

Área de concentração: 2- Conservação e recuperação de áreas

## POTENCIAL DE USO AGRÍCOLA DE ESGOTO TRATADO E LODO NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

Luciano Firme de Almeida<sup>1</sup>, Maria de Fátima de Lima<sup>2</sup>, André Guarçoni<sup>3</sup>, Felipe Gonzaga Maia<sup>4</sup>, Fernando Rodrigues da Matta Baptista<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Cesan (luciano.firme@cesan.com.br); <sup>2</sup>Química Industrial, Cesan (fatima.lima@cesan.com.br); <sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr, Pesquisador, Incaper (guarconi@incaper.es.gov.br); <sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Msc, Extensionista, Incaper (felipe.maia@incaper.es.gov.br); <sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Msc, Cesan (fernando.baptista@cesan.com.br)

APRESENTADO NO VII CBRA – CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL – 02 A 04 DE AGOSTO DE 2023, VITORIA/ES

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de uso agrícola de esgoto doméstico tratado e lodo no norte do Espírito Santo na recuperação de áreas degradadas. Foram realizadas análises laboratoriais para avaliar o uso em fertirrigação do esgoto tratado e do lodo para adubação agrícola, produtos obtidos na Estação de Tratamento de Nova Venécia e Pinheiros. Também avaliou-se o solo onde está sendo desenvolvido projeto piloto, submetido há dezesseis meses com uso de fertirrigação. Os resultados das análises realizadas do esgoto tratado da Estação de Tratamento de Pinheiros e Nova Venécia atendem aos valores de referência/limites estabelecidos pelo IEMA para reúso do esgoto tratado em fertirrigação em área restrita. Os resultados das análises do solo de Pinheiros demonstram que a fertirrigação com o esgoto tratado, quando não melhorou as características químicas do solo, não proporcionou incremento acima dos valores estabelecidos no Guia de Interpretação de Análise de Solo e Foliar. Já os resultados de análises do lodo de esgoto das Estações de Nova Venécia e Pinheiros, indicam que são classificados como Classe B, conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 498/2020, podendo ser destinado no solo. É importante praticar a reciclagem do esgoto tratado e do lodo na agricultura, com critérios, especialmente em regiões do norte do Espírito Santo onde há ocorrência de secas recorrentes, presença de muitas áreas degradadas e solos tropicais que carecem de nutrientes e matéria orgânica.

**Palavras-chave:** Irrigação com esgoto, Lodo de esgoto, Reúso de esgoto doméstico, Recuperação de área degradada.

### Introdução

No norte do Espírito Santo está sendo avaliado o potencial de uso agrícola de esgoto doméstico tratado e lodo. A fertirrigação com esgoto tratado vem sendo realizada há dezesseis meses na implantação de cortina vegetal composta por graxa de estudante (*Hibiscus rosa-sinensi*) e ipê amarelo e roxo (*Handroanthus spp*) na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), localizada no município de Pinheiros. A avaliação está sendo realizada em região com restrição hídrica, onde ocorre em média seis meses secos

(SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, 1999). A Autorização da fertirrigação com esgoto tratado foi emitida pelo Órgão Ambiental, IEMA<sup>1</sup> para o ambiente restrito da ETE de Pinheiros, Nova Venécia, Vinhático, Montanha e Mucurici.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros e limites de qualidade do esgoto tratado para reúso restrito na fertirrigação. Além dos parâmetros e limites de controle de qualidade do esgoto tratado também foi estabelecido que não será permitida a presença de grupos externos quando da realização da irrigação, que a vegetação não deve ser consumida por animais, que a umidade do solo deve ser controlada com equipamento específico e a que irrigação deve ser por meio de micro aspersores.

**Tabela 1** – Parâmetros e limites de qualidade para reúso restrito do esgoto tratado aprovado pelo IEMA

Tratamento (Não especificado) /Parâmetros		Limites – Reúso restrito - fertirrigação
Indicadores de Patógenos	Coliformes Termotolerantes	10 <sup>4</sup> a 10 <sup>6</sup> NMP/100 mL
	Ovos de helmintos	< ou = 1 ovo de helminto/L
Outros parâmetros	RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	(12 mmolL <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>
	Condutividade	< 3.000 µS/cm
	pH	6 a 9
	Cádmio	0,01 mg/L
	Chumbo	0,50 mg/L
	Cromo	0,10 mg/L
	Mercurio	0,01 mg/L

Fonte: IEMA (2021)

A reciclagem de esgoto tratado e do lodo de esgoto está em consonância com o conceito de sustentabilidade, pois quando o reúso é praticado para a fertirrigação, as águas de melhor qualidade ficam disponíveis para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico (TONETTI, 2018) e reduz a aquisição de adubo.

O caráter inovador de reúso do esgoto tratado e do lodo tem como base a diretriz adotada pelo Conselho Econômico e Social da Organização das Nações Unidas – ONU, segundo a qual, a não ser que haja grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deverá ser utilizada em atividades que tolerem águas de qualidade inferior (CNRH RES. N° 54, de 28/11/ 2005).

Os esgotos e os lodos avaliados foram obtidos nas ETEs de Nova Venécia, que é o tipo lodo ativado e a de Pinheiros, que possui reatores anaeróbios, seguidos de lagoas facultativas.

## Material e Métodos

O monitoramento do esgoto tratado está sendo realizado mensalmente na ETE de Pinheiros e Nova Venécia, cujos parâmetros foram definidos pelo IEMA e de acordo com a necessidade operacional/agrícola. A amostragem foi por realizada com 10 subamostras (amostragem composta).

Já análise do solo é realizada trimestralmente na área da cortina vegetal da ETE Pinheiros, onde tem sido praticado a fertirrigação com esgoto tratado. As amostragens estão sendo realizadas de acordo com exigência do IEMA e foram acrescentados parâmetros para melhor controle de possível impacto no solo.

<sup>1</sup> Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Quanto a caracterização do lodo de esgoto da ETE Nova Venécia e Pinheiros foi realizado de acordo com a Resolução de CONAMA 498/2020 e a coleta das amostras foi realizado conforme NBR 10007/2004.

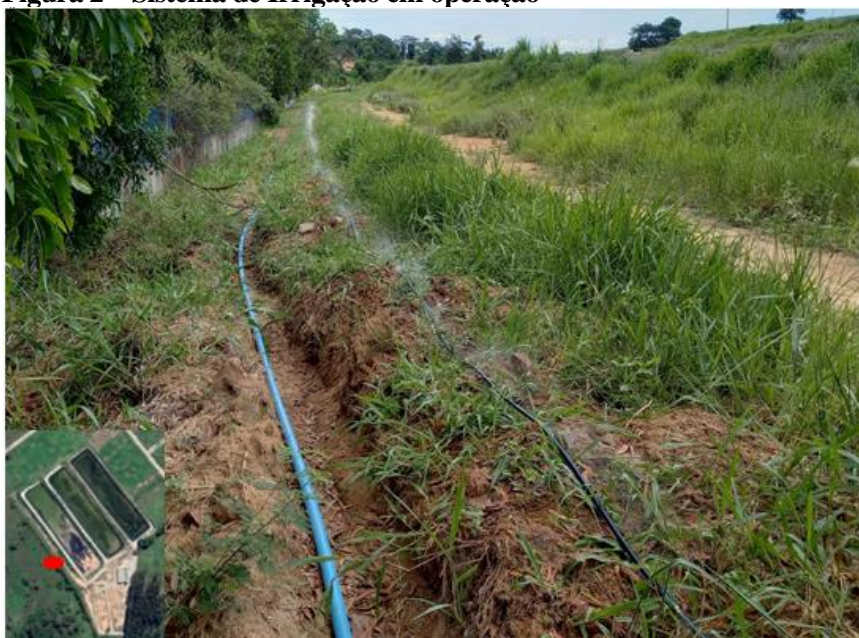
De acordo com a Autorização do IEMA foi instalado Sistema de Irrigação do tipo micro aspersão, conforme Figuras 1 e 2.

**Figura 1-** Croqui de Sistema de Irrigação instalado na ETE Pinheiros



Fonte: elaboração própria a partir de imagem aérea do Google Earth (2019)

**Figura 2 – Sistema de Irrigação em operação**



Fonte: CESAN/2022

Na Figura 3 é apresentado o desenvolvimento de cortina vegetal na ETE Pinheiros, composta por graxa de estudante (*Hibiscus rosa-sinensis*) e Ipê (*Handroanthus spp*), com uso de esgoto na fertirrigação.

**Figura 3 – Fertirrigação em cortina vegetal na ETE Pinheiros**



Fonte: CESAN/2023

## Resultados e Discussão

### Caracterização do esgoto tratado com potencial para uso na agricultura

Na Tabela 2 e 3 são apresentados os resultados do monitoramento do esgoto tratado usado na fertirrigação da cortina vegetal na ETE Pinheiros que se encontra em operação há 16 (dezesesseis meses). O monitoramento mensal do esgoto tratado é uma das ferramentas do gerenciamento operacional da ETE, no entanto, são apresentados a seguir apenas 08 (oito) resultados analíticos. A Tabela 2, além de apresentar os parâmetros E. Coli, Condutividade e pH exigidos pelo IEMA também apresenta os parâmetros de qualidade agrônômica definidos pela CESAN/INCAPER: DBO, cloretos, SST, sódio total, Boro total, bicarbonatos.

**Tabela 2** – Resultados do esgoto tratado da ETE Pinheiros, com dezesseis meses em fertirrigação de cortina vegetal

Data	Hora	DBO	Escherichia coli	Cl	Condutividade	SST	pH	Temperatura	Sódio Total	Boro Total	Bicarbonatos
		mg O <sub>2</sub> /L	NMP/100 mL	mg Cl/L	µS/cm	mg/L		(°C)	mg/L	mg/L	mg/L
		Eflu	Eflu	Eflu	Eflu	Eflu	Eflu	Eflu	Eflu	Eflu	Eflu
23/03/22	16:40	72	6,13E+04	80	551	100	9,0	27	-	-	-
31/05/22	10:45	26	3,87E+04	100	638	14	8,0	25	-	-	-
28/06/22	11:38	36	5,17E+04	-	1278	79	8,1	23	-	-	-
27/07/22	10:30	26	2,46E+03	119	975	25	8,0	23	-	-	-
23/08/22	11:55	57	3,28E+03	121	853	90	9,1	24	56,37	0,050	168
27/09/22	09:45	44	1,00E+02	135	1113	136	8,3	27	80,70	0,179	146
25/10/22	09:52	35	9,34E+02	144	1005	54	7,4	27	42,62	0,680	144
22/11/22	09:50	120	1,66E+05	99	774	66	7,4	27	56,95	<0,0009	115,14 6
<b>Valores de Referência IEMA</b>		-	<b>10<sup>4</sup> a 10<sup>6</sup></b>	-	<b>&lt;3000</b>	-	<b>6 a 8,5</b>	-	-	-	-

**Legenda** Eflu: Efluente = esgoto tratado  
Tipo de amostras: composta

Os resultados analíticos da Tabela 2 mostram que o pH variou de 7,4 a 9,1, que a condutividade variou de 551 a 1.113 µS/cm e que E. coli variou de 10<sup>2</sup> a 10<sup>5</sup>.

A Tabela 3 consolida todos os resultados dos parâmetros exigidos pelo IEMA, ETE Pinheiros, com os valores de referência/padrões estabelecidos através de Autorização Ambiental.

**Tabela 3** – Consolidação dos resultados do esgoto tratado da ETE de Pinheiros, utilizado em fertirrigação de cortina vegetal, com os valores de referência do IEMA.

Parâmetro	Unidade	Valores de referência - IEMA	(23/08/22)	(27/09/22)	(25/10/22)	(22/11/22)
1. Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	<b>10<sup>4</sup> a 10<sup>6</sup></b>	3,28E+03	1,00E+02	9,34E+02	1,66E+05
2. Ovos de helmintos	ovos / L	<b>&lt; ou = 1 ovo/L</b>	<0,25	<0,25	<0,60	< 0,25
3. pH	-	<b>6,0 a 8,5</b>	9,11	8,32	7,37	7,35
4. Cádmio Total	mg/L	<b>0,01</b>	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
5. Chumbo Total	mg/L	<b>0,5</b>	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
6. Cromo Total	mg/L	<b>0,1</b>	0,003	<0,002	<0,002	<0,002
7. Mercúrio Total	mg/L	<b>0,01</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
8. RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	(mmolcL <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	<b>&lt; ou = 12</b>	4,62	5,59	2,67	4,3
9. Condutividade	dS/m	<b>&lt; 3000</b>	853	1113	1005	774

Todos os resultados analíticos do esgoto tratado da ETE Pinheiros, conforme Tabela 2 e 3 são inferiores aos valores estabelecidos pelo IEMA, exceto dois resultados de pH. Os valores de pH superiores a 8,5 estão relacionados com a atividade fotossintética das algas, presentes na lagoa de tratamento do esgoto, que dependem da radiação luminosa, neste caso pode-se prever a realização da irrigação no período noturno.

Além da ETE Pinheiros também foi realizado o monitoramento do esgoto tratado da ETE Nova Venécia, conforme Tabelas 4 e 5, tendo como referência as diretrizes e padrões estabelecidos pelo IEMA e parâmetros de controle de qualidade definidos pela CESAN.

**Tabela 4** – Resultados do esgoto tratado da ETE Nova Venécia, com valores de referência para reúso

Data	Coliformes Termotolerantes	Ovos de helmintos	pH	Cádmio Total	Chumbo Total	Cromo Total	Mercúrio Total	RAS (Razão de Adsorção de Sódio)	Condutividade
	NMP/100 ml	ovos / L	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	(mmolcL <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	dS/m
23/08/2022	3,76E+04	<0,25	7,24	0,003	<0,008	0,002	<0,0001	6,18	794
27/09/2022	>241920	<0,25	8,1	<0,001	<0,008	<0,002	<0,0001	6,98	838
25/10/2022	4,88E+05	0,40	7,3	<0,001	<0,008	<0,002	<0,0001	3,09	571
22/11/2022	-	<0,25	7,1	<0,001	<0,008	<0,002	<0,0001	5,54	515
27/12/2023	4,32E+04	<0,25	6,9	<0,001	<0,008	<0,002	<0,0001	2,90	309
Valores de referência IEMA	<b>10<sup>4</sup> a 10<sup>6</sup></b>	<b>&lt; ou = 1 ovo/L</b>	<b>6 a 8,5</b>	<b>0,01</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,01</b>	<b>&lt; ou = 12</b>	<b>&lt; 3000</b>
<b>OBS:</b>	Amostragem composta								

**Tabela 5** – Parâmetros de controle da qualidade do esgoto tratado da ETE Nova Venécia

Data	DBO	Cl	SST	Temperatura	Sódio Total	Boro Total	Bicarbonatos
	mg O <sub>2</sub> /L	mg Cl/L	mg/L	°C	mg/L	mg/L	mg/L
23/08/22	13	102	6	24	62,64	0,018	65,84
27/09/22	7	114	11	27	74,1	0,163	80,47
25/10/22	19	72	7	25	20,14	<0,0009	37,43
22/11/22	17	59	6	26	57,48	<0,0009	58,16
27/12/22	16	44	15	24	34,42	0,0189	26,46
<b>OBS:</b>	Amostragem composta						

Todos os resultados analíticos do esgoto da ETE Nova Venécia, conforme Tabela 4 e 5 são inferiores aos valores estabelecidos pelo IEMA. A ausência do resultado E. coli no dia 22/11/2022 ocorreu devido à problema de ordem técnica.

### Caracterização do lodo de esgoto com potencial para uso na agricultura

Na Tabela 6 encontram-se transcritos os resultados de caracterização no lodo de esgoto da ETE Nova Venécia e Pinheiros. Os resultados obtidos atendem as exigências da Resolução Conama 498/2020 demonstrando seu potencial para uso no solo. No entanto, ainda não foi instalado projeto piloto.

**Tabela 6** – Caracterização dos lodos das ETES Nova Venécia e Pinheiros

PARÂMETROS	UNIDADES	ETE PINHEIROS		ETE NOVA VENÉCIA		Resolução CONAMA 498/2020 - CLASSE B
		23/08/2022	25/10/2022	23/08/2022	25/10/2022	
Escherichia coli	NMP/g de ST	2,0E+02	1,6E+06	2,4E+06	1,6E+06	1X10 <sup>6</sup>
Ovos viáveis de helmintos	n° ovo / g de ST	1,0	3,0	1	<0,25	-
Arsênio	mg/kg	2,32	<0,05	<0,05	<0,05	75
Bário	mg/kg	178,0	125,0	<0,5	155	1300
Cádmio	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	85
Chumbo	mg/kg	38,5	<0,5	<0,5	<0,5	840
Cobre	mg/kg	94,30	45,00	<0,05	52	4.300
Cromo	mg/kg	16,6	<0,5	<0,5	<0,50	3000
Mercúrio	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	57
Molibdênio	mg/kg	<0,50	<0,50	<0,5	<0,5	75
Níquel	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	420
Selênio	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	100
Zinco	mg/kg	426	300	<0,5	390	7.500
Carbono orgânico total	%	11	26,80	40	35,5	-
Fósforo total	mg/kg	9.210,0	6000	<0,5	9000	-
Nitrogênio Kjeldahl	mg/kg	11.107,4	36.688,5	41.770,0	33.157,9	-
Nitrogênio amoniacal	mg/kg	<10,00	65,30	92,8	182	-
Nitrato	mg/kg	1,0	< 0,23	<1,0	<0,23	-
Nitrito	mg/kg	<0,10	0,13	0,29	<0,1	-
pH em água	(1:10)	5,92	7,19	6,47	7,42	-
Potássio total	mg/kg	3.410,0	3.000,0	6,1	2900	-
Sódio total	mg/kg	1.210,0	1.200,0	10,8	990,0	-
Enxofre total	mg/kg	7.380,0	5.000,0	<5,0	8.500,0	-
Cálcio total	mg/kg	13.000,0	7.000,0	14,3	9.000,0	-
Magnésio total	mg/kg	4.010,0	4.000,0	<5	3.500,0	-
Umidade	%	3,89	35,80	6,99	36,5	-
Sólidos totais	mg/kg	968.009,0	621.535,0	898.125,0	629.883,0	-
Sólidos totais voláteis	mg/kg	161.273,0	245.941,0	525.071,0	372.447,0	-
Sólidos voláteis e totais	-	0,2	0,4	0,6	0,6	0,65

## Monitoramento do solo com fertirrigação em cortina vegetal

Na Tabela 7 são apresentados os resultados de quatro amostras compostas, obtidas a partir de dez amostras simples no local onde encontra-se plantada a cortina vegetal, na ETE Pinheiros e onde usou-se esgoto tratado na fertirrigação. Cabe esclarecer que o solo sob monitoramento foi formado após terraplanagem e aterro, durante a execução da obra de construção da ETE. Conforme Cunha (2016) o solo em estudo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVAd4) no entanto verifica-se na prática que o solo sob monitoramento é heterogêneo em função da execução de terraplanagem e aterro, durante construção da ETE.

**Tabela 7-** Resultado das análises químicas do solo onde foi utilizado o esgoto tratado para fertirrigação de cortina vegetal na ETE Pinheiros (antes e após a fertirrigação)

Parâmetro Analisado	Unidade	Resultado da análise				Valores <sup>11</sup> considerados altos ou bons
		Antes da fertirrigação (Amostra 1)	Solo sem fertirrigação (Amostra 2)	Solo com fertirrigação (Amostra 3)	Solo com fertirrigação (Amostra 4)	
		02/03/2022	24/08/2022	20/05/2022	24/08/2022	
Fósforo Mehlich 1/	mg/dm <sup>3</sup>	3	3	11	8	>20
Fósforo Remanescente 2/	mg/L	-	-	-	-	-
Fósforo Resina	mg/dm <sup>3</sup>	-	-	-	-	-
Potássio (K) 1/	mg/dm <sup>3</sup>	47	82	66	73	>150
Enxofre (S) 3/	mg/dm <sup>3</sup>	-	14	9	7	>10
Cálcio (Ca) 4/	cmol c/dm <sup>3</sup>	1,8	2,2	1,9	2,0	>4,0
Magnésio (Mg) 4/	cmol c/dm <sup>3</sup>	0,4	0,4	0,5	0,5	>1,0
Alumínio (Al) 4/	cmol c/dm <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	>1,0
H+Al 5/	cmol c/dm <sup>3</sup>	1,4	1,0	1,4	1,3	>5,0
pH em H <sub>2</sub> O 6/	-	6,7	7,2	6,5	6,8	>6,9
Matéria Orgânica 8/	dag/kg	1,5	-	1,7	-	>3,0
Ferro (Fe) 1/	mg/dm <sup>3</sup>	-	103,0	64,0	73,0	>200
Zinco (Zn) 1/	mg/dm <sup>3</sup>	-	1,4	2,2	2,4	>40
Cobre (Cu) 1/	mg/dm <sup>3</sup>	-	0,2	0,2	0,4	>20
Manganês (Mn) 1/	mg/dm <sup>3</sup>	-	29,1	46,9	68,9	>130
Boro (B) 9/	mg/dm <sup>3</sup>	-	0,16	0,18	0,20	>0,9
Sódio (Na) 1/	mg/dm <sup>3</sup>	6,0	40,0	61,0	96,0	>80
Relação Ca/Mg	-	4,5	5,5	3,8	4,0	>4:1
Relação Ca/K	-	14,9	10,5	11,2	10,7	>15:1
Relação Mg/K	-	3,3	1,9	3,0	2,7	>5:1
Sat. Ca na CTC (T)	%	48,4	57,7	47,9	50,2	>65
Sat. Mg na CTC (T)	%	10,8	10,5	12,6	12,5	>15
Sat. K na CTC (T)	%	3,2	5,5	4,3	4,7	>5
Índice saturação Na	%	0,7	4,6	6,7	10,5	>20
Soma de Bases (SB)	cmol c/dm <sup>3</sup>	2,3	3,0	2,8	3,1	>5
CTC efetiva (t)	cmol c/dm <sup>3</sup>	2,3	3,0	2,8	3,1	>6
CTC a pH 7,0 (T)	cmol c/dm <sup>3</sup>	3,7	4,0	4,2	4,4	>10
Sat. Alumínio (m)	%	0	0	0	0	>60
Saturação de bases	%	62,6	74,9	66,9	70,5	>90

Fonte:

1/ Extração: HCl 0,05 mol/L + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol/L

2/ P na solução de equilíbrio, obtido com CaCl<sub>2</sub> 10mm/L

3/ Extração: Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,01 mol/L

4/ Extração: KCl 1mol/L

5/ Solução Tampão SMP



6/ pH em H<sub>2</sub>O 1:2,5

7/ pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol/L

8/ Oxidação: Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 2H<sub>2</sub>O + 4 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 mol/L

9/ Extração: BaCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O, 125%

10/ Extração: H<sub>2</sub>O 1:5

- Análise não solicitada

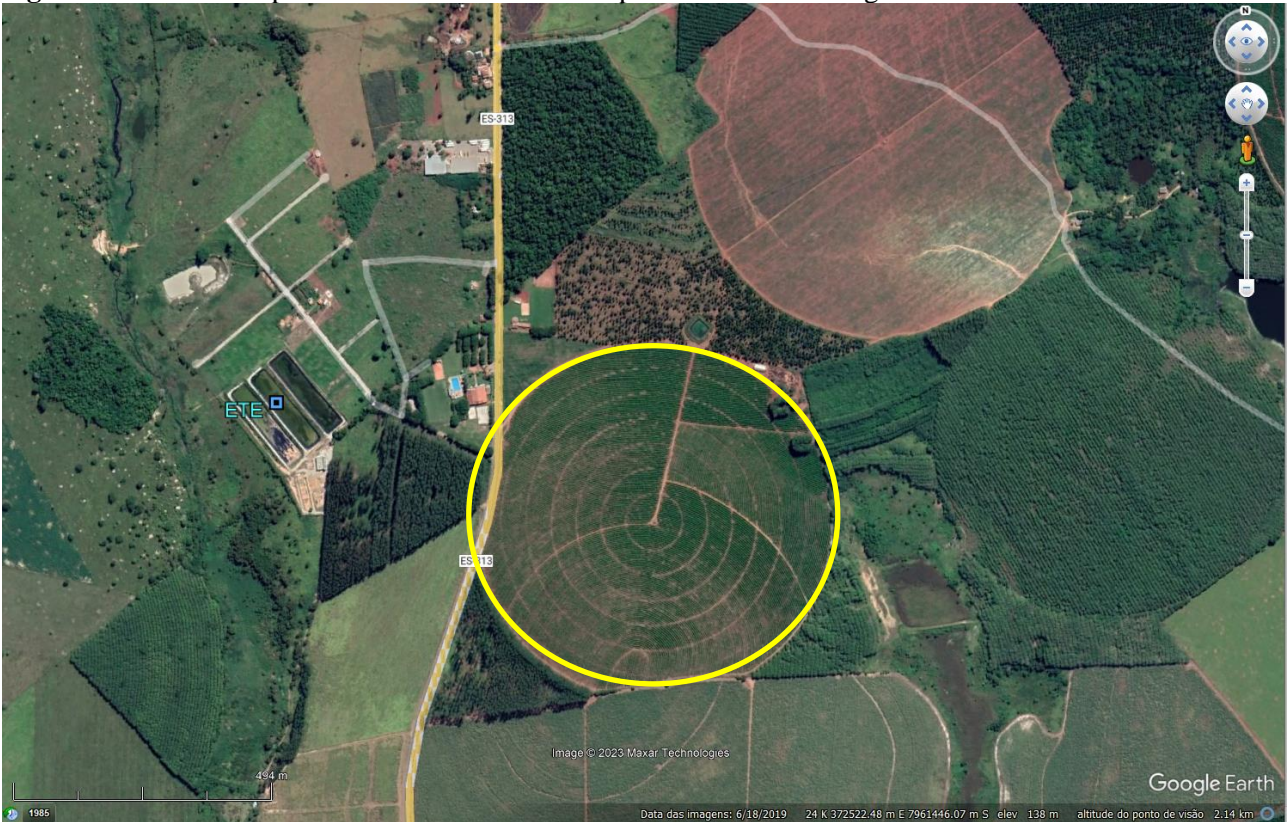
11/ Informações baseadas nos Manuais de Recomendação de Adubação dos Estados do Espírito Santo (2001, 2007), Minas Gerais (1999) e São Paulo (1996), além de informações desenvolvidas pelos Profissionais do Laboratório de Análise de Solos FULLIN

Em relação ao solo analisado de maneira geral, os valores de todos os parâmetros químicos avaliados ficaram abaixo dos valores classificados como bons ou altos, apresentados na Tabela 6 e de acordo com o Guia de interpretação de análise de solo e foliar (PREZOTI e GUARÇONI, 2013). Parâmetros ligados à acidez do solo, como Al<sup>3+</sup> ou H+Al, são considerados altos se ultrapassam determinado limite.

Por outro lado, teores de nutrientes como fósforo ou potássio, dificilmente podem ser considerados como altos ou muito altos, sendo a interpretação adequada caracterizá-los como bons ou muito bons, caso ultrapassem o limite estabelecido. Importante ressaltar que essas tabelas são destinadas à avaliação da fertilidade do solo, e não têm relação com possíveis contaminações. O efeito de supressão na produtividade geralmente não é atingido quando os valores tabelados são atingidos ou até mesmo ultrapassados. Os valores tabelados indicam apenas que, se os teores no solo são iguais ou superiores a eles, não adianta mais adubar, pois não haverá resposta em produção. De qualquer forma, as análises demonstram que a fertirrigação com o esgoto tratado, quando não melhorou as características químicas do solo, não proporcionou incremento acima dos valores tabelados. Importante ressaltar que o solo antes da aplicação da fertirrigação (Amostra 1) ou em área contígua que não recebeu fertirrigação (Amostra 2), já apresentava valores mais elevados de pH, enxofre ou ferro, por exemplo, e que a fertirrigação com o esgoto reduziu esses valores. O único acréscimo nos valores dos parâmetros, causado pela fertirrigação com o esgoto tratado, e digno de nota, diz respeito ao elemento sódio. Realmente, para a amostra 4 o valor encontrado ficou um pouco acima do limite estabelecido. Contudo, o teor de sódio é um parâmetro **que não deve ser** analisado isoladamente. Apenas quando avaliado em conjunto com a condutividade elétrica pode indicar se está ocorrendo realmente uma salinização do solo ou não. Ademais, em todas as amostras, o índice de saturação por sódio ficou abaixo do estipulado como limite superior, indicando que dificilmente estaria ocorrendo alguma salinização. Mesmo assim, caso isso **aconteça** uma aplicação de água pura, **isenta de contaminação**, via irrigação irá reduzir o teor de sódio, lixiviando o elemento para camadas mais profundas ou mesmo aquíferos, que no ciclo hidrológico natural o carregam para o mar, que é salgado exatamente por ocorrer esse evento na natureza. Vale ressaltar que o sódio não é um elemento tóxico ou cancerígeno, visto que o consumimos diariamente em diversos alimentos. Apenas quando causa salinidade no solo é que se instala o **problema porque pode afetar o desenvolvimento da planta**.

A Figura 4 e 5 ilustram a possibilidade de multiplicação da iniciativa com uso potencial de esgoto na irrigação de no mínimo 30 hectares de lavouras de café conilon existentes no entorno da ETE Pinheiros e Nova Venécia.

**Figura 4** – Mostra área próxima a ETE Pinheiros com potencial de uso de esgoto tratado



Fonte: elaboração própria a partir de imagem aérea do Google Earth (2019)

**Figura 5** – Mostra área próxima a ETE Nova Venécia com potencial de uso de esgoto tratado



Fonte: elaboração própria a partir de imagem aérea do Google Earth (2021)

## Conclusão

Todos os resultados de análises realizadas do esgoto da Estação de Tratamento de Pinheiros e Nova Venécia atendem aos valores de referência estabelecidos para reúso do esgoto tratado e em fertirrigação em área restrita, respectivamente Tabelas 2 e 3, 4 e 5, exceto dois resultados de pH obtidos no esgoto tratado da ETE Pinheiros que é proveniente de lagoa facultativa. Quando da ocorrência de pH superiores a 8,5 pode-se prever a realização da irrigação no período noturno.

Os resultados das análises do solo de Pinheiros demonstram que a fertirrigação com o esgoto tratado há dezesseis meses, quando não melhorou as características químicas do solo, não proporcionou incremento acima dos valores estabelecidos no Guia de interpretação de análise de solo e foliar (PREZOTTI e GUARÇONI, 2013).

Já os resultados de análises do lodo de esgoto das Estações de Nova Venécia e Pinheiros, indicam que são classificados como Classe B, conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 498/2020, podendo ser destinado no solo.

Para alcançar sustentabilidade é necessário praticar a reciclagem do esgoto tratado e do lodo na agricultura, com critérios, especialmente em regiões do norte do Espírito Santo onde há ocorrência de secas recorrentes e os solos tropicais carecem de nutrientes e matéria orgânica. A experiência demonstra que o incremento da reciclagem do esgoto e do lodo na agricultura será alcançado com a participação da sociedade, Órgãos Ambientais, Prefeitura, Incaper, Cesan, dentre outros.

## Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10007**: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro-RJ, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 498, de 19 de agosto de 2020. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 de agosto de 2020.

CUNHA, A. M. et al. Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo e implementação de interface no GEOBASES para uso dos dados em SIG. Revista Geografares UFES, [S.L.], n. 23, p. 32 a 65, dez. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/30205/170>>. Acesso em: 05 maio 2023.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. Guia de interpretação de análise de solo e foliar. Vitória, ES: Incaper, 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO. Zonas naturais do Espírito Santo: uma regionalização do Estado, das microrregiões e dos municípios. 1999. Disponível em: <<https://meteorologia.incaper.es.gov.br/Media/Hidrometeorologia/documentos/clima-dos-municipios.pdf#page=92>>. Acesso em: 05 maio 2023.

TONETTI, A. L. et al. Soluções para a disposição final do esgoto tratado. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas: UNICAMP, 2018. p. 122-124. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Dom%C3%A9sticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepdf-compressed.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2023.