

EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES GERADOS PELA ATIVIDADE LEITEIRA EM ITARUMÃ – GO¹

Edinaria de Jesus Torres Costa²

Carlos Henrique Maia³

¹Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde – UniRV.

²Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade de Rio Verde, campus Rio Verde – GO.

³ Orientador, Especialista em Gerenciamento e planejamento de recursos hídricos, Eng. Ambiental.

RESUMO

As águas residuárias geradas na atividade pecuária apresentam grande potencial para a poluição, e a simples disposição dessas águas no solo sem tratamento adequado pode causar grande impacto por sobrecarga de nutrientes no solo, podendo até mesmo ocasionar a eutrofização dos cursos de água. A coleta e o tratamento de efluentes antes de sua disposição, trazem benefícios para a saúde dos brasileiros e diminuem a pressão por novos mananciais. O objetivo deste trabalho foi comprovar a eficiência de um sistema de tratamento de efluentes gerados na atividade leiteira, 01 ano após sua instalação. Esse sistema de tratamento está instalado no município de Itarumã - GO e é composto por três unidades: Tanque de mistura para correção de pH, tanque de decantação e *wetland* construído de fluxo horizontal (WCFH). Para se comprovar a eficiência desse sistema de tratamento foram realizadas comparações dos resultados das análises atuais com resultados obtidos mediante a implantação. Os parâmetros foram definidos com base na composição do efluente. De acordo com os resultados, 01 ano após sua implantação, o sistema de tratamento implantado apresentou resultados positivos de eficiência alcançando seu objetivo inicial, desta forma nenhuma alteração faz se necessária.

Palavras-Chave: Produção Leiteira. Resíduos. *Wetland*.

EFFICIENCY OF A SYSTEM OF TREATMENT OF EFFLUENTS GENERATED BY THE DAIRY ACTIVITY IN ITARUMÃ – GO

ABSTRACT

The wastewater generated in livestock activities has great potential for pollution, and the simple disposal of these waters in the soil without adequate treatment can cause great impact due to overloading of nutrients in the soil, and may even lead to eutrophication of the watercourses.

The collection and treatment of effluents before their disposal, bring benefits to the health of Brazilians and reduce the pressure for new sources. The objective of this work is to prove the efficiency of a treatment system of effluents generated in the dairy activity, 01 year after its installation. This treatment system is installed in the municipality of Itarumã - GO and is composed of three units: Mix tank for pH correction, settling tank and wetland constructed of horizontal flow (WCFH). To verify the efficiency of this treatment system, comparisons of the results of the current analyzes with results obtained through the implantation were made. The parameters were defined based on the composition of the effluent. According to the results the treatment system works reasonably equivalent in the two periods of analysis, indicating that 01 year after its implantation, no change is made if necessary, it continues to operate positively reaching its initial goal.

Keywords: Dairy Production. Waste. Wetland.

INTRODUÇÃO

No Brasil, 61% da água são utilizadas para agricultura e pecuária (CEBDS, 2016). Um levantamento de 2012 da Agência Nacional de Águas (ANA) revela que 11% da água doce extraída no país são destinados a atividade pecuária brasileira. Evidenciada a intrínseca relação entre recursos hídricos e a segurança alimentar do país, fica claro que, perante a crise hídrica enfrentada nos últimos anos, medidas sanáveis precisam ser tomadas com urgência (CEBDS, 2016).

As propriedades rurais ainda não têm controle significativo da água captada e consumida por isso há grande necessidade de internalizar o manejo hídrico, ambiental e de resíduos (ROSSO, 2014). De acordo com Decezaro (2013) as águas residuárias geradas na atividade pecuária apresentam grande potencial para a poluição, e a simples disposição dessas águas no solo sem tratamento adequado pode causar grande impacto por sobrecarga de nutrientes no solo, podendo até mesmo ocasionar a eutrofização dos cursos de água.

Dentre as opções de tratamento existentes, sistemas biológicos são mais adequados as propriedades rurais, principalmente em virtude ao baixo custo de implantação e operação. O sistema de *wetlands* construídos, por exemplo, são cópias artificiais dos *wetlands* naturais, explorando os ciclos biogeoquímicos que ocorrem normalmente nesses sistemas para fins de tratamento de águas residuárias. Essas *wetlands artificiais* utilizam variadas tecnologias com os mesmos princípios básicos das *wetlands* naturais para modificação da qualidade da água (SALATI, 2009; BEGOSSO, 2009; NOGUEIRA & MAIA, 2015).

A implantação desse sistema possibilita a obtenção de um efluente com características aceitáveis sem o uso de energia elétrica, compostos químicos, geração de um alto volume de lodo, além da possibilidade de compor o paisagismo local (MONTEIRO, 2009).

Sendo assim, é admitido que a coleta e o tratamento de efluentes antes de sua disposição, trazem benefícios para a saúde dos brasileiros, diminuem a pressão por novos mananciais, porque melhoram a qualidade da água (CEBDS, 2016). A fim de confirmar essas informações, determina-se por objetivo deste trabalho comprovar a eficiência de um sistema de tratamento de efluentes gerados na atividade leiteira, 01 ano após sua instalação, avaliando correções físico-químicas como pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), Óleos e Graxas, Sólidos Dissolvidos Totais, Nitrogênio e Fósforo Totais.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende um sistema de tratamento instalado no Sítio Nova Canaã, município de Itarumã, sudoeste do Estado de Goiás ($18^{\circ}45'19.25''S$; $51^{\circ}20'55.68''O$), onde, atualmente, a bovinocultura de leite possui 60 vacas em lactação e a retirada de leite ocorre duas vezes ao dia, todos os dias do ano, sem exceção. O sistema de tratamento foi implantado em setembro de 2015 com o objetivo de tratar o efluente gerado pela atividade leiteira na operação de uma ordenha mecânica. Na região, o projeto é pioneiro e visa conscientizar demais produtores rurais quanto a importância e simplicidade do tratamento de resíduos gerados em suas propriedades.

Sistema de tratamento de efluentes

O efluente é gerado por meio da lavagem dos equipamentos da ordenha mecânica além das paredes e pisos da sala (Figura 1). O mesmo é captado por um único ralo, segue por gravidade em uma tubulação de 100 mm e é disposto no sistema de tratamento implantado. A quantidade de efluente gerado é estimada pela quantidade aproximada de água requerida na limpeza interna do maquinário (200L – valor aproximado) mais a quantidade aproximada gasta na higienização externa da ordenha e limpeza de paredes e piso (50L), ou seja, 250L por retirada do leite que resulta em 500L/d (Litros/dia) (NOGUEIRA & MAIA, 2015).

FIGURA1 – a) Operação da ordenha mecânica; b) Sala de ordenha após a retirada do leite.



Fonte: Nogueira & Maia, 2015.

O sistema de tratamento implantado é composto por três unidades de tratamento: Tanque de mistura para correção de pH, tanque de decantação e *wetland* construído de fluxo horizontal (WCFH), as quais foram denominadas unidades I, II e III respectivamente (Figura 2), sendo as duas primeiras destinadas ao tratamento primário, e a última ao tratamento secundário. Todos os tanques são construídos em alvenaria e interligados entre si por meio de tubulações tipo PVC.

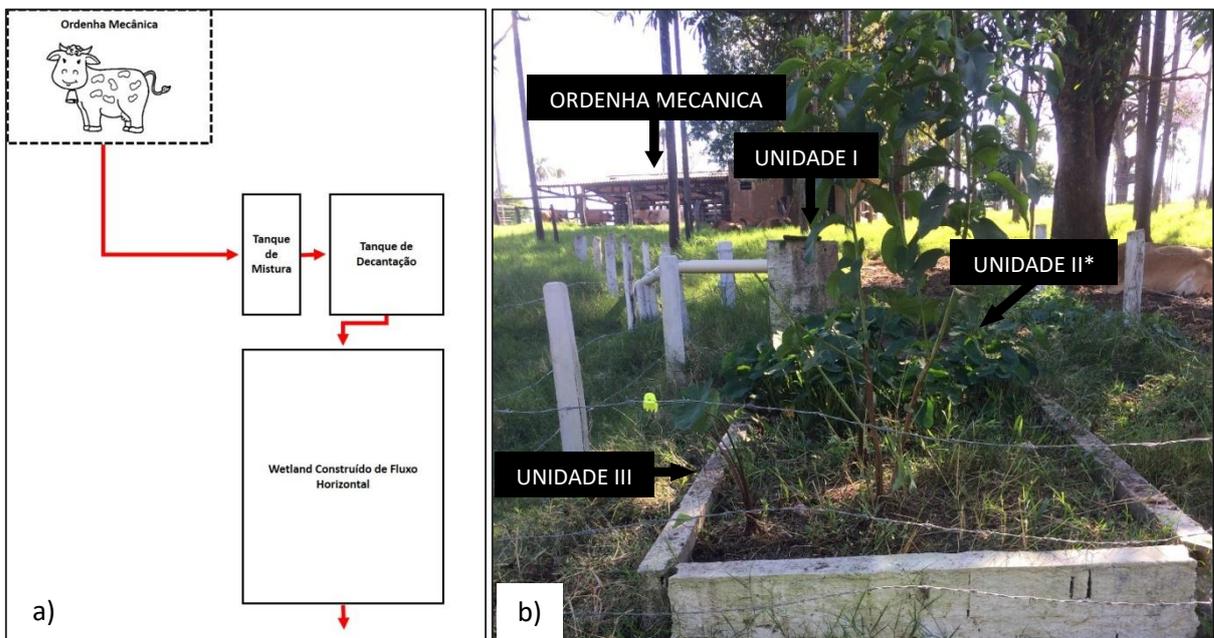


FIGURA 2: a) Fluxo hidráulico no sistema de tratamento implantado; b) visão geral.

*devido às unidades II e III apresentarem-se à mesma altura, a vista da unidade II, neste ângulo, fora corrompida pela vegetação existente na unidade III.

A unidade I recebe o efluente disposto no ralo de captação da sala de ordenha. Esta primeira unidade visa exclusivamente a correção do pH do efluente. O pH do leite fresco apresenta reação ligeiramente ácida, variando entre 6,6 e 6,8, com média de 6,7 a 20°C ou 6,6 a 25°C (EMBRAPA, 2017), por esse motivo o efluente bruto apresenta em média pH ácido. Para que a correção seja realizada, antes da retirada de leite, é colocado neste tanque Óxido de Cálcio – a Cal (composto básico), o qual tem por objetivo neutralizar ao máximo o efluente recebido. O tanque possui capacidade para 327 L e permanece estancado durante a geração de efluente. Ao fim da operação da ordenha mecânica o efluente é liberado manualmente à unidade II.

A unidade II é alimentada pelo efluente dispensado da unidade I ao término da retirada de leite (Figura 3). Nesta unidade ocorre a sedimentação de sólidos e a degradação aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica. O tanque tem capacidade para 1.337L e a liberação do efluente ocorre por gravidade para a unidade III. Devido à repartição vertical superficial existente no tanque, o tempo de detenção hidráulica atinge 48 horas.



FIGURA 3 – A seta indica a tubulação que interliga as unidades I e II; b) Vista superior unidade II.

A unidade 3 é responsável pela filtração do efluente. Trata-se de um tanque com as seguintes dimensões: 3,0x1,5x1,1m. O mesmo teve 50cm das extremidades internas preenchidas com brita Nº 01 e todo espaço central está contido de areia grossa lavada. A alimentação do tanque é realizada por uma tubulação interligada a unidade II e a liberação do efluente ocorre por meio de gravidade, através de um orifício posicionado próximo à borda superior do tanque, na parede contrária a tubulação de alimentação (Figura 4).

Propositalmente, esta unidade encontra-se vegetada pelas seguintes macrófitas: *Dioscorea alata* L popularmente conhecido como Cará; *Dioscorea* popularmente conhecido como Inhame, espécies estas que já são cultivadas nas áreas úmidas da propriedade. Desta forma, o efluente é filtrado pelo substrato contido no tanque e o material retido no filtro serve como nutrientes para a vegetação.



FIGURA 4 – a) Unidade III; b) Tanque de disposição do efluente tratado;

O efluente liberado desta ultima unidade é disposto em um tanque de zinco tipo bebedouro, para demonstrações públicas e avaliações oculares de eficiência (Figura 4). O excedente é liberado no solo por derramamento.

Coleta de Material

As amostras foram coletadas nos meses de setembro e outubro de 2016, 1 ano após a implantação e ativação do sistema de tratamento. Foram feitas 03 coletas de efluente. Nas ocasiões não havia ocorrência de chuvas ou qualquer outro fator externo que poderia influenciar nos resultados da análise. O mesmo foi captado diretamente da tubulação de saída da *unidade 3*.

O material foi coletado em frascos âmbar e em frascos plásticos, todos foram tampados e transportados em uma caixa de isopor, de acordo com as recomendações do laboratório de águas AQUARIO, situado na cidade de Rio Verde-GO, para onde as amostras foram enviadas. O quadro a seguir apresenta os parâmetros a serem analisados e seus respectivos métodos de

análises laboratoriais utilizados pelo laboratório AQUARIO. Os parâmetros foram definidos com base na composição do efluente (NOGUEIRA E MAIA, 2015).

QUADRO 1 – Parâmetros e seus respectivos métodos de análises laboratoriais

Parâmetro	Método de análise
Potencial Hidrogeniônico (pH)	SMWW 4500-H+ B
Oxigênio Dissolvido – mg O ₂ /L	SMWW 4500-O G
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) mgO ₂ /L	SMWW 5210B
Demanda Química de Oxigênio (DQO) mgO ₂ /L	SMWW 5220 D e F
Sólidos dissolvidos totais – mg/L	SMWW 2540C
Óleos e Graxas – mg óleos e graxas /L	SMWW 5520 D e F
Nitrogênio total – mg/L	SMWW 4500-Norg B
Fósforo total – mgP/L	SMWW 4500-P B e C

Fonte: Laboratório AQUARIO (2015).

A fim de se obter a eficiência de tratamento do sistema implantado foram realizadas comparações dos resultados das análises atuais com resultados de efluente bruto e efluente tratado (valores de partida) obtidos por Nogueira e Maia (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos das análises atuais e suas respectivas médias aritméticas, unidade de valor que será usada nas comparações posteriores.

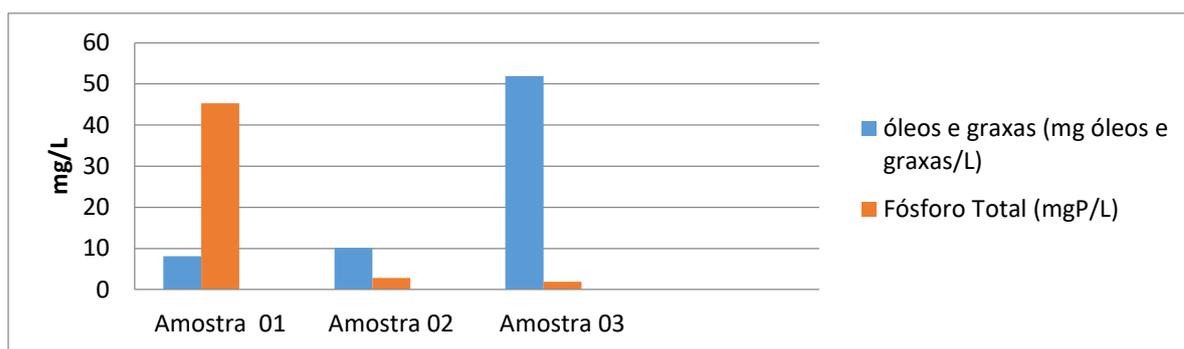
TABELA 1 – Média aritmética dos resultados obtidos das amostras

Parâmetros	Resultados			Média (\bar{x})
	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	
Ph	7,1	6,7	7,0	6,9
Nitrogênio total (mg/L)	2,4	5,3	5,1	4,3
Óleos e graxas (mg óleos e graxas/L)	8,1	10,1	51,9*	9,1
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5 dias a 20°C) (mgO ₂ /L)	242,5	65,0	105,0	137,5
Demanda química de oxigênio (DQO) (mgO ₂ /L)	386,2	133,9	225,7	248,6
Fósforo total (mgP/L)	45,3*	2,8	1,9	2,6
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	589,0	381,0	380,0	450,0
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	1,3	3,2	3,0	2,5

*resultado desprezado na aferição da média geral.

De acordo com os valores apresentados acima dois parâmetros apresentaram resultados com discrepância significativa entre si. No caso de óleos e graxas (mg óleos e graxas/L), por exemplo, a amostra 03 se mostrou excessivamente em maior quantidade que as duas amostras anteriores. Em contrapartida, nos resultados de Fósforo total (mgP/L) foi a amostra 01 que apresentou maior quantidade em relação as duas posteriores. A figura abaixo ilustra essas oscilações.

FIGURA 5: Teor de óleos e graxas e Fósforo Total nas 03 amostras coletadas.



Eficiência de remoção atual

A tabela 3 exibe a eficiência de remoção atual, resultado da comparação entre resultados obtidos por Nogueira e Maia (2015) do efluente bruto em 2015 e a média aritmética do efluente tratado em 2016.

TABELA 2 - Eficiência no tratamento do efluente no ano 2016.

Parâmetros	Resultados		Percentual de remoção(%)
	Efluente Bruto 2015 (\bar{x}) ¹	Efluente Tratado 2016 (\bar{x})	
Ph	2,8	6,9	NA*
Nitrogênio total (mg/L)	32,5	4,3	86,8
Óleos e graxas (mg óleos e graxas/L)	61,6	9,1	85,2
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5 dias a 20°C) (mgO ₂ /L)	433,5	137,5	68,3
Demanda química de oxigênio (DQO) (mgO ₂ /L)	582,0	248,6	57,3
Fósforo total (mgP/L)	6,8	2,6	61,7
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	726,0	450,0	38,0
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	6,2	2,5	59,7

* Não aplicado.

¹Fonte:Nogueira & Maia (2015).

Exceto pelo parâmetro de sólidos dissolvidos totais, todos os outros apresentaram eficiência superior a 50% de remoção, com destaque absoluto no tratamento de nitrogênio total e óleos e graxas que superaram a marca de 85% de remoção. A remoção de 86,8% de nitrogênio total pode ser atribuído à vegetação presente no terceiro tanque – *wetland* construído de fluxo horizontal, já que esse nutriente é insumo necessário ao cultivo de plantas aquáticas. Assim como a remoção de sólidos dissolvidos totais ao processo de filtração realizado pela areia contida também no terceiro tanque (NOGUEIRA & MAIA, 2015).

A redução de 68,3% da DBO comprova uma alta taxa de degradação da matéria orgânica contida no efluente bruto. Essa alegação comprova igualmente a existência de bactérias aeróbias nas unidades II e III as quais que oferecem condições para proliferação das mesmas, já que essas bactérias são responsáveis pela oxidação da matéria orgânica no efluente (CUNHA E FERREIRA, 2006).

A fim de se confirmar a eficiência do sistema de tratamento de efluentes um (01) ano após sua implantação, realizou-se a comparação dos resultados atuais com os resultados de partida obtidos por Nogueira & Maia (2015) assim que a implantação fora concluída. A tabela 04 apresenta a os resultados do tratamento (%) nos períodos de 2015 e 2016 e a oscilação de eficiência entre eles.

TABELA 3 –Oscilações de eficiência entre os anos de 2015 e 2016.

Parâmetros	Eficiência de Remoção		Percentual de eficiência (%)
	Efluente Tratado 2015 (%)	Efluente Tratado 2016 (%)	
Ph	8,0	6,9	NA*
Nitrogênio total (mg/L)	98,0	86,8	- 11,2
Óleos e graxas (mg óleos e graxas/L)	63,2	85,2	+ 22,0
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5 dias a 20°C) (mgO ₂ /L)	62,1	68,3	+ 6,2
Demanda química de oxigênio (DQO) (mgO ₂ /L)	4,6	57,3	+ 52,7
Fósforo total (mgP/L)	NR**	61,7	+ 61,7
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	37,5	38,0	+ 0,5
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	53,6	59,7	+ 6,1

* Não aplicado. ** Não houve remoção.

¹Fonte:Nogueira & Maia (2015).

Conforme os resultados apresentados, o sistema implantado funciona razoavelmente equivalente nos dois períodos de análises, em relação à filtração dos Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L), à remoção de Nitrogênio Total (mg/L), e DBO (mgO₂/L)e, sendo assim, uma série de fatores podem explicar essa afirmação.

Primeiro, a limpeza total de materiais particulados que poderiam estar contidos no substrato. A areia e a brita não haviam passado por limpeza prévia (NOGUEIRA & MAIA, 2015) e esses possíveis particulados podem ter influenciados nos resultados de partida, resultando numa maior remoção de Sólidos Dissolvidos Totais. Outro fator relevante é o desenvolvimento da vegetação, o fortalecimento das raízes reflete um consumo maior dos materiais orgânicos retidos, efetuando a limpeza do filtro.

A maturação do sistema de tratamento implantado apresentou resultados positivos nos quesitos químicos. A remoção de Óleos e Graxas, DQO e Fósforo Total superaram significativamente os resultados de eficiência em 2015, com ressaltos na remoção de Fósforo Total, que os valores de partida não apontaram eficiência.

Em contrapartida, é fator negativo que o processo tenha apresentado aumento na remoção de Oxigênio Dissolvido (mgO₂/L), diminuindo assim a propensão à bactérias aeróbicas no processo.

Disposição do efluente (resolução conama 430)

Diante da comparação dos resultados atuais obtidos com a normativa exigida pela Resolução CONAMA N° 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluente,avaliaram-se a congruência da disposição do efluente tratadono curso hídrico mais próximo (NOGUEIRA & MAIA, 2015), mesmo após 01 ano de implantação do projeto, o que confirma a continuidade da eficiência no tratamento.

Os resultados obtidos no ano 2016 apontam que os parâmetros estão dentro dos limites permitidos pela legislação federal, incluindo a remoção de mais de 60% do parâmetro DBO. Sendo assim continua havendo possibilidade legal de disposição do efluente tratado no ambiente lótico mais próximo.

TABELA 4 - Qualidade do tratado em comparação à Resolução Conama 430.

Parâmetros	Efluente Tratado 2016	Resolução Conama 430
pH	6,9	5 a 9
Temperatura (°C)	25°	Inferior a 40 °C
Materiais sedimentáveis (ml/L)	-	Até 1ml/L
Óleos e graxas (mg/L)	23,4	Óleos e gorduras vegetais: até 50 mg/L
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5 dias a 20 °C) (mgO ₂ /L)	Remoção de 68,3%	Remoção mínima de 60%
Nitrogênio Total (mg/L N)	4,3	20 mg/L N

CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados firma-se a comprovação de que o sistema de tratamento implantado com a finalidade de tratar o efluente gerado na atividade leiteira continua operando positivamente alcançando seu objetivo inicial.

O sistema de tratamento implantado funciona razoavelmente equivalente nos dois períodos de análises, o que indica que 01 ano após sua implantação, nenhuma alteração faz se necessária. As espécies que compõem a vegetação adaptaram-se bem à unidade 03, apresentando resultados positivos no processo de filtração, e o desenvolvimento das mesmas comprovam que o material particulado retido na areia faz-se nutrientes as plantas aquáticas.

É importante que o monitoramento anual continue sendo efetuado, a fim de se observar qualquer regressão na eficiência do tratamento. Perante a comprovação da eficiência continuada deste sistema, recomenda-se a instalação do mesmo em demais propriedades rurais que aderem à atividade leiteira.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Destaques do Conjuntura 2013 sobre águas superficiais e subterrâneas**. Balanço das Águas / Publicação anual da Agência Nacional de Águas – N° 3. © 2014 Agência Nacional de Águas.

BEGOSSO, LARISSA. **Determinação de parâmetros de projeto e critérios para dimensionamento e configuração de wetlands construídas para o tratamento de águas**

cinzas. Centro de ciências exatas e tecnologia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2009.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. WHITE PAPER CTÁGUA: **Crise Hídrica no Brasil**. Avenida das Américas, 1155, sala 208, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22631-000 21 2483.2250 | cebds@cebds.org

CUNHA, Cynara de Lourdes da Nóbrega e FERREIRA, Aldo Pacheco. Modelagem matemática para avaliação dos efeitos de despejos orgânicos nas condições sanitárias de águas ambientais. *Cad. Saúde Pública* [online]. 2006, vol.22, n.8, pp.1715-1725. ISSN 1678-4464. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006000800020>.

DECEZARO, Samara Terezinha. **Tratamento de águas residuárias de bovinocultura de leite no Brasil – situação atual e possibilidades**. Departamento de ciências agronômicas e ambientais / curso de engenharia ambiental. Universidade Federal de Santa Maria. Frederico Westphalen – RS, 2013. Disponível em: http://w3.ufsm.br/cesnors/images/TCC_Samara_Decezaro.pdf

EMBRAPA. **pH do Leite**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Acesso em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_193_21720039246.html

MONTEIRO R.C.M.; **Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “wetlands” para tratamento de água cinza visando o reuso não potável** / R.C.M. Monteiro. – São Paulo 2009.

NOGUEIRA, Jacqueline. MAIA, Carlos Henrique. **Tratamento De Efluente Gerado Pela Atividade Leiteira Na Operação de Uma Ordenha Mecânica**. Faculdade de Engenharia Ambiental. UNIRV – Universidade de Rio Verde, 2015.

ROSSO, Gisele. **Pegada hídrica, um novo desafio para a pecuária**. Embrapa Pecuária Sudeste. Junho/2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1816992/pegada-hidrica-um-novo-desafio-para-a-pecuaria>

SALATI E.; FILHO E. S.; SALATI E. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. Instituto Terramax - Consultoria e Projetos Ambientais LTDA. End: Rua Sta. Cruz, 40 – CEP:13419-020 – Piracicaba/SP Tel.(019) 3434.0800 –(019) 34331637.

Piracicaba / SP 04/04/2009. Disponível em:
<<http://www.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/files/2011/12/sistema-wetlands.pdf>>.