasil. 2013. Disponível em: http://w3.ufsm.br/cesnors/images/TCC_Samara_Decezaro.pdf. Acessado em 09 out. 2015.

DIAS, N. S. & BLANCO, F.F. **Efeitos dos sais no solo e na planta.** Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE, 2010. Disponível em: http://www.academia.edu/11232946/Efeito_dos_sais_no_solo_e_na_planta. Acessado em 15 fev. 2016.

DUTRA, A.T.B. **Distribuição de Na⁺ e Cl⁻ em plantas jovens de feijão caupi expostas a estresse salino e temperatura elevada.** (Dissertação) Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2008. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/5019/1/2008_dis_atbdutra.pdf. Acessado em 15 fev. 2016.

EMBRAPA. **Saiba o que é fertirrigação.** Embrapa Hortaliças. 1999. Disponível em: http://www.cnph.embrapa.br/noticias/not_31a.htm. Acessado em 15 out. 2015.

EMBRAPA. **Importância Econômica.** Embrapa Gado de Leite, Sistema de Produção, 2. 2002. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/importancia.html>. Acessado em 08 out. 2015.

ERTHAL, V.J.T. et al. **Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.14, n. 5, p. 467-477, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n5/a03v14n5.pdf>. Acessado em 10 out. 2015.

ERTHAL, V.J.T. **Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.14, n.5, p.458-466. Campina Grande, PB, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000500002. Acessado em 18 jan 2016.

ERTHAL, V.J.T. **Fertirrigação de capim-Tifton 85 e a aveia preta com águas residuárias de bovinocultura: efeitos no solo e nas plantas** (tese de Doutorado), 96p.UFV: Viçosa MG, 2008. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/645/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em 15 out. 2015.

FAGERIA, N.K; FIOELHO, W.S; GHEYI, H.R. **Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade.** Manejo de salinidade de agricultura: Estudos básicos e aplicados. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE, 2010. Disponível em: http://www.inctsal.com.br/pdfs/livro_salinidade/03_Livro_Manejo_da_Salinidade_Part_e3.pdf. Acessado em 16 jan 2016.

FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **FAO discute demanda mundial por alimentos.** Notícia.2009. Disponível em: <https://www.fao.org.br/FAOddma.asp>. Acessado em 15 jan 2016.

FILHO, J.V.C. et. al. **Efeito do sódio na produção de matéria seca em mudas de duas cultivares de algodoeiro mocó (gossypium hirsutum l., var. Maria galante huchth.): cv. '9193' e 'c-71'.** Anais da E.S.A. "Luiz Queiroz". Volume XXXVI, 1979. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v36/32.pdf>. Acessado em: 17 jan. 2016.

FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION. 2015. **Food Outlook. Biannual Report on Global Food Markets.**Analysis. May, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i4581e.pdf>. Acessado em: 17 jan. 2016.

FERREIRA, D.F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.***Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FERREIRA, P. A. **Transporte de solutos no solo.** Viçosa – MG: UFV, 2007. 30p. (Apostila).

FREITAS, W.S. et al. **Efeito da aplicação de águas residuária de suinocultura em solo cultivado com milho.** Engenharia na Agricultura. v.13, n.2, 95-102. Viçosa, MG, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237342792_EFEITO_DA_APLICACAO_DE_AGUAS_RESIDUARIAS_DE_SUINOCULTURA_EM_SOLO_CULTIVADO_COM_MILHO_1. Acessado em 15 jan 2016.

FREITAS, W.S. et al. **Efeito da aplicação de águas residuária de suinocultura sobre a produção do milho para silagem.** Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, DEag/UFCG. V.8, n.1, p. 120-125, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662004000100018&script=sci_arttext. Acessado em 09 jan 2016.

FONSECA, A.S. et. al. **Efeito da salinidade na germinação de sementes de rabanete.** XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2010. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/RE_0826_0863_01.pdf. Acessado em 04 fev. 2016.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. Bovinocultura de Leite. Desenvolvimento Regional Sustentável – Série cadernos de propostas para atuação em cadeias produtivas. 2010. Disponível em: <http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/dwn/Vol1BovinoLeite.pdf> Acessado em 5 out. 2015.

GARCIA, G.O. **Alterações químicas em três solos decorrentes da aplicação de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro Conilon.** Engenharia na Agricultura. v.16, n.4, 416-416 427. Viçosa, MG, 2008. Disponível em: <http://www.gpqa.ufv.br/Publicacoes/fertirrigacao/Alteracoes-quimicas-tres-solos-decorrentes-aplicacao-aguas-cafeeiro-Conilon.pdf>. Acessado em 19 jan 2016.

HANSATECH INSTRUMENTS. **Figura.** Disponível em: <http://www.hansatech-instruments.com>. Acessado em 25 jan. 2016.

HANSON, N; HALLING, M; NORIN, H. **Biomarkers for environmental monitoring – suggestions for Norwegian monitoring programmes.** 2013. Disponível em: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M88/M88.pdf>. Acessado em 15 jan 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Pecuária Municipal.** v. 39, p.1-63, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2011/ppm2011.pdf. Acessado em 08 out. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Pecuária.** Indicadores IBGE. Setembro de 2015. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abat-e-leite-couro-ovos_201502_publ_completa.pdf. Acessado em 08 out. 2015.

IFCN, Intenational Farm Comparison Network. **A summary of results from the IFCN Dairy Report 2012.** Disponível em: <http://www.milkproduction.com/Global/IFCN%20Dairy%20Report%202012-press%20release.pdf>. Acessado em 09 out. 2015.

MAIA, P.M.E. et.al. **Desenvolvimento e qualidade do rabanete sob diferentes fontes de potássio**. Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável. Grupo verde de agricultura alternativa. Revista Verde. v.6, n.1, p. 148 – 153. Mossoró, RN, Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/531>. Acessado em 04 fev. 2016.

MATOS, A.T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Caderno didático. Associação de Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MATOS, A.T. **Poluição Ambiental – Impactos no Meio Físico**. Editora UFV. 260p. Viçosa, MG, 2010.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato. 2ª Edição, 319 p. Editora Potafos. São Paulo, 1997.

MARIANO, D.C. et al. **Alteração química no solo aplicado água residuária de mandioca**. VII Encontro Internacional de Produção Científica. Centro Universitário de Maringá. Maringá, 2011. Disponível em: http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/daiane_de_cinque_mariano1.pdf. Acessado em 16 jan 2016.

MEDEIROS, S.S et al. **Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.4, p.603-612. Campina Grande, PB, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000400026&script=sci_arttext. Acessado em 15 jan 2016.

MEDEIROS, S.S et al. **Utilização de água residuária doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.12, n.2, p.109–115. Campina Grande, PB, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662008000200001&script=sci_arttext. Acessado em 18 jan 2016.

MÉLO, R.F. et al. **Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca**. Irriga. v. 10, n. 4, p. 383-392. Botucatu, 2005. Disponível em: <http://www.gpqa.ufv.br/Publicacoes/fertirrigacao/Alteracoes%20fisicas%20e%20quimicas%20em%20tres%20solos%20tratados%20com%20agua%20residuaria%20de%20mandioca.PDF>. Acessado em 18 jan 2016.

OCDE/FAO. **Perspectivas Agrícolas 2015-2024**. Perspectivas agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024. 2015. Disponível em: <https://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>. Acessado em 08 out 2015.

OLIVEIRA, A.C. **Injeção de ar atmosférico e fertirrigação nitrogenada em um sistema de irrigação subsuperficial, no cultivo do rabanete**. 2014. 126f. Tese (Doutorado em agronomia – irrigação e drenagem). Faculdade de Ciências Agrônômicas

da UNESP – Câmpus de Botucatu. Botucatu, 2014. Disponível em: <http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/103475>. Acessado em 10 jan 2016.

OLIVEIRA, F.N.S; OLIVEIRA, F.C; AQUINO, A.R.L. **Bioindicadores de impacto ambiental em sistemas agrícolas orgânicos**. Embrapa. Documentos, 93. 24 p. Agroindústria Tropical, 2004. Fortaleza Disponível em:<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/9208/1/Dc-093.pdf>. Acessado em 15 jan. 2016.

OLIVEIRA, F.R.A et al. **Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete**. Revista Ciência Agronômica, Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. v.41, n.4, p.519-526, out-dez, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rca/v41n4/v41n4a03.pdf>. Acessado em 16 jan. 2016.

OLIVEIRA, R.A. et al. **Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.2, p.263-267. Campina Grande, PB, 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662000000200022. Acessado em 12 jan 2016.

PÍCCOLO, M.A et al. **Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos**. Revista Ceres. v. 60, n.4, p. 544-551. Viçosa, MG, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2013000400014. Acessado em 18 jan 2016.

QUADROS, B.R et al. Doses de nitrogênio na produção de rabanete fertirrigado e determinação de clorofila por medidor portátil nas folhas. Irriga. Botucatu. v. 15, n. 4, p. 353-360, out-dez 2010. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/129>. Acessado em 16 jan 2016.

QUEIROZ, F. M. et al. **Changes on the soil characteristics of overland flow treatment using swine wastewater**. In.: Soares, A.A. e Saturnino, H. M. Competitive use and conservation strategies for water and natural resources. Fortaleza: ABID/ICID, 2001. P. 166-172.

QUEIROZ, F. M. et al. **Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura**. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.12, n.2, p.77-90, 2004. Disponível em: http://www.gpqa.ufv.br/Publicacoes/escoamento/Caracteristicas_quimicas_solo_absorc_ao_nutrientes.pdf. Acessado em 19 jan 2016.

RIBEIRO, C. A. et. al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. 359 p. Viçosa, 1999.

ROCHA, F.A. et al. **Efeito da aplicação de água residuária da bovinocultura nas propriedades físico-químicas do solo e na uniformidade de aplicação de água**. Revista E.T.C. n. 06, p. 76. Salvador, 2009. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000500003.
Acessado em 5 jan 2016.

RODRIGUES, L.N. et al. **Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, (Suplemento), p.825–835. Campina Grande, PB, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13s0/v13s0a03.pdf>. Acessado em 18 jan 2016.

SCHOSSLER, T. R. et. al. **Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 1563.2012. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/salinidade%20efeitos.pdf>. Acessado em 18 jan 2016.

SIGMAPLOT 13.0. **Programa**. Disponível em: <http://www.sigmaplot.com/products/sigmaplot/sigmaplot-details.php>. Acessado em 15 jan. 2016.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. **Matéria orgânica do solo**. In: Novais, R. F. et al., eds. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 275-374. Viçosa, 2007.

SILVA, J.B.G. **Uso de água residuária de bovinocultura de leite no cultivo da figueira (*Ficus carica L.*): efeitos no solo e na cultura**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2012.

SILVA, R.T. et. al. **Tolerância do rabanete ao encharcamento do solo**. Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável. Grupo verde de agricultura alternativa. Revista Verde. v.7, n.1, p. 25 – 33. Mossoró, RN, Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1162>. Acessado em 04 fev. 2016.

SOUSA, C.P. **Ação de herbicidas sobre a atividade fotossintética de plantas com metabolismo C3 e C4**. Universidade Federal de Pelotas. Programa de pós-graduação em fisiologia vegetal. (Tese Doutorado). Pelotas, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufpel.edu.br/handle/123456789/1989>. Acessado em 04 fev. 2016.

SOUSA, G.G. et al. **Adubação potássica aplicada por fertirrigação e pelo método convencional na cultura do amendoim**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.17, n. 10, p 1055-1060, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662013001000005&script=sci_arttext. Acessado em 05 dez 2015.

TSUTIYA, M.T. **Metais Pesados: O principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos**. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: www.ceset.unicamp.br/~mariaacm/.../I-140-Metais%2520Pesados.doc. Acessado em 04 jan 2016.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). **World Population Prospects: The 2015 Revision, World Population 2015 Wallchart.** 2015. Disponível em: http://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/World_Population_2015_Wallchart.pdf. Acessado em 17 jan 2016.

ANEXOS

Resultados obtidos com software SISVAR:

1º Ciclo

Arquivo analisado:

C:\Users\w8\Desktop\Dados ciclo 1.dbf

Variável analisada: CRESCIMENT

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	120.602667	30.150667	6.125	0.0093
erro	10	49.226667	4.922667		
Total corrigido	14	169.829333			
CV (%) =	16.28				
Média geral:	13.6266667	Número de observações:		15	

Variável analisada: DI_METRO_D

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	4.423333	1.105833	4.221	0.0295
erro	10	2.620000	0.262000		
Total corrigido	14	7.043333			
CV (%) =	30.41				
Média geral:	1.6833333	Número de observações:		15	

Variável analisada: MSA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
----	----	----	----	----	-------

TRATAMENTO	4	0.345991	0.086498	12.793	0.0006
erro	10	0.067611	0.006761		
Total corrigido	14	0.413602			
CV (%) =	26.00				
Média geral:	0.3162000	Número de observações:	15		

Variável analisada: MSR

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	1.440541	0.360135	8.730	0.0027
erro	10	0.412529	0.041253		
Total corrigido	14	1.853070			
CV (%) =	36.24				
Média geral:	0.5604667	Número de observações:	15		

2º Ciclo

Arquivo analisado:

C:\Users\w8\Desktop\Dados ciclo 2 .dbf

Variável analisada: CRESCIMENT

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	56.110667	14.027667	3.866	0.0377
erro	10	36.286667	3.628667		
Total corrigido	14	92.397333			
CV (%) =	17.88				
Média geral:	10.6533333	Número de observações:	15		

Variável analisada: DI_METRO_D

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	4.777667	1.194417	7.815	0.0040
erro	10	1.528333	0.152833		
Total corrigido	14	6.306000			
CV (%) =	26.78				
Média geral:	1.4600000	Número de observações:		15	

Variável analisada: MRA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	0.058509	0.014627	5.087	0.0169
erro	10	0.028755	0.002875		
Total corrigido	14	0.087263			
CV (%) =	24.05				
Média geral:	0.2229667	Número de observações:		15	

Variável analisada: MSR

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	0.411185	0.102796	12.435	0.0007
erro	10	0.082669	0.008267		
Total corrigido	14	0.493854			
CV (%) =	32.81				
Média geral:	0.2771333	Número de observações:		15	