



Universidade de Cabo verde

Departamento de Engenharias e Ciências do Mar – DECM

Curso de Bacharelato em Biologia Marinha e Pescas

Avaliação microbiológica e físico-química de água residual tratada para uso agrícola em São Vicente

Hirondina Sofia Lopes Évora

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelato em Biologia
Marinha e Pescas

Introdução

A água é um bem essencial que começa a escassear à escala global. O contínuo crescimento das necessidades aquíferas que se observa é determinado principalmente pelo crescimento populacional, pela urbanização crescente e pelo desenvolvimento industrial (Marecos *et al.*, 2007).

Esta situação resulta em grave consequências não só ambientais, como também sociais e económicas. Têm, por isso, vindo a ser estudadas, um pouco por todo o Mundo, origens de água alternativas, tais como, a reutilização de águas residuais e a dessalinização, que contribuirão para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos.

A situação dos recursos hídricos em Cabo Verde, mais precisamente de São Vicente, impõem a necessidade da utilização das águas residuais urbanas tratadas na agricultura, **fazendo com que este estudo seja de importante relevância**, deixando que a água potável, proveniente da dessalinização, fique apenas para o consumo da população em geral.

Introdução

Devido ao facto de não existir em Cabo Verde uma legislação própria à rega com água residual, este trabalho baseia-se na Norma Portuguesa NP 4434-2005 sobre Reutilização de Águas Residuais Urbanas na Rega.

Esta estabelece os requisitos de qualidade das águas residuais urbanas tratadas a utilizar como água de rega.

Adicionalmente define os critérios a seguir na escolha dos processos e equipamentos de rega a usar e estabelece ainda os procedimentos a adoptar na execução das regas e na protecção e monitorização ambiental.

A qualidade da água a utilizar deve satisfazer as exigências impostas pela legislação em vigor (Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto) relativamente às características físicas, químicas e microbiológicas das águas da rega, e ser adequada à cultura regada e aos processos e equipamentos de rega utilizados, e também, as directrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Objetivos

Objectivo Geral

- Avaliação microbiológica e físico – química de água residual para uso agrícola em São Vicente.

Objectivo Específicos

- Determinar o teor médio de Coliformes Totais e Fecais.
- Determinar os parâmetros físico-químicos :
 - pH, temperatura e condutividade.
 - Sólidos sedimentáveis, suspensos e totais dissolvidos.
 - Macronutrientes Ca^{2+} , P, F^- , Mg^{2+} , N, O_2 e K^+ .
 - Micronutrientes Al^{3+} , Cu^{2+} , Cl_2 Livre, Cl_2 Total, Fe^{3+} , Ni^{2+} , Na^+ e Zn^{2+} .

Objetivos

- Metais Tóxicos Cd^{2+} , Pb^{2+} e Cr^{3+}
- Compostos Azotados NH_4^+ , NO_3^- e NO_2^-
- Constituintes Não Metálicos Inorgânicos CN^- , Cl^- e SO_4^{2-}
- Constituinte de Agregados Orgânicos DQO
- Ácido Fenol

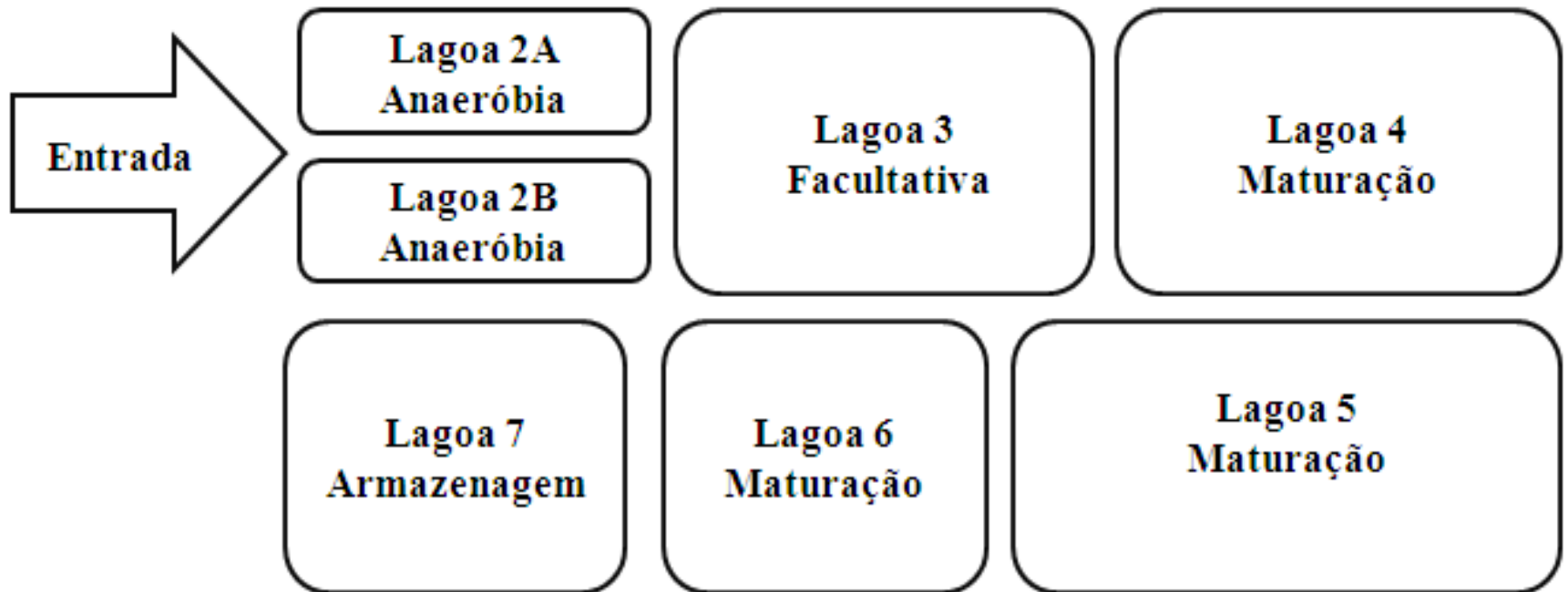
MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo – ETAR – São Vicente

A Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Ribeira de Vinha, propriedade da Câmara Municipal de São Vicente, está em funcionamento desde de 1987, e tem como objectivo principal a reutilização das águas tratadas na agricultura evitando assim a poluição da água do mar e outros.



Caracterização da área de estudo – ETAR – São Vicente



Lagoa	Profundidade (m)	Área de Superfície (m ²)	Volume (m ³)
Anaeróbio (1)	2,5	1,700	3,300
Anaeróbio (2)	2,5	1,700	3,300
Facultativo (3)	1,5	7,100	9,400
Maturação (4)	1,5	7,100	9,400
Maturação (5)	1,0	12,800	12,200
Maturação (6)	1,0	9,250	8,700
Armazenagem (7)	1,5	3,200	4,100
Total		42,850	50,400

A ETAR ...

- Tem uma capacidade de armazenagem de 50400m³
- Tratar 2250 m³/dia de afluente
- Retenção de 23 dias
- Caudal diário de 3000 a 3200 m³ (1997)

Com o efluente ...

- Campo agrícola (50ha)
- 6 reservatórios de armazenagem (300 m³)
- Cultivo de alguns tubérculos, milho e fruteiras
- Cerca de 1/5
 - ✓ rega dos parques
 - ✓ jardins da cidade
 - ✓ reflorestação

Recolha de amostras

Amostras Microbiológicas

8 amostras (quinzenais) = 40 amostras

Amostras Físico – Químicas

80 amostras de água (diárias) = 400 amostras



Esterilização do material

Material de vidro

à 121°C

15 minutos

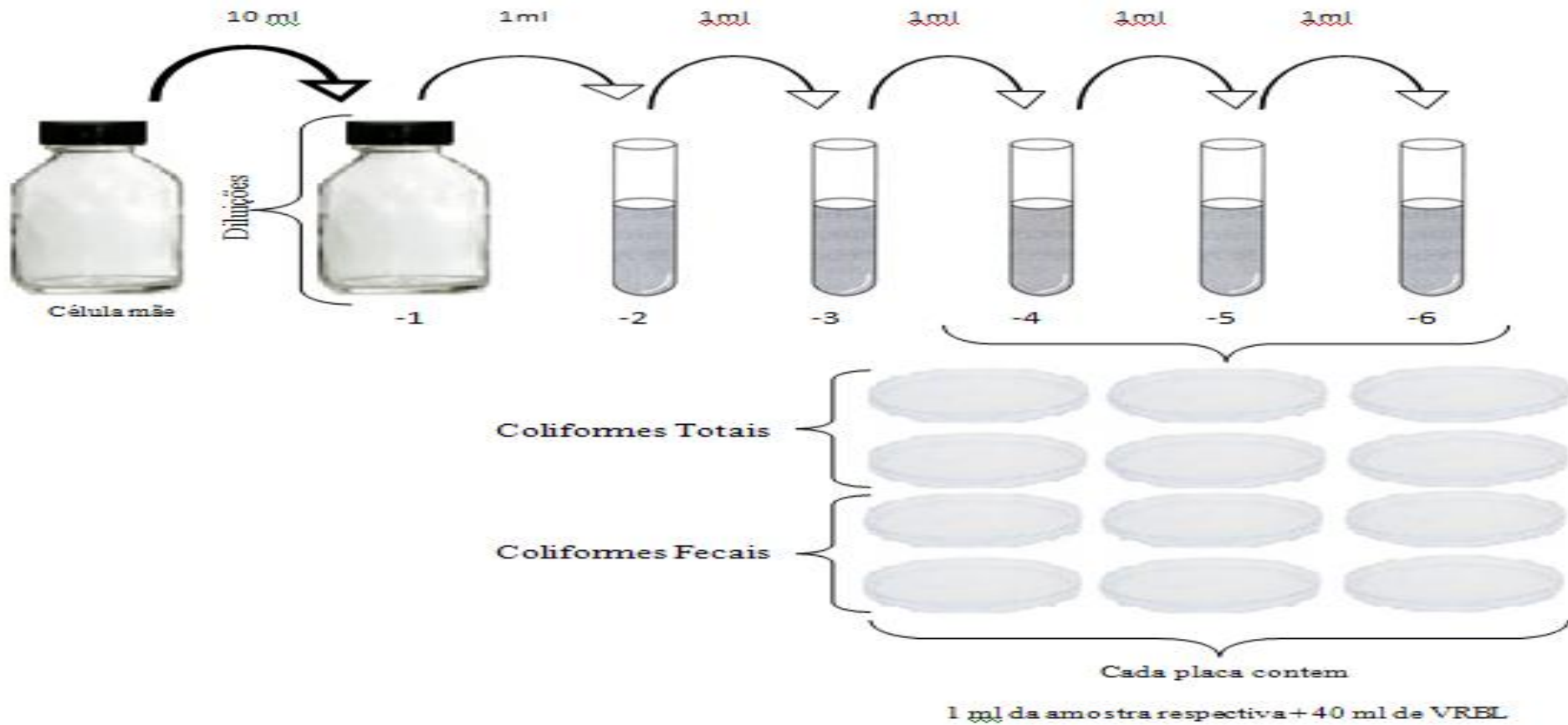
Sala de microbiologia

Radiação ultravioleta

15 minutos



Metodologia dos Parâmetros Microbiológicos



Diluições	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 6
Entrada	X	X	X	X	X	X
Lagoa 2	X	X	X	X	X	X
Lagoa 3	X	X	X	X	X	X
Lagoa 5	X	X	X	X		
Lagoa 7	X	X	X			

Metodologia dos Parâmetros Físico – Químicos

Análises Diárias

- pH
- Temperatura
- Condutividade
- Sólidos totais dissolvidos



Análises Quinzenais

- Metodologia dos kits
- Exceção dos cloretos (método de Mohr)
- Sólidos suspensos
- Sólidos sedimentáveis

Análise Estatística

- Média aritmética
- Desvio padrão
- Erro padrão
- Análise de variância (ANOVA)

✓ $H_0 \rightarrow$ não existência de variabilidade

$(\mu \text{ Ent.} = \mu \text{ Lag.2} = \mu \text{ Lag. 3} = \mu \text{ Lag. 5} = \mu \text{ Lag. 7})$

✓ $H_1 \rightarrow$ existência de variabilidade

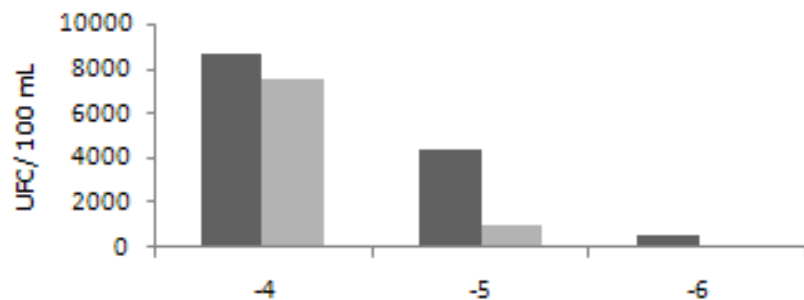
$(\mu \text{ Ent.} \neq \mu \text{ Lag.2} \neq \mu \text{ Lag. 3} \neq \mu \text{ Lag. 5} \neq \mu \text{ Lag. 7})$

Nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$)

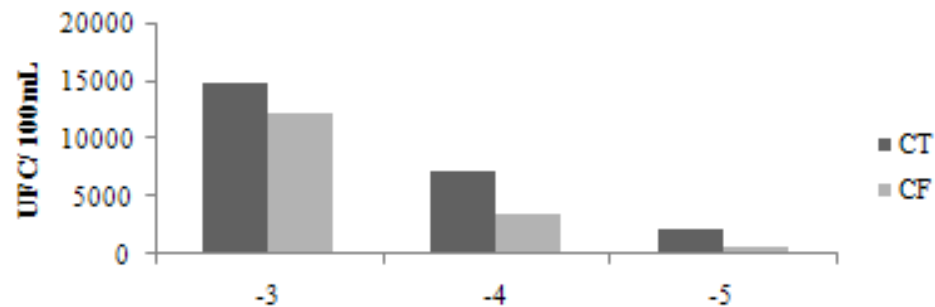
Análise e Discussão dos Resultados

Parâmetros Microbiológicos

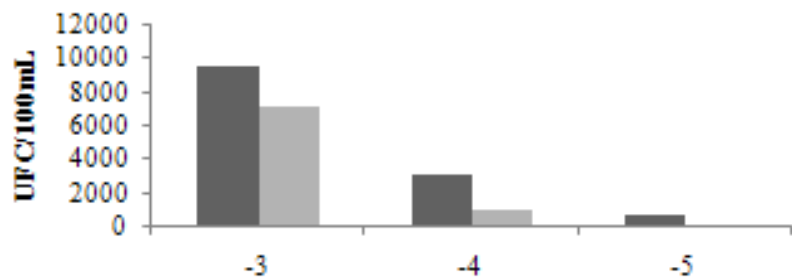
Entrada



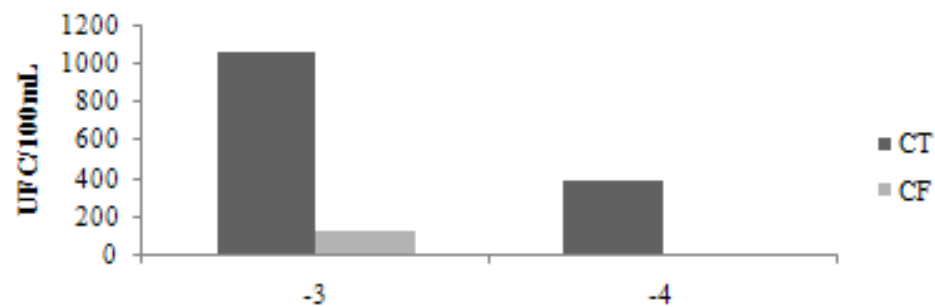
Lagoa 2



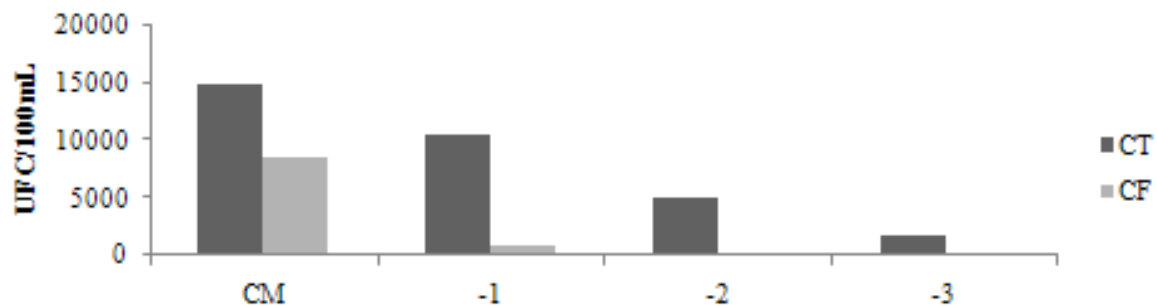
Lagoa 3



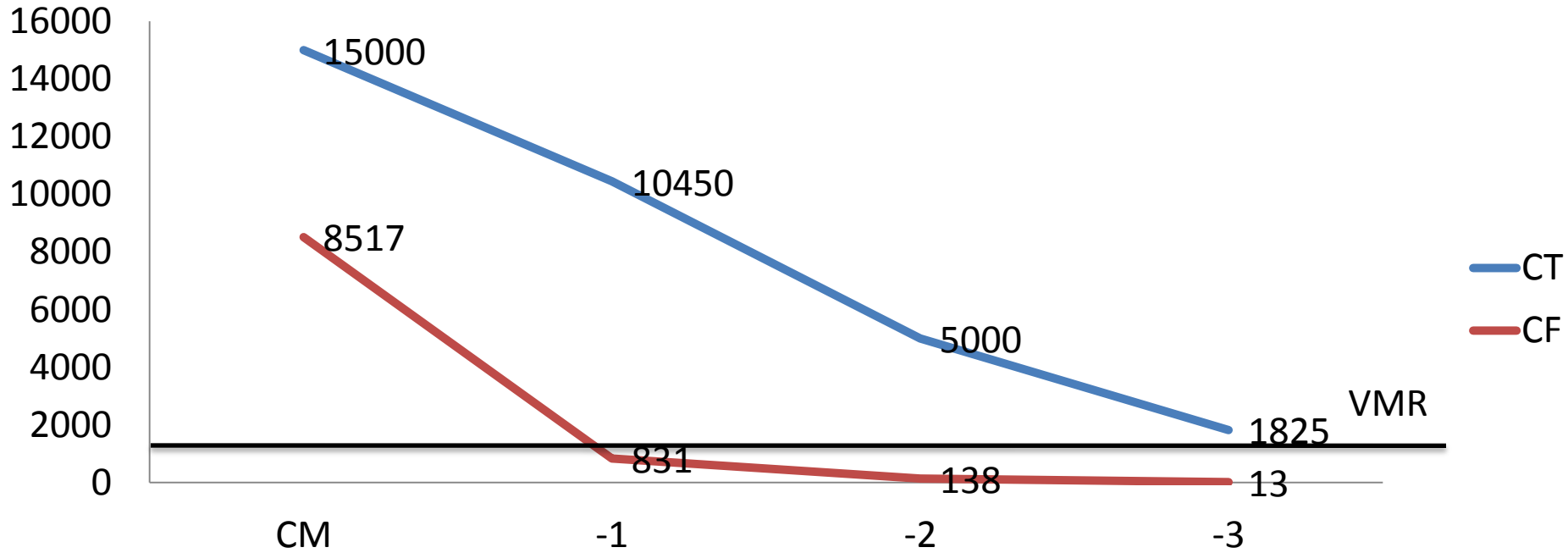
Lagoa 5



Lagoa 7



Parâmetros Microbiológicos



Parâmetros Físico – Químicos

Parâmetros Físicos

	pH (Escala de Sorensen)	Temperatura (°C)	Condutividade (mS cm⁻¹)
Entrada	7,81	26	4,15
Lagoa 2	7,36	25	4,46
Lagoa 3	7,84	24	4,76
Lagoa 5	7,92	24	4,06
Lagoa 7	7,80	24	3,98
Legislação	[6,8]	-	-

pH \pm 8

Evitando sérios problemas de nutrição

Toxicidade para as plantas

Corrosões nos sistemas de irrigação

Salinidade

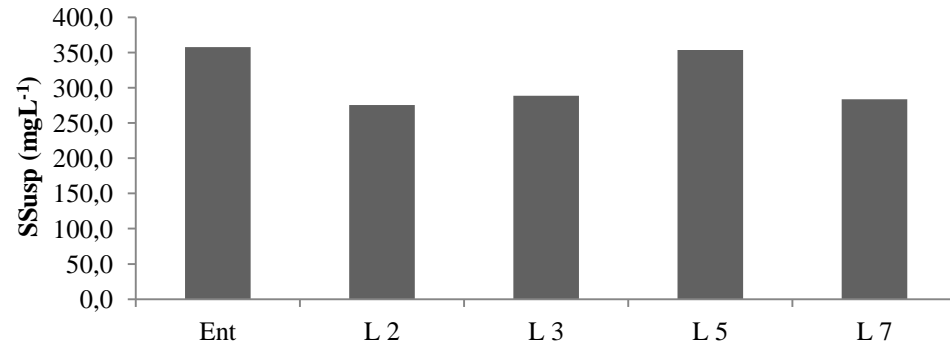
Considerada moderada/elevada

Condutividade eléctrica de 3,980 mS cm⁻¹

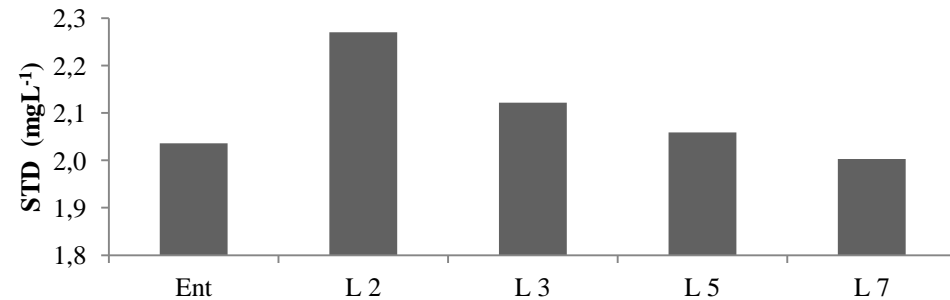
Moderada restrição ao uso na agricultura

Sólidos

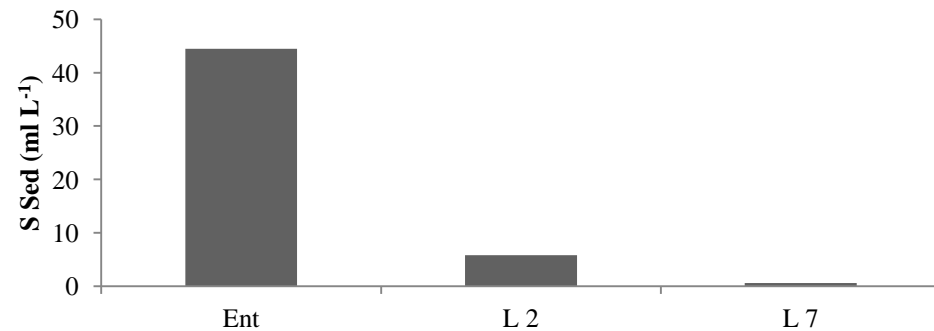
- Elevados
- $275,4 \text{ mgL}^{-1}$ a $357,8 \text{ mgL}^{-1}$
- Valor médio de $311,8 \text{ mgL}^{-1}$
- Servem de abrigo para microrganismos



- Valores mínimos (2 mgL^{-1})
- 640 mgL^{-1} (Decreto lei 236/98)



- Os teores médios diminuem
- Valores mínimos na Lagoa 7



Macronutrientes

➤ Segundo Erthal (2010)

✓ Cálcio ($105,38 \pm 9,26 \text{ mgL}^{-1}$)

✓ Magnésio ($56,17 \pm 3,58 \text{ mgL}^{-1}$)

✓ Azoto ($113,75 \pm 17,51 \text{ mgL}^{-1}$)

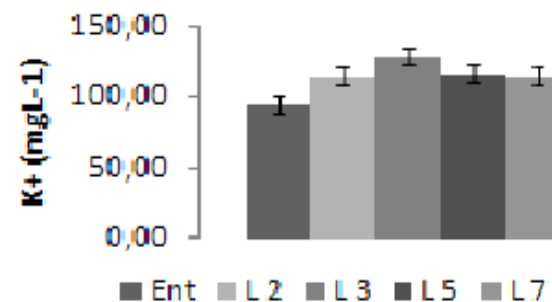
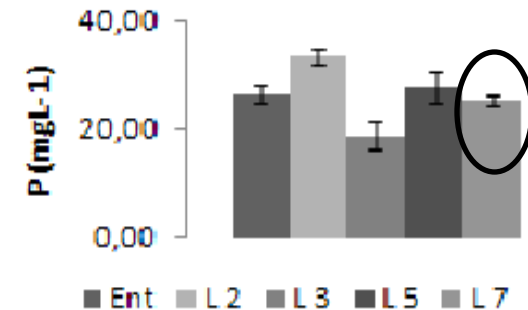
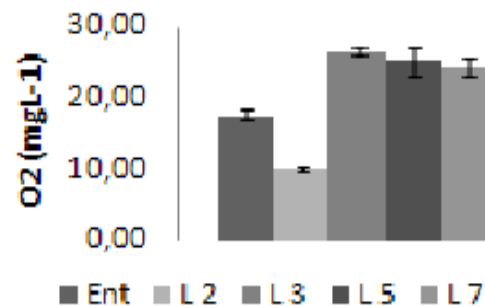
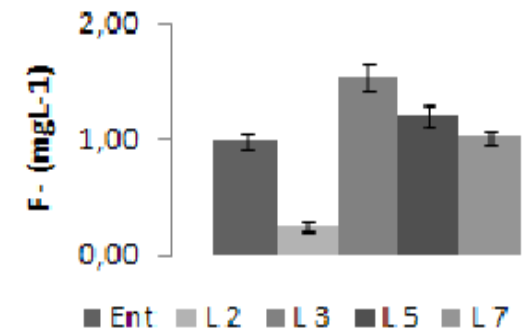
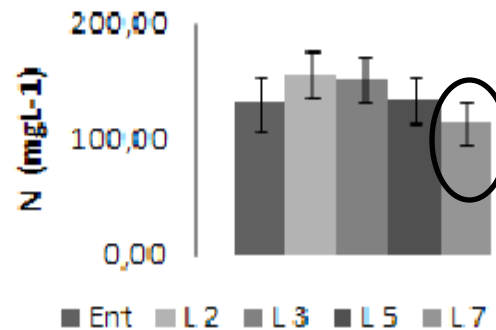
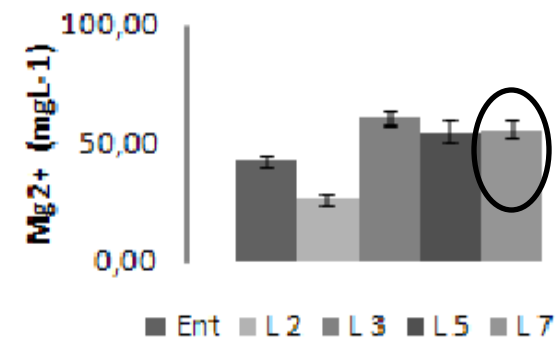
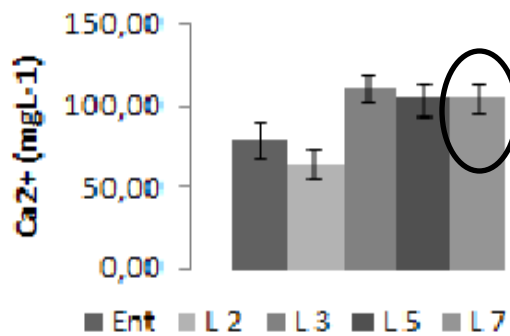
✓ Fósforo ($25,75 \pm 1,00 \text{ mgL}^{-1}$)

Valor nutritivo importante
para a rega

Contribuírem para
contaminar o meio ambiente

Promove o restabelecimento de
nutrientes no solo

Numa reserva de fertilizantes, os quais
possuem importância económica na produção
de culturas



Macronutrientes

Fluoreto ($1,03 \pm 17,51 \text{ mgL}^{-1}$)

Acima da média estabelecida
pela legislação vigente (Decreto
Lei n.º 236/98) que é de $1,00$
 mgL^{-1} .

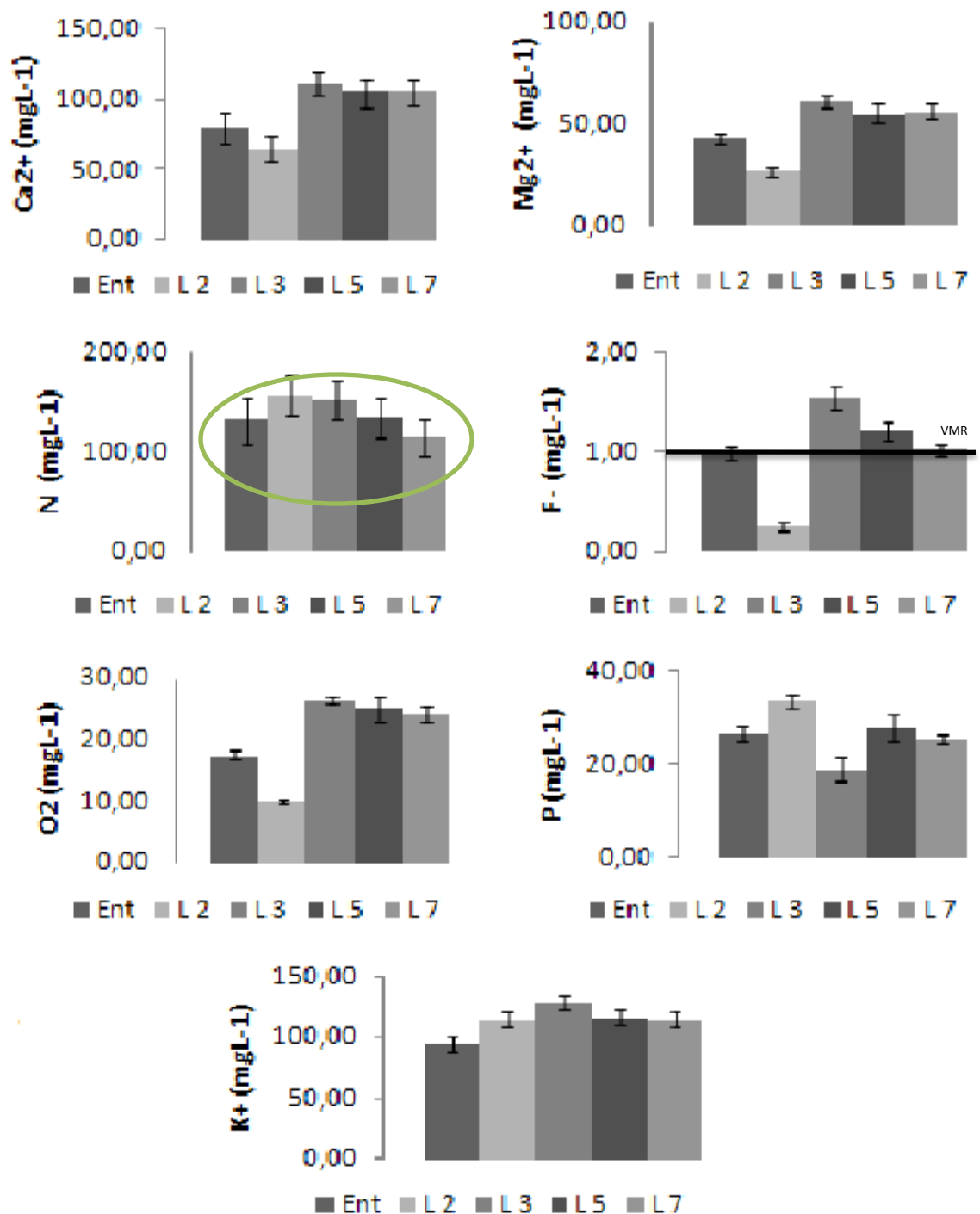
Estatisticamente...

Azoto

Não possui diferenças
significativas

Não acontece com os restantes

Há variabilidade



Micronutrientes

- Cobre ($2,87 \pm 0,32 \text{ mgL}^{-1}$)

VMR = $0,2 \text{ mgL}^{-1}$

VMA = 5 mgL^{-1}

- Níquel ($5,07 \pm 0,22 \text{ mgL}^{-1}$)

VMR = 5 mgL^{-1}

VMA = 20 mgL^{-1}

- Ferro ($4,45 \pm 0,67 \text{ mgL}^{-1}$)

VMR = $0,5 \text{ mgL}^{-1}$

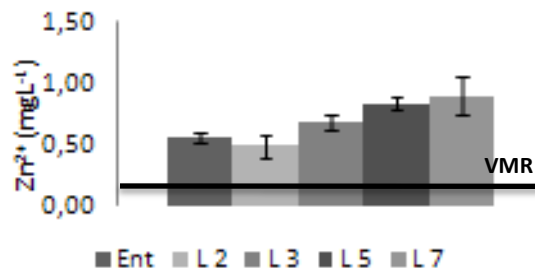
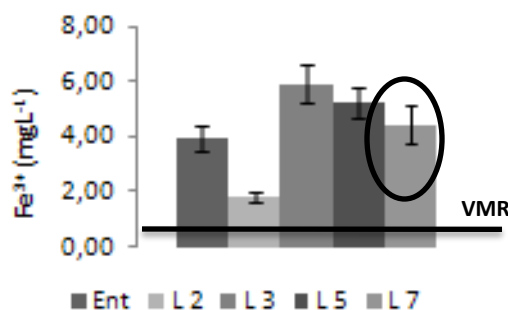
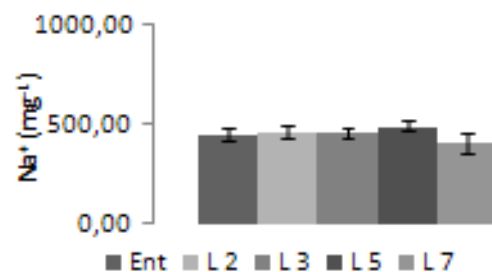
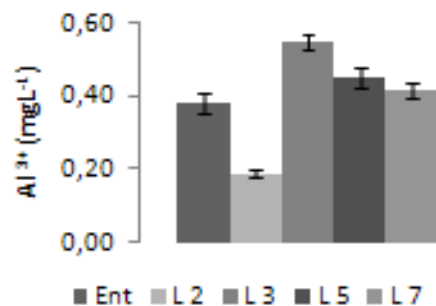
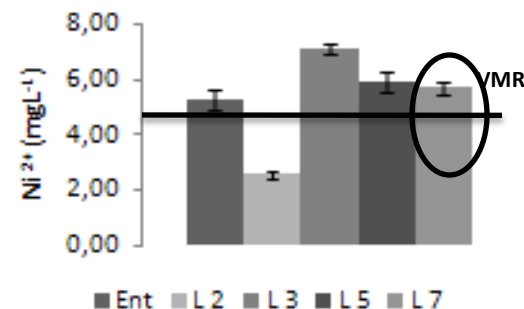
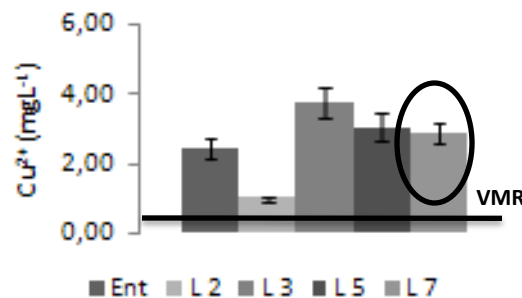
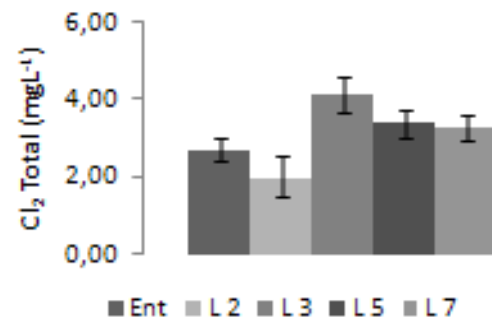
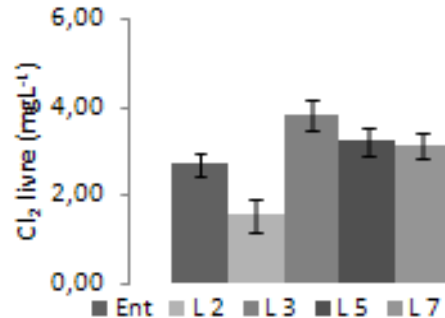
Apresentam variabilidade

($p < 0,0001$)

- Zinco ($0,90 \pm 0,16 \text{ mgL}^{-1}$)

VMR = 2 mgL^{-1}

Ocorre variabilidade ($P > 0,001$)



Micronutrientes

➤ Cloro livre ($3,12 \pm 0,28$) mgL^{-1})

➤ Cloro total ($3,28 \pm 0,32$) mgL^{-1})

➤ Alumínio ($0,42 \pm 0,02$) mgL^{-1})

Apresentam variabilidade

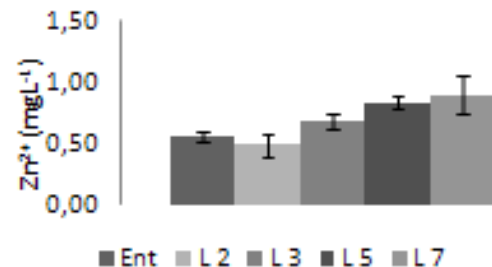
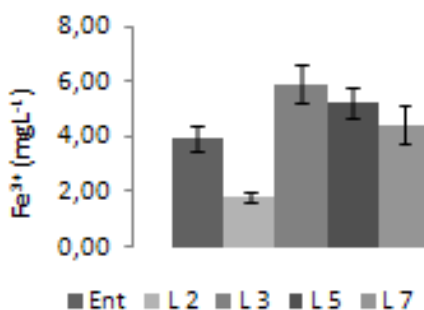
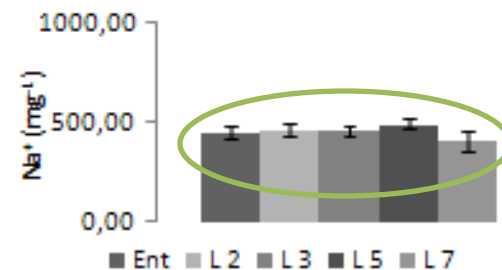
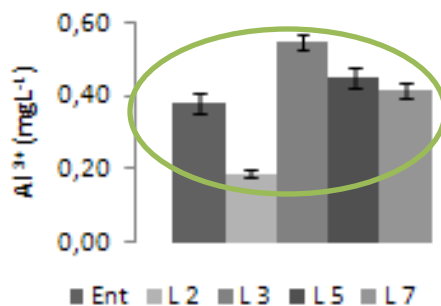
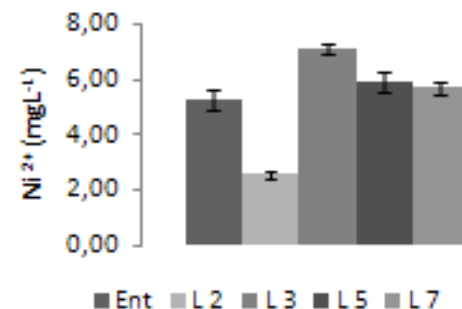
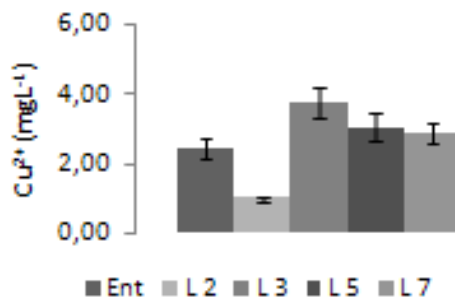
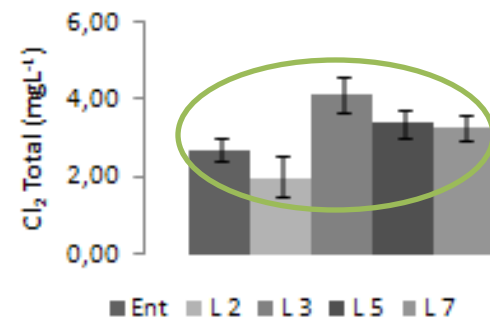
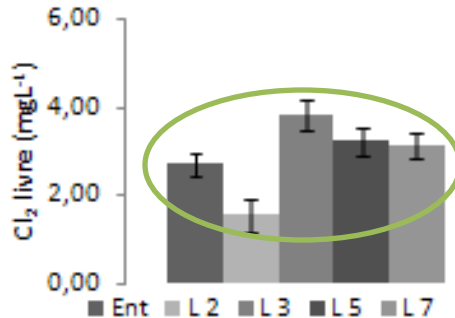
($p < 0,003$)

➤ Sódio

Entrada ($450,25 \pm 28,16$) mgL^{-1})

lagoa 7 ($404,13 \pm 53,38$) mgL^{-1})

Não ocorre variabilidade



Metais Tóxicos

➤ Cádmio ($0,69 \pm 0,60 \text{ mgL}^{-1}$)

VMA = $0,05 \text{ mgL}^{-1}$

ELECTRA = $0,025 \text{ mgL}^{-1}$

Existe variabilidade ($p < 0,0001$)

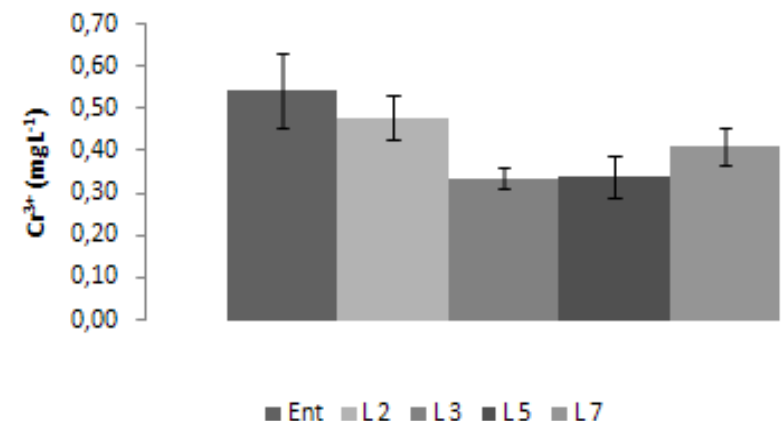
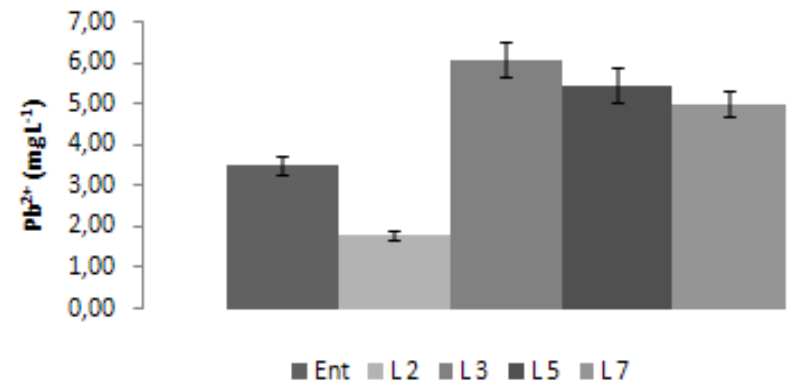
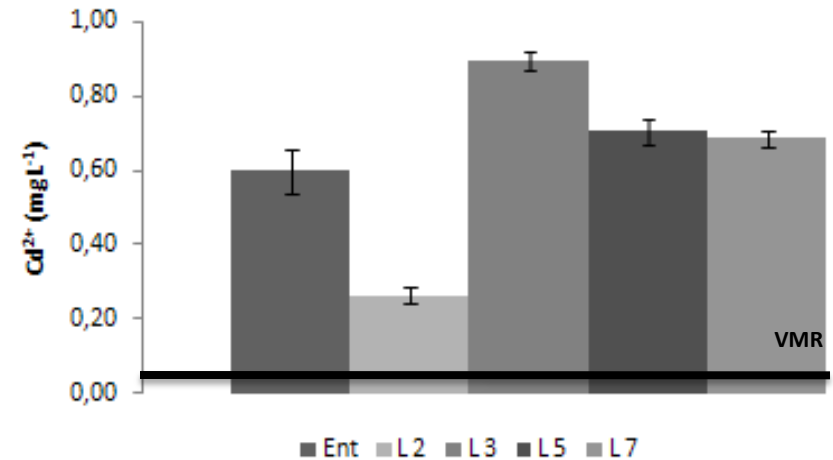
➤ Guimarães (2008)

Produtos agrícolas ou hortícolas

Principal causa

Contaminação da população humana

Altas concentrações são encontradas nos
rins



Metais Tóxicos

➤ Chumbo ($5,02 \pm 0,33 \text{ mgL}^{-1}$)

VMR = 5 mgL^{-1}

VMA = 20 mgL^{-1}

Existe variabilidade ($p < 0,0001$)

➤ Moreira & Moreira (2004)

Elemento tóxico não essencial

Potencial carcinogênico renal

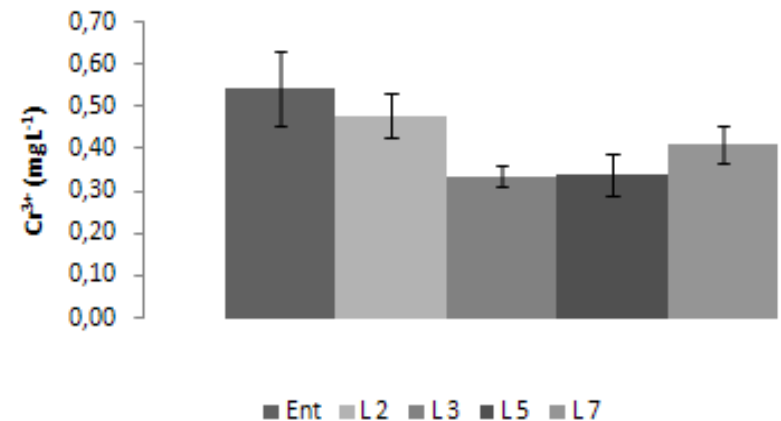
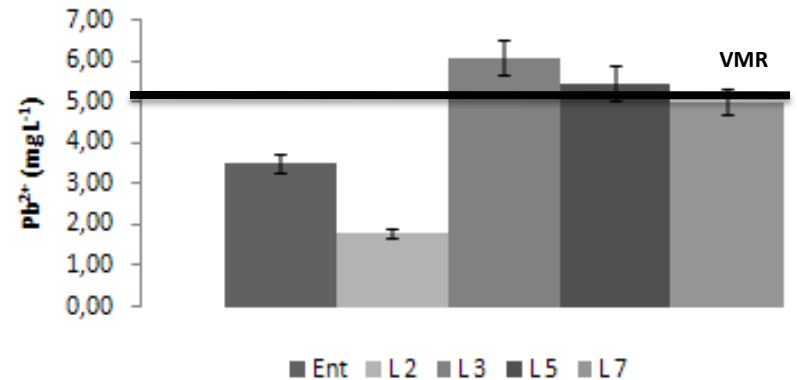
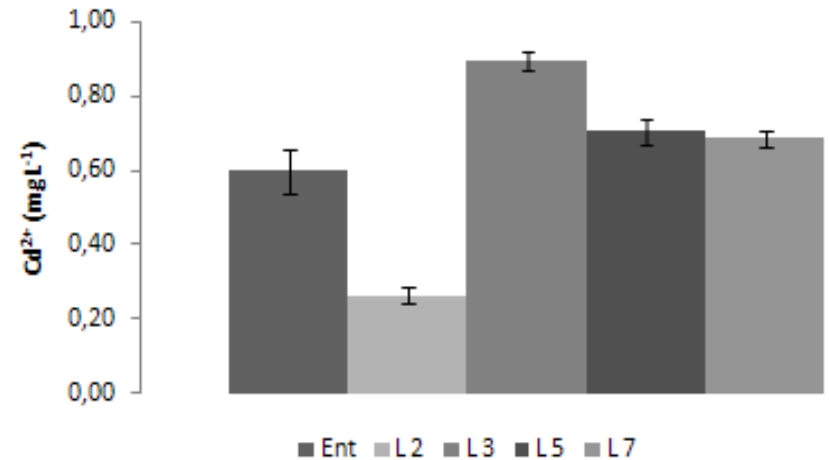
Afecta adversamente vários órgãos e sistemas

Alterações subcelulares

Efeitos neurológicos

Desenvolvimento

São os mais críticos



Metais Tóxicos

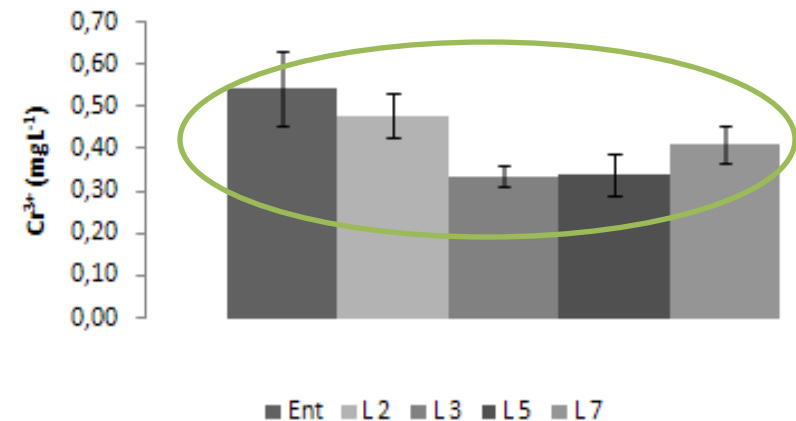
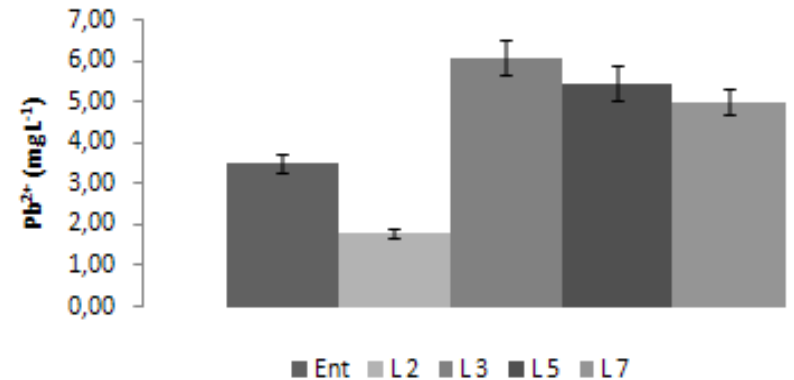
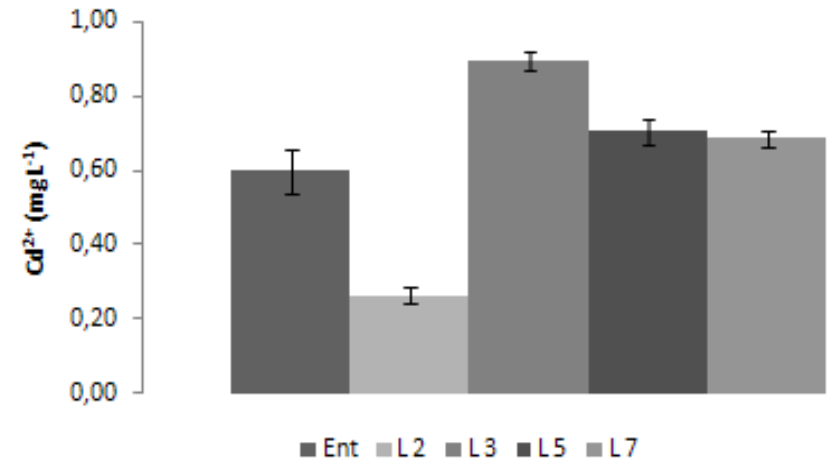
➤ Crómio ($0,41 \pm 0,04 \text{ mgL}^{-1}$)

Não existe diferenças significativas

➤ Klaassen & Watkins (2001)

É absorvido pelas plantas

↑ concentrações → tóxico para as plantas



Compostos Azotados

➤ Amónia ($156 \pm 11 \text{ mgL}^{-1}$)

Não existe diferenças significativas

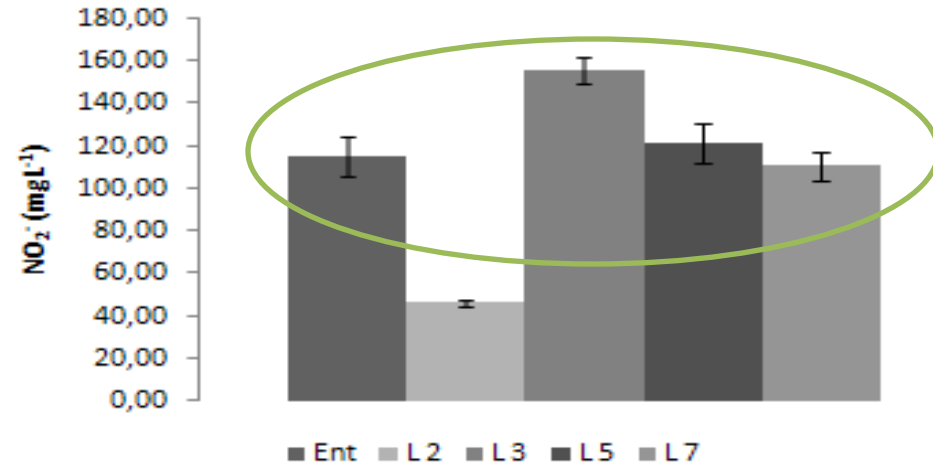
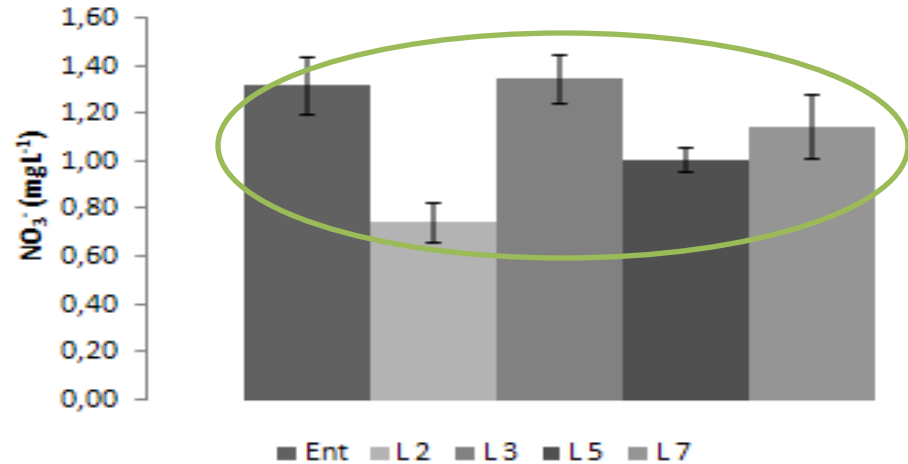
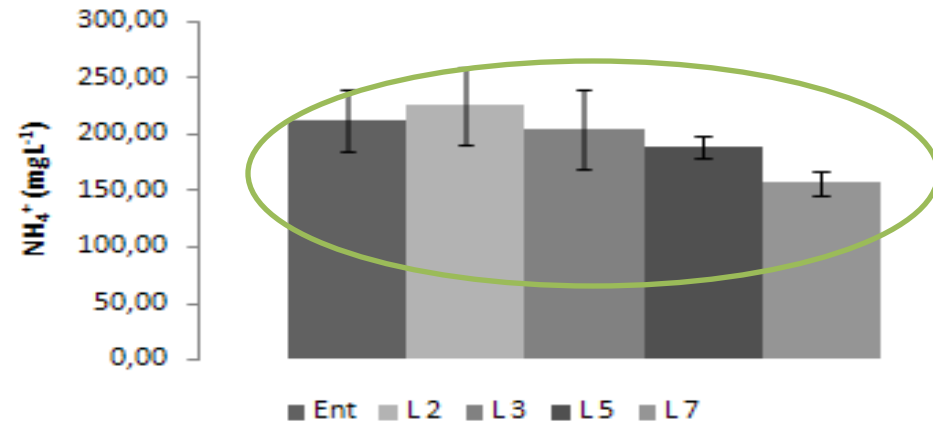
➤ Nitratos ($1,15 \pm 0,14 \text{ mgL}^{-1}$)

↓ VMR = 50 mgL^{-1}

Apresenta variabilidade ($p < 0,001$)

➤ Nitritos ($111 \pm 7 \text{ mgL}^{-1}$)

Apresenta variabilidade ($p < 0,001$)

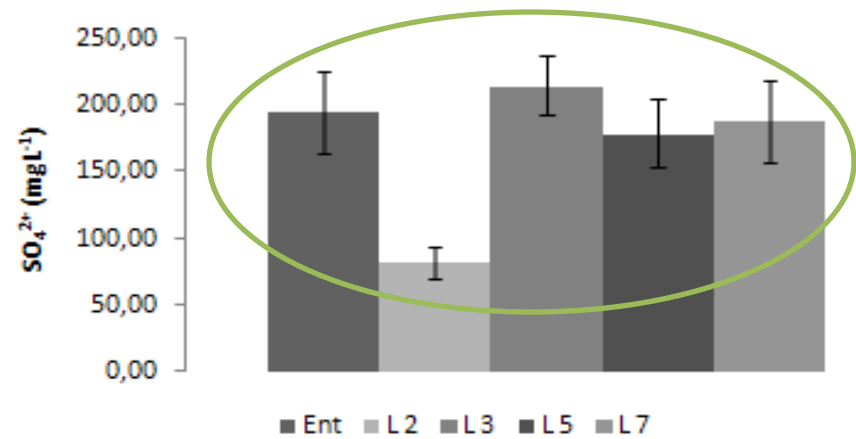
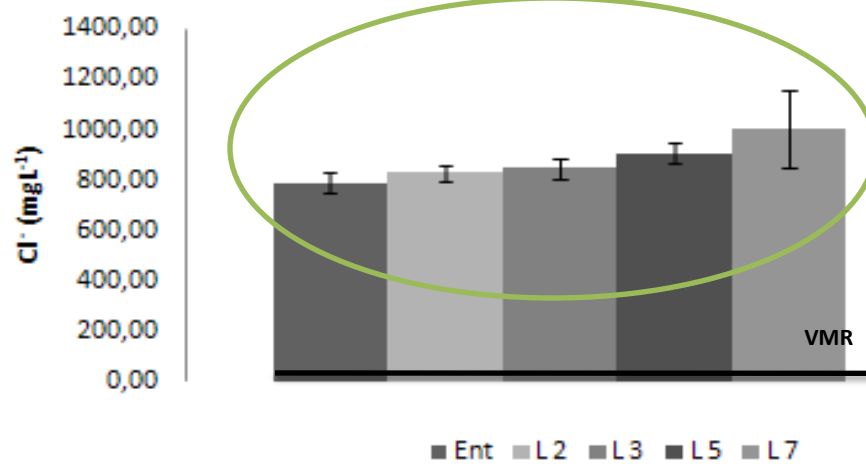
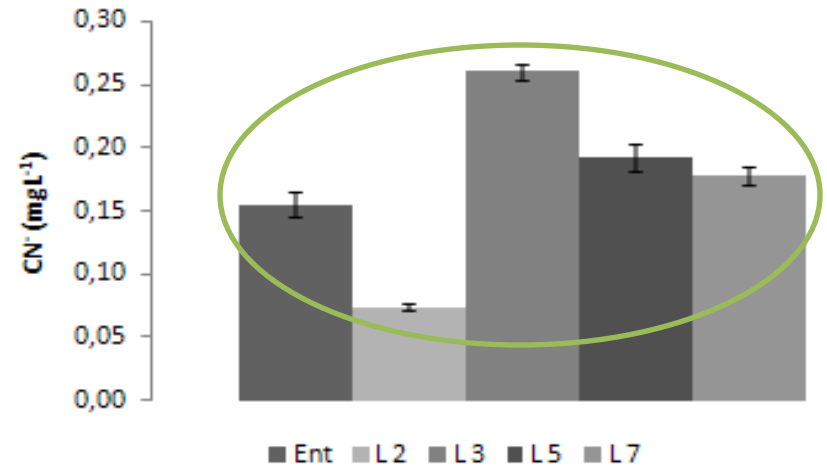


Constituintes Não – Metálicos Inorgânicos

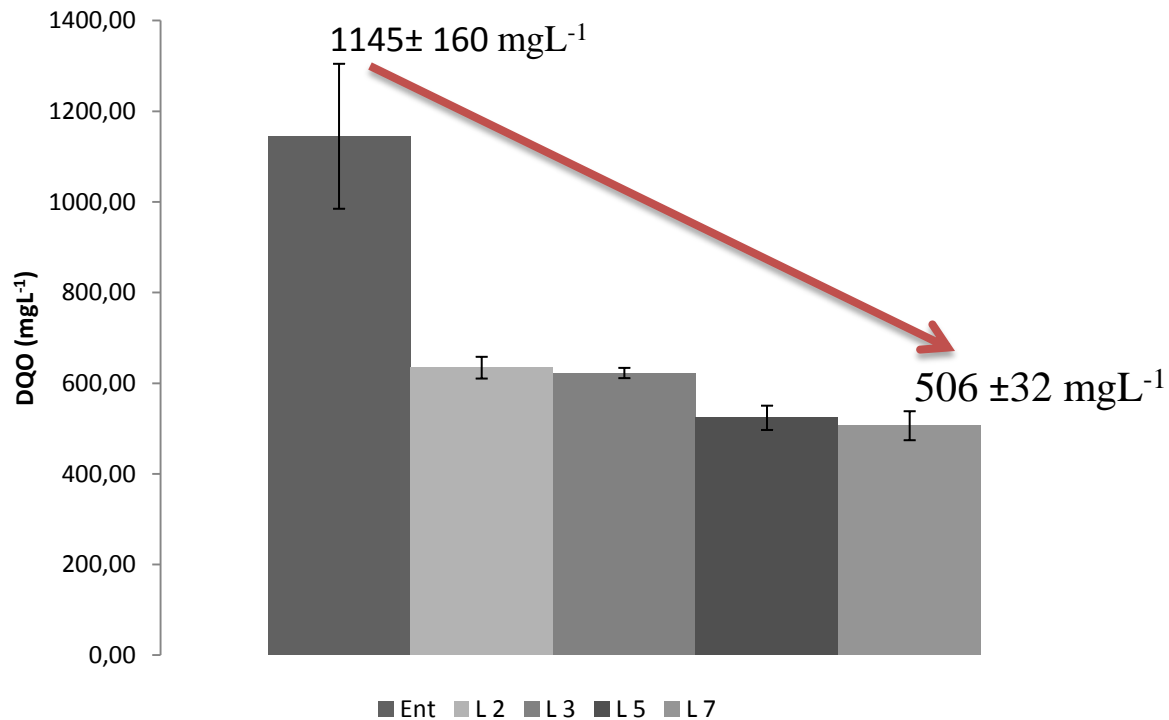
➤ Cianetos ($0,18 \pm 0,01 \text{mgL}^{-1}$)
Alta toxicidade
Existe variabilidade ($p < 0,0001$)

➤ Cloreto ($1002,07 \pm 153 \text{mgL}^{-1}$)
VMR = 70mgL^{-1}
Não existe variabilidade

➤ Sulfato ($188,25 \pm 31 \text{mgL}^{-1}$)
VMR = 575mgL^{-1}
Existe variabilidade

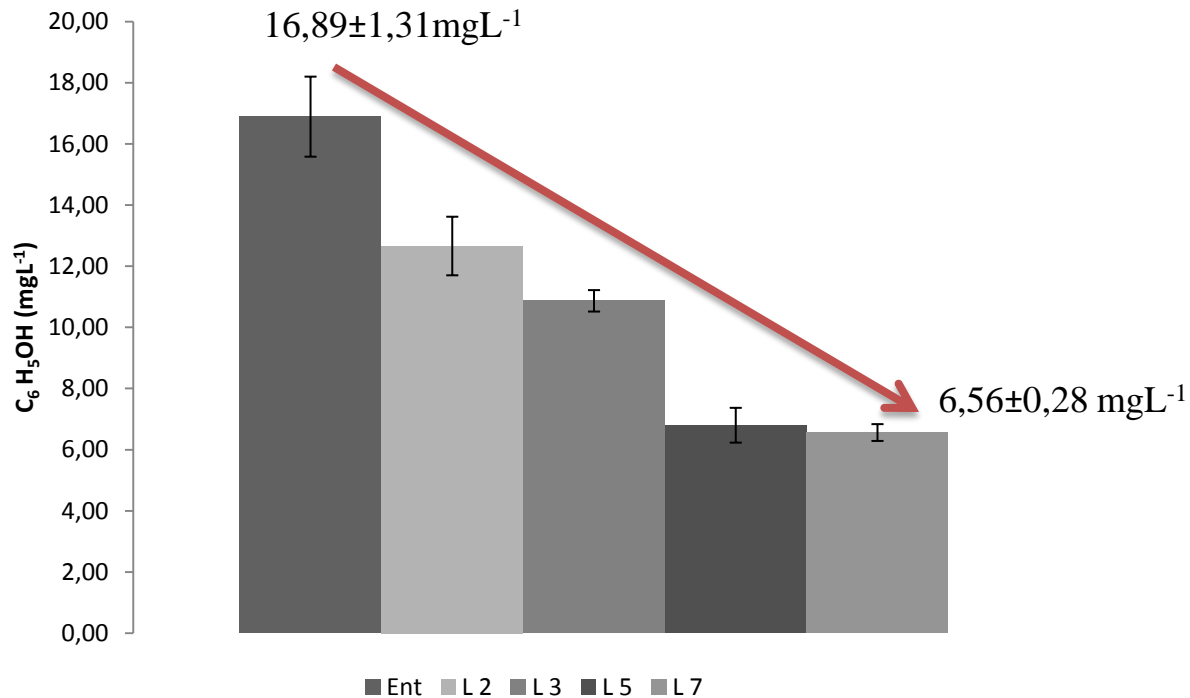


Constituintes de Agregados Orgânicos



- Importante por estimar o potencial poluidor de efluentes domésticos
- Existe variabilidade ($p < 0,0001$)

Ácido



- Não é classificado como carcinogênico para o homem
- Alta toxicidade
- Alta variabilidade

Conclusão

- ✓ A reutilização de águas residuais tratadas representa uma alternativa favorável para os municípios, cidades, estados ou países que enfrentam problemas de escassez de recursos hídricos.
- ✓ O uso frequente de águas subterrâneas ou águas residuais com uma qualidade inadequada, adiciona sais, que acumulam no solo se este não for regado com água de boa qualidade.
- ✓ De acordo com os resultados obtidos dos parâmetros físico químicos a água residual da ETAR apresenta moderada restrição exigindo cuidados na selecção das culturas e práticas especiais de manejo para se alcançar o potencial máximo de rendimento.

Conclusão

- ✓ Já os parâmetros microbiológicos apresentam restrição ao uso desta água residual na agricultura, pois o tratamento se mostra insuficiente segundo a legislação seguida.
- ✓ A água residual da ETAR da Ribeira de Vinha é considerada imprópria para a rega, segundo as directrizes da OMS, Decreto-lei n.º 236/98 e pela Norma Portuguesa 3444:2005.

Recomendações

- ✓ Necessidade de iniciativas governamentais de modo a determinar as melhores formas de utilização dos efluentes tratados e os critérios e cuidados a serem observados.
- ✓ A proposta / conclusão desta pesquisa é a urgente necessidade de descobrir os focos de contaminação por metais tóxicos que chegam elevados a ETAR, para que o tratamento das águas residuais atenda aos padrões de qualidade requeridos para projectos específicos de reutilização.
- ✓ Há necessidade de implementar o tratamento terciário na ETAR, pois a desinfecção por ultravioleta, que é uma tecnologia mais recente que não produz quaisquer resíduos tóxicos e obtém ótimos resultados na destruição de vírus e bactérias, trará mais qualidade a água destinada a rega, ao nível microbiológico.

Recomendações

- ✓ Criação de uma legislação própria de Cabo Verde referente a água residual tratada utilizadas na rega, pois mesmo com elevado teor em coliformes fecais a sua reutilização não vêm provocando sérios problemas de saúde pública.

OBRIGADA PELA VOSSA ATENÇÃO

