

II-459 - SISTEMA INTEGRADO UASB/WETLANDS/UV APLICADO AO TRATAMENTO E REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE PROPRIEDADE RURAL

Andreas Kohler⁽¹⁾

Biólogo, Doutor em Biologia, professor da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC

Filipe Vargas Zerwes⁽²⁾

Engenheiro Ambiental, Mestre em Tecnologia Ambiental - UNISC

Lourdes Teresinha Kist⁽³⁾

Química, Doutora em Química Inorgânica, professora da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Rosana de Cassia de Souza Schneider⁽⁴⁾

Química, Doutora em Química Analítica, professora da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Enio Leandro Machado⁽⁵⁾

Químico Industrial, Doutor em Engenharia, professor da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Endereço⁽⁵⁾: Avenida Independência, 2293. Bairro Universitário. Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-900 - Brasil - Tel: (51) 3717-7545 - e-mail: enio@unisc.br

RESUMO

O presente trabalho programou, operou, controlou e agregou modificações de configuração para proporcionar circuito semi-fechado de águas residuárias, azuis, cinzas e negras em uma propriedade rural localizada no Vale do Rio Pardo, RS. O sistema de tratamento das águas residuárias foi constituído por reator UASB, Filtro Anaeróbio, *Wetlands* construídos e reatores de desinfecção por radiação ultravioleta (UV). A fim de avaliar a efetividade, aplicabilidade e a necessidade de melhoramentos destes sistemas integrados foram construídas, em uma propriedade no interior da cidade de Vera Cruz – RS, um banheiro com área de serviço e um sistema de tratamento constituído por um UASB, um filtro anaeróbio, quatro *wetlands* construídos e dois fotoreatores para a desinfecção da água de reúso. A partir do acompanhamento foi possível realizar melhoramentos no sistema de tratamento, bem como atestar sua eficiência e possibilidade de uso da planta de tratamento, uma vez que foram obtidas reduções de DQO, que variaram entre 93 e 97%; de DBO com 97 a 98%; de NTK superior a 97%, nitrogênio amoniacal de 100% e de redução maior que 78% para fósforo total do efluente gerado na propriedade. Através de testes utilizando *Daphnia magna* determinou-se a redução da toxicidade durante as fases do tratamento empregado.

PALAVRAS-CHAVE: Wetlands, toxicidade, genotoxicidade e saneamento em meio rural.

INTRODUÇÃO

O principal problema no tratamento de esgotos em propriedades rurais está associado à ausência e estagnação de sistemas "fossa negra", buraco, poço, e fossa/sumidouro. Além disso, em propriedades com sistema fossa/sumidouro, há descontrole na localização (proximidade de corpos d'água e lençóis d'água) e ausência de seguir orientações para construção.

Estas orientações estão disponíveis com técnicos de muitas prefeituras, já com recomendações de sistema fossa/filtro anaeróbio/sumidouro, porém com resistência de alguns agricultores, pois isto não aparece como "problema". Este perfil de problema para o saneamento em área rural é comum para todo o Brasil, apesar das diferenças de populações, em número e condição econômica.

Segundo dados do IBGE (2002a e 2002b), dentre todas as regiões do Brasil, a região sul apresenta 18,9 % da população na área rural. No aspecto saneamento, o meio rural tem também como aspecto comum, a responsabilidade das sedes municipais para o atendimento da população rural, sem subsídios técnicos e financeiros acrescidos com esta transferência de responsabilidade.

A Lei 9433/97 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a qual determina que a água possua padrões adequados de qualidade para os seus usos, o que nos remete a uma ideia de saneamento. Esta mesma Lei, ainda

instituiu a cobrança pelo uso da água, que consiste no conceito de “usuário pagador” e de “poluidor pagador”, de forma que quem desperdiça e polui paga mais. No mês de dezembro de 2007, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e a Agência Nacional de Águas (ANA) enviaram cobrança aos usuários que captam mais de 100 litros por segundo para irrigação agrícola e mais de 20 litros por segundo para atividades de saneamento, como a lavagem de baias de animais. No Rio Grande do Sul ainda não está instituída a cobrança pelo uso da água, o que já ocorre em outros estados, como Ceará, Paraná e Santa Catarina e, em nível federal, para rios que cortam mais de um estado.

Para o reaproveitamento de águas residuárias no meio rural, há carência de maior número de estudos que sistematizem a aplicação, pois, ajustes técnicos são necessários para que o sistema de tratamento seja eficaz. Técnicas de tratamento, eficazes, práticas, econômicas, mas com avaliação da receptividade dos agricultores, necessitam de continuidade de pesquisas.

Os principais poluentes e contaminantes de água no meio rural consistem de material coloidal (aluminossilicatos suspensos), matéria orgânica, agentes patogênicos originados de fossas sépticas, além de agrotóxicos e fertilizantes utilizados nas culturas.

Colóides, matéria orgânica e patógenos podem ser eliminados por meio de processos de separação de fases, filtração/adsorção, anaerobiose, sistemas microbiológicos mistos, enfim. No entanto, pesticidas, fármacos e hormônios dissolvidos na água raramente são eliminados, mesmo por processos de tratamentos de água utilizados pelas companhias de abastecimento público. Processos de decantação, filtração e desinfecção são utilizados na sequência para o tratamento de água, mas podem ser também aplicados para o reúso de efluentes pré-tratados.

Assim sendo, além da necessidade de implantação de sistema mínimo de saneamento na área rural, tanto para esgoto residencial como para dejetos de animais, a possibilidades de paralelamente assumir esta competência pública e desenvolver pesquisas para ampliar as opções de sistemas de saneamento.

A educação ambiental, que dever ser uma constante nas ações de gestão ambiental, pode fortalecer a sustentabilidade do saneamento rural, o qual deve estar relacionado ao baixo custo e a recuperação de energia, nutrientes e água. Estes fatos direcionam pesquisas para saneamento descentralizado, baixo custo e mínimo requerimento em manutenção, sendo o perfil de necessidade do saneamento no meio rural.

Neste sentido, apesar das condições climáticas caracterizarem os estados da região sul com invernos rigorosos, processos de tratamento utilizando macrófitas nos sistemas chamados *Wetlands* Construídos (WC's) estão integrados as potencialidades de saneamento rural de baixo custo e com potencial para reúso de águas residuárias.

O uso de WC's para o tratamento primário, secundário e terciário visa, sobretudo, propiciar resultados para o tratamento de poluentes como a matéria orgânica, reciclando nutrientes e melhorando a qualidade do efluente tratado (SANTIAGO, 2005).

Ainda assim, pode-se destacar o baixo custo de implantação, a alta produção de biomassa que pode ser utilizada na alimentação animal, e a alta eficiência de melhoria dos parâmetros que caracterizam os recursos hídricos (SEZERINO, 2006).

O presente trabalho programou, operou, controlou e agregou modificações de configuração para proporcionar circuito semi-fechado de águas residuárias, azuis, cinzas e negras em uma propriedade rural localizada no Vale do Rio Pardo, RS. O sistema de tratamento das águas residuárias é constituído por um UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), Filtro Anaeróbio, *Wetlands* construídos e reatores de desinfecção por radiação ultravioleta (UV).

Os ganhos de conhecimento com a unidade integrada de UASB/Filtro Anaeróbio/WC's/UV tem o objetivo geral de aprimoramento de alternativas de saneamento a serem adotadas na região de estudos com potenciais investimentos da agência nacional das águas (ANA), bem como disponibilizar uma tecnologia de tratamento para efluentes gerados nas propriedades rurais.

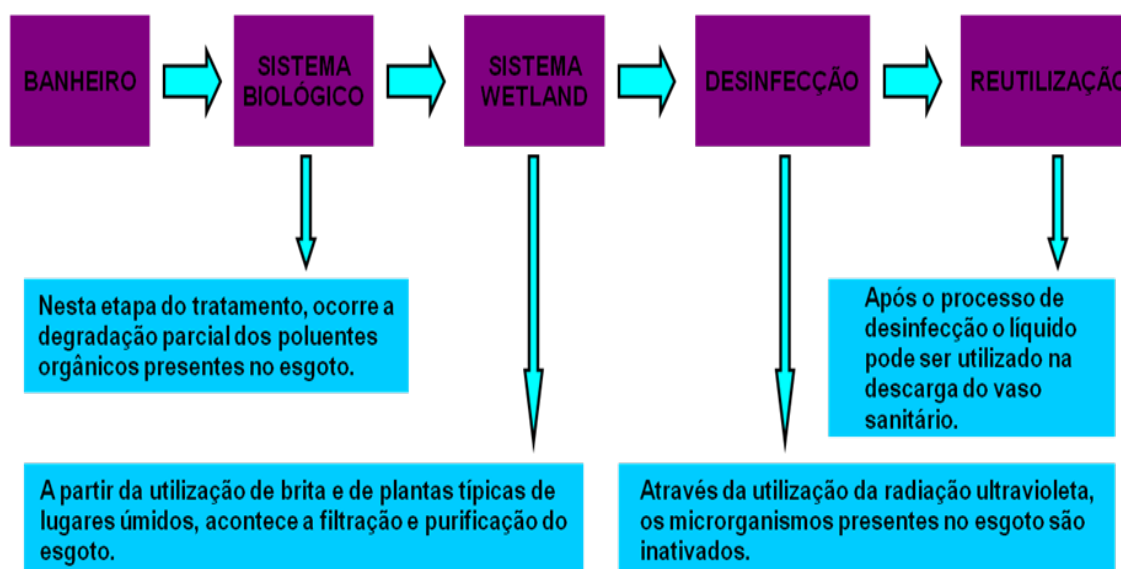
O presente trabalho envolveu a concepção, implementação e monitoramento de sistema de tratamento de águas cinzas e negras, incluindo também captação de águas das chuvas, com referência aos parâmetros críticos

citados nas resoluções CONSEMA 128/06 e 129/06 (Rio Grande do Sul) e portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde. Com a sequência dos processos UASB/Biofiltro Anaeróbio/Wetlands/UV ($\lambda = 254 \text{ nm}$) e, envolvendo o reuso do efluente final tratado nas descargas sanitárias o estudo iniciou atividades de acompanhamento e otimização do sistema.

MATERIAIS E MÉTODOS

A estação piloto foi concluída e desde o final do mês de outubro de 2011 esta em funcionamento em propriedade rural no município de Vera Cruz, RS. A Figura apresenta a configura da ETE.

Figura 1: ETE em propriedade rural no município de Vera Cruz, RS.



A concepção do sistema incluiu gestão das águas em módulo de sanitário, lavanderia e recolhimento das águas das chuvas. O acionamento de bomba de recarga das águas tratadas foi feita com módulo de energia solar. Isto também foi destinado para o funcionamento das lâmpadas UV (*duas lâmpadas, 16W, $\lambda = 254\text{nm}$*).

Nas estações de amostragem selecionadas, foram realizadas as seguintes campanhas de coleta de amostras: Campanha 1 – 13/12/2011; Campanha 2 – 19/01/2012; Campanha 3 – 23/02/2012; Campanha 4 – 29/03/2012; Campanha 5 – 02/05/2012.

Em cada ponto de coleta foram determinadas as seguintes variáveis: alcalinidade por hidróxidos, alcalinidade por carbonatos, alcalinidade por bicarbonatos, cloretos, pH, temperatura da água, turbidez, fluoreto, nitrato, cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, potássio, sódio, zinco, coliformes fecais, DBO₅ (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), nitrogênio total Kjeldahl, surfactantes, fósforo total, sólidos totais dissolvidos e dureza. Também foram avaliados a ecotoxicidade com *Daphnia magna*. Todos os procedimentos de coleta e análise das amostras foram desenvolvidos conforme descrito em APHA/AWWA (2005).

A avaliação da qualidade da água foi feita conforme portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde.

A avaliação da toxicidade aguda com *D. magna* foi executada conforme a metodologia estabelecida na ABNT NBR 12713. O princípio do método consiste na exposição de neonatos com idade entre 2 a 26 horas, a diferentes concentrações ou diluições da amostra teste, por um período de 48 horas de duração. Neste trabalho,

amostras de efluentes bruto e tratado por diferentes etapas do sistema integrado UASB/FA/WC's/UV, foram testadas e preparadas com precisão volumétrica, e progressão geométrica de razão de $\frac{1}{2}$.

Devido a variação de composição do efluente bruto, optou-se por avaliar seu efeito tóxico em ensaios envolvendo 9 concentrações (100% a 0,390%). Os ensaios foram executados em béqueres de 50 mL, em duas séries. Para cada concentração houve a exposição de 20 organismos testes, 10 por béquer. Os organismos foram adicionados aos béqueres a partir do meio ISO, da menor para a maior concentração. Posteriormente a disposição dos filhotes, os béqueres foram cobertos com filme plástico de PVC e levados a incubadora ($20^{\circ}\text{C} \pm 1$), sem alimentação e com ausência de luminosidade.

Após o período de 48 horas, a quantificação por concentração do número de indivíduos imóveis/mortos foi registrada e os resultados foram então expressos em EC_{50} 48 horas que corresponde a concentração efetiva inicial que causa efeito imobilidade ou mortalidade em 50% dos organismos. Para estimar o $\text{EC}(i)$ 50 foi utilizado o método estatístico não paramétrico (Trimmed Spearman-Kärber Method) proposto por Hamilton *et al.*, (1979).

As classificações qualitativas dos ensaios de toxicidade levaram em conta os critérios estabelecidos em Lobo *et al.*, (2006), conforme Tabela 1.

Tabela 1: Escala de toxicidade relativa para ensaio de toxicidade aguda.

Percentil	$\text{EC}(i)$ 50	Toxicidade
25°	<25%	Extremamente tóxica
50°	25-50%	Altamente tóxica
75°	50-75%	Moderadamente tóxica
---	>75%	Pouco tóxica

Fonte: Lobo *et al.*, (2006).

A Tabela 2 apresenta o resumo dos pontos de caracterização no monitoramento do sistema de tratamento e reúso.

Tabela 2: Identificação dos pontos de amostragem.

Pontos de Coleta	Descrição
Ponto 1	Água da chuva (tratada para consumo humano)
Ponto 2	Água da rede pública de abastecimento pra consumo humano
Ponto 3	Saída do banheiro/lavanderia (esgoto bruto)
Ponto 4	Saída da fossa/filtro (esgoto tratado, parte 1)
Ponto 5	Entre os Wetlands3 e 4 (esgoto tratado, parte 2)
Ponto 6	Esgoto tratado (água para reúso)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados, destacam as seguintes (Campanha 1 – 13/12/2011) e última coleta (Campanha 5 – 02/05/2012). Estes valores são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Resultados obtidos na campanha de coleta de 13/12/2011 (Campanha 1).

Pontos de Coleta	Unidades	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Portaria 128	Portaria 2.914
Alc. Hidróxidos	mg/L CaCO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	x	X
Alc. Carbonatos	mg/L CaCO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	226,80	x	X
Alc. Bicarbonados	mg/L CaCO ₃	75,60	256,50	434,70	275,40	264,60	191,70	x	X
Cloretos	mg/L	4,20	4,20	83,95	28,86	49,84	62,96	x	250,00
pH	-	7,40	7,70	7,90	7,90	7,70	8,40	6 a 9	6 a 9
Temp. Água	°C	24,00	24,00	23,00	25,00	25,00	24,00	< 40	X
Turbidez	uT	1,97	0,05	136,00	147,00	6,39	11,20	x	5,00
Fluoreto	mg/L	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	10	1,50
Nitrato	mg/L	0,31	1,67	7,71	6,29	1,59	1,72	x	10,00
Cálcio	mg/L	5,35	12,79	22,55	13,78	29,03	17,48	x	X
Cobre	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5	2
Ferro	mg/L	<0,02	<0,02	0,70	1,21	0,17	0,57	10	0,3
Magnésio	mg/L	1,57	8,15	9,25	7,87	6,19	5,22		X
Manganês	mg/L	<0,02	0,02	0,20	0,15	1,05	0,05	1	0,1
Sódio	mg/L	4,47	6,36	7,00	6,89	7,04	6,94	x	200
Zinco	mg/L	<0,02	<0,02	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	2	5
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	<18	<18	54.000.000	700.000	450	<18	100.000	Ausente
DBO	mg/L	12,8	6,7	201	112	16,5	13,6	180	X
DQO	mg/L	66	9,8	662	498	73	19,5	400	X
Nitrogênio total Kjeldahl	mg/L	1,3	1,3	93,2	28,1	3,8	0,6	20	X
Surfactantes	mg/L	0,05	0,02	0,33	8,03	0,25	0,14	2	0,5
Fósforo total	mg/L P	0,11	0,06	1,67	1,51	0,42	0,32	4	X
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	46	162	914	486	443	323	x	1000
Dureza	mg/L	19,8	65,5	94,4	66,8	98,0	65,1	x	500,0

Os pontos de amostragem P1, P2 e P6 em função da portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, na primeira campanha de coleta no ponto 6 apresentaram alteração para os resultados de ferro e turbidez.

Tabela 3: Resultados obtidos na campanha de coleta de 02/05/2012.

Pontos de Coleta	Unidades	P1	P2	P3	P4	P5	Portaria 128	Portaria 2.914
Alc. Hidróxidos	mg/L CaCO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	x	x
Alc. Carbonatos	mg/L CaCO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	x	x
Alc. Bicarbonados	mg/L CaCO ₃	18,00	225,00	855,00	814,50	711,00	x	x
Cond. Elétrica	μS/cm	10,81	215,00	1322,00	1127,00	843,00	x	x
Cloretos	mg/L	0,00	3,50	62,96	71,70	82,20	x	250,00
pH		6,90	7,20	7,80	7,80	7,90	6 a 9	6 a 9
Temp. Água	°C	23,00	23,00	23,00	22,00	22,00	< 40	x
Turbidez	uT	0,88	0,02	306,00	100,00	1,60	x	5,00
Fluoreto	mg/L	*	*	*	*	*	10	1,50
Nitrato	mg/L	0,97	1,69	4,83	9,07	1,39	x	10,00
Cálcio	mg/L	<0,02	13,88	21,18	24,58	50,39	x	x
Cobre	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,5	2
Ferro	mg/L	<0,02	<0,02	1,05	0,58	0,19	10	0,3
Magnésio	mg/L	<0,02	7,49	11,01	9,20	5,77	x	x
Manganês	mg/L	*	*	*	*	*	1	0,1
Potássio	mg/L	*	*	*	*	*	x	x
Sódio	mg/L	*	*	*	*	*	x	200
Zinco	mg/L	*	*	*	*	*	2	5
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	*	*	*	*	*	100.000	ausente
DBO	mg/L	*	*	*	*	*	180	x
DQO	mg/L	*	*	*	*	*	400	x
Nitrogênio total Kjeldahl	mg/L	*	*	*	*	*	20	x
Surfactantes	mg/L	*	*	*	*	*	2	0,5
Fósforo total	mg/L P	*	*	*	*	*	4	x
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	13,1	163,1	619,9	590,5	515,5	x	1000
Dureza	mg/L	*	*	*	*	*	x	500,0

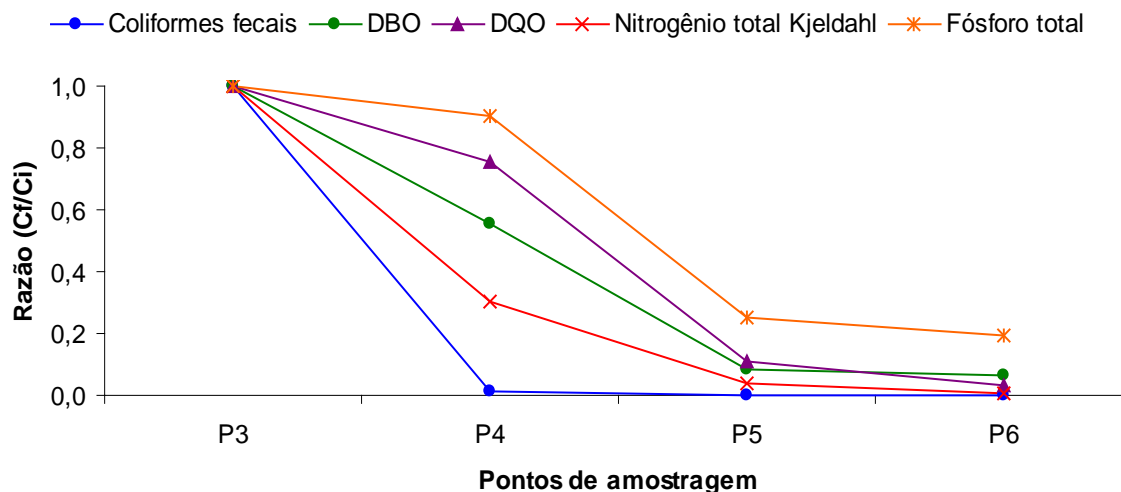
Quanto à avaliação dos resultados dos pontos de amostragem P3, P4, P5 e P6, quanto à portaria nº 128 do CONSEMA, observam-se problemas nos resultados para coliformes fecais, DBO, DQO e nitrogênio total *Kjeldahl* nas primeira e segunda campanha, apenas nos pontos P3 (esgoto bruto) e P4 (efluente do filtro biológico), problemas estes que não persistem ao longo do sistema de tratamento. Atestando, até o momento, a eficiência deste sistema. No entanto, problemas discretos foram identificados na primeira campanha de coleta com a concentração de manganês no ponto P5.

As demais campanhas de coletas apresentaram resultados em acordo aos estabelecidos pela respectiva portaria, cabendo salientar que ainda se encontram em análise alguns parâmetros fundamentais para a discussão da eficiência deste sistema. Além disto, na terceira, quarta e quinta campanhas de coleta, não foram coletadas amostras do ponto P6 devido a problemas técnicos no sistema de amostragem. Da mesma forma, devido a problemas no sistema de desinfecção por UV, não foram coletadas amostras no ponto P1 na quinta campanha de coleta.

A partir dos resultados obtidos na primeira campanha de coletas, a Figura 2 apresenta a razão entre os resultados de coliformes fecais, DBO, DQO, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total no ponto P4 (esgoto tratado na fossa/filtro), P5 (após wetlands 1 e 2), e P6 (esgoto tratado para reuso), e o esgoto bruto (P3).

Os resultados permitem identificar valores de eficiência do sistema como um todo (entre P3 e P6) da ordem de 99,9999% para coliformes fecais, 93,23 para DBO, 97,05 para DQO, 99,35% para nitrogênio total Kjeldahl e, 80,84% para fósforo total.

Figura 2. Razão entre a concentração dos parâmetros coliformes fecais, DBO, DQO, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total nos pontos P3, P4, P5 e P6 (Cf) em função da concentração inicial destes em P3 (Ci).



Quanto aos valores de ecotoxicidade aqui são apresentados os obtidos na partida da ETE (Tabela 4). O perfil de redução foi mantido nas demais campanhas.

Tabela 4: Resultados dos ensaios de toxicidade aguda para o mês de Dezembro/2011.

Mês	Ponto de coleta	EC(I) _{50%}	Toxicidade
dez/11	Bruto	32,2	Altamente tóxica
dez/11	Pós Fossa Filtro	57,4	Medianamente tóxica
dez/11	W4	100	Sem toxicidade
dez/11	Tratado	100	Sem toxicidade
dez/11	Água Chuva	nd	nd
dez/11	Água da Rede	100	Sem toxicidade

Análises Toxicológicas

Os ensaios de toxicidade aguda envolvendo o micro crustáceo *Daphnia magna* foram executados no laboratório de ecotoxicologia da UNISC, através de seis repetições amostrais (n = 10). Os resultados de EC₅₀ para o efluente bruto avaliados revelaram uma grande variação de concentração que, qualitativamente, atinge níveis de extremamente tóxico como os encontrados nas amostras 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 a moderadamente tóxico como na resposta da amostra 2, conforme escala de toxicidade relativa proposta por Lobo et al, 2006.b. Esta variação resultou em um elevado coeficiente de variação para a média, com 89,2%. É importante salientar que o efluente bruto apresentou o nível de extremamente tóxico em 70% das amostras analisadas.

A variação da toxicidade aguda foi diminuída após a passagem do efluente bruto pelo sistema UASB/FA. As amostras oriundas do sistema UASB/FA apresentaram elevação dos valores de EC₅₀ para níveis moderadamente tóxicos, com especial destaque para as amostras 1, 2 e 4. Entretanto, as outras amostras ainda apresentaram toxicidade extrema para *D. magna* (Tabela 5).

Tabela 5: Valores de EC₅₀ dos diferentes pontos de coleta no sistema.

	Bruto	Pós UASB/FA	W4	Reuso
Amostra 1	32.2	57.4	100.0	100.0
Amostra 2	59.5	57.4	100.0	100.0
Amostra 3	13.2	12.7	100.0	100.0
Amostra 4	45.1	59.5	100.0	100.0
Amostra 5	3.1	22.5	100.0	100.0
Amostra 6	1.8	10.3	100.0	100.0
Amostra 7	19.3	18.9	100.0	100.0
Amostra 8	13.3	3.5	100.0	100.0
Amostra 9	10.8	16.2	100.0	100.0
Amostra 10	12.3	13.4	100.0	100.0
Média	21.1	27.2	100.0	100.0
DP	18.8	21.9	0.0	0.0
CV (%)	89.2	80.7	0.0	0.0

Diferentes sistemas envolvendo *wetlands* construídos demonstraram eficiência na remoção da toxicidade aguda para *D. magna*. Silva (2010) apud Horn (2011), constatou remoção de aproximadamente 28% de toxicidade, elevando os níveis de média para baixa toxicidade com combinação de um reator anaeróbico com sistema de *wetland* construído.

Horn (2011) encontrou remoção do efeito de toxicidade aguda para todo o sistema de *wetland* e associou o eventual efeito tóxico a possível interferência do íon amônio. Esta mesma relação com o íon amônio foi constatada por Dupont (2010), tendo a ineficiência de remoção da toxicidade para um sistema convencional estudado pelo autor, possível relação de ineficiência de remoção de carga nitrogenada, especialmente amônia.

A eficiência do sistema estudado neste trabalho foi constatada por meio das respostas não tóxicas oriundas da saída final do *wetland*. Neste caso, 100% das amostras não apresentaram toxicidade aguda para *D. magna*.

CONCLUSÕES

Apesar dos problemas encontrados durante a operação do sistema UASB/BF/*Wetlands*/UV este se comportou de forma satisfatório, mesmo assim foram necessárias intervenções em sua proposta inicial, uma vez que os *wetlands* estavam sofrendo com as condições operacionais as quais estavam sendo expostas (baixo tempo de detenção hidráulico no sistema biológico, composto pelo reator UASB e FA).

A avaliação do sistema de tratamento encontra-se em andamento, entretanto a partir das análises realizadas é possível constatar a eficiência do sistema integrado UASB/BF/*wetland*/UV para o tratamento de efluentes domésticos gerados em propriedades rurais.

Há potencialidade na reutilização do efluente, contudo se faz necessário controle analítico permanente dos indicadores biológicos, uma vez que este indicador impossibilita a utilização da água de reuso até mesmo para fins de descarga em vaso sanitário, sendo este o uso menos nobre.

Quanto a ecotoxicidade a eficiência do sistema estudado neste trabalho foi constatada por meio das respostas não tóxicas oriundas da saída final do *wetland*. Neste caso, 100% das amostras não apresentaram toxicidade aguda para *D. magna*.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos apoios financeiros da SCT-RS e FAPERGS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 21 ed. Washington. 2005
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12713: Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade Aguda – Método de ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustácea). Rio de Janeiro, 2004.
3. HORN, Tamara Bianca. *Integração de Sistemas Wetlands Construídos + Fotoozonização Catalítica no Tratamento de Efluentes de Campus Universitário*. 2011. 157 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental - Mestrado), Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2011.
4. FRELLO, C. P. Avaliação da toxicidade aguda do agrotóxico carbofuran utilizando reativos biológicos: *Poeciliareticulata* e *Daphnia magna*. 1998. Dissertação de Mestrado (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
5. HAMILTON, M. A., RUSSO, R. C., THURSTON, R. V. Trimmed Spearman-Kärber method for calculation of EC50 and LC values in bioassays. *Burlington Research Technol.*, 11(7): 114-119. 1979.
6. LOBO, E. A., RATHKE, F. S., BRENTANO, D. M. *Ecotoxicologia aplicada: o caso dos produtores de tabaco na bacia hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil*. p. 41-68. In: ETGES, V. E.; FERREIRA,
7. SPERLING, M. von. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 588 p.