



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA RESIDENCIAL EMPREGANDO A ECOTECNOLOGIA DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS

Victória Regina Celso Monteiro¹; Pablo Heleno Sezerino²; Luiz Sérgio Philippi³

RESUMO

Neste artigo foi avaliada a água cinza gerada em uma residência, bem como a performance de tratamento deste efluente promovido por um sistema composto por tanque séptico (TS) seguido de *wetland* construído de escoamento horizontal (WCEH). O sistema foi implantado em uma residência na área rural do município de Palhoça/SC, com início de operação no ano de 2010. O WCEH possui uma área superficial de 8 m² e profundidade útil de 0,7 m. O material filtrante do *wetland* é composto por areia grossa (d_{10} de 0,4 mm; d_{60} de 1,2 mm). Determinou-se, ao longo de 2013, a contribuição diária de água cinza gerada empregando-se campanhas de medição direta de vazão e a caracterização qualitativa da água cinza bruta (ACB) e dos efluentes do TS e do WCEH (água cinza tratada). O volume diário de água cinza gerada foi em média 102,3 L/d. A ACB se destacou por apresentar concentrações de DQO e de ortofosfato elevadas, com médias de 1025 mg/L e 62,4 mg/L, respectivamente. Após 4 anos de operação, o WCEH apresentou 83% de remoção de DQO, considerando um carregamento orgânico de 12,3 gDQO/m².d, e 74% de remoção para o ortofosfato, além de uma remoção de 94% para sólidos suspensos.

Palavras-chave: Águas Cinzas; Tanque Séptico; Wetlands Construídos.

CHARACTERIZATION AND TREATMENT OF RESIDENTIAL GREYWATER APPLYING THE ECOTECHNOLOGY OF CONSTRUCTED WETLANDS

ABSTRACT

In this article was evaluated the greywater produced in a single house and also the performance of a greywater treatment system composed by a septic tank (ST) followed by horizontal flow constructed wetland (WCEH). This system has been implemented in one house located at rural zone of Palhoça/SC municipality, starting operation in 2010. WCEH has 8.0 m² of superficial area and 0.70 m deep. The filtration material is sand (d_{10} of 0.4 mm and d_{60} of 1.2 mm). During 2013, daily greywater production was obtained using direct measurement and also were conducted the qualitative characterization of raw greywater (ACB), ST and WCEH final effluents. Greywater's daily volume obtained were in average 102.3 L/d. ACB highlighted by great amount of COD and orthophosphate concentrations, with in average 1025 mg/L and 62.4 mg/L, respectively. After 4 year of operation, WCEH showed 83 % of COD removal, considering an organic loading rate of 12.3 gCOD/m².d, and 74 % of orthophosphate removal. Also it was possible to notice 94 % of suspended solids removal.

Keywords: Greywater; Septic Tank; Constructed Wetlands.

¹Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. E-mail: vickre23@gmail.com.

²Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. E-mail: pablo.sezerino@ufsc.br.

³Doutor em Saneamento Ambiental - Université de Montpellier I (França). Pós-doutor - Université de Montpellier II (França). Professor Voluntário do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. E-mail: l.philippi@yahoo.com.br.

1. INTRODUÇÃO

A prática da segregação de efluentes gerados em uma residência tem se apresentado como uma opção em potencial para o saneamento sustentável, pois facilita a implementação de alternativas de tratamento e reúso, propiciando o aproveitamento dos nutrientes presentes nestes efluentes. Esta segregação da água residuária de uma residência dá-se conforme segue (GONÇALVES, 2006; ERIKSSON et al., 2002):

- Águas Marrons: água residuária contendo material fecal e papel higiênico, proveniente de dispositivos separadores de fezes e urina;

- Águas Amarelas: água residuária contendo principalmente urina também proveniente de dispositivos separadores de fezes e urina;

- Águas Negras: águas residuárias provenientes dos vasos sanitários; contêm fezes e urina e pode conter papel higiênico e água residuária de cozinhas;

- Águas Cinzas: água residuária produzida em banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar, tanques, podendo ou não incluir pias de cozinha.

Essas categorias possuem composições muito diferentes e, portanto, concentrações de poluentes também

diferentes. As águas cinzas geralmente apresentam concentração de nutrientes baixa, porém, esta pode ser tratada de maneira relativamente fácil e assim reutilizada para vários fins (WILDERER, 2002). Além disso, a água cinza é responsável por uma grande parcela dos efluentes residenciais, podendo representar até 70% do volume de esgoto doméstico gerado no dia (HERNÁNDEZ LEAL et al., 2007; FIORI et al. 2006).

Esta água cinza residencial apresenta, segundo Magri et al., (2011), um grande potencial de reúso de água na própria residência, reduzindo o gasto financeiro com o consumo de água potável e evitando a disseminação de potenciais poluentes no ambiente, no caso de destinação final inadequada.

Para poder aliar o reúso e a destinação adequada da água cinza tratada no ambiente, há a necessidade de promover o tratamento deste efluente. Diversos tipos de tratamento para as águas cinzas vêm sendo propostos por muitos autores, sendo que a escolha do sistema a ser utilizado depende das características do efluente, da finalidade do tratamento e da disponibilidade financeira e de área superficial disponível.

Segundo Li, Wichmann e Otterpohl (2009), as tecnologias aplicadas incluem sistemas físicos, químicos e

biológicos, sendo a combinação de processos biológicos com filtração física seguida de desinfecção, como uma das soluções mais econômicas e viáveis. Dentre essas tecnologias, destacam-se os *wetlands* construídos.

Os *wetlands* construídos são sistemas naturais de tratamento de efluentes que se

utilizam dos processos existentes nas áreas alagadas, sendo projetados, implantados e operados sob aspectos de engenharia. Estes subdividem-se em dois grandes grupos, quais sejam: (i) de escoamento superficial; (ii) de escoamento subsuperficial (Figura 1).

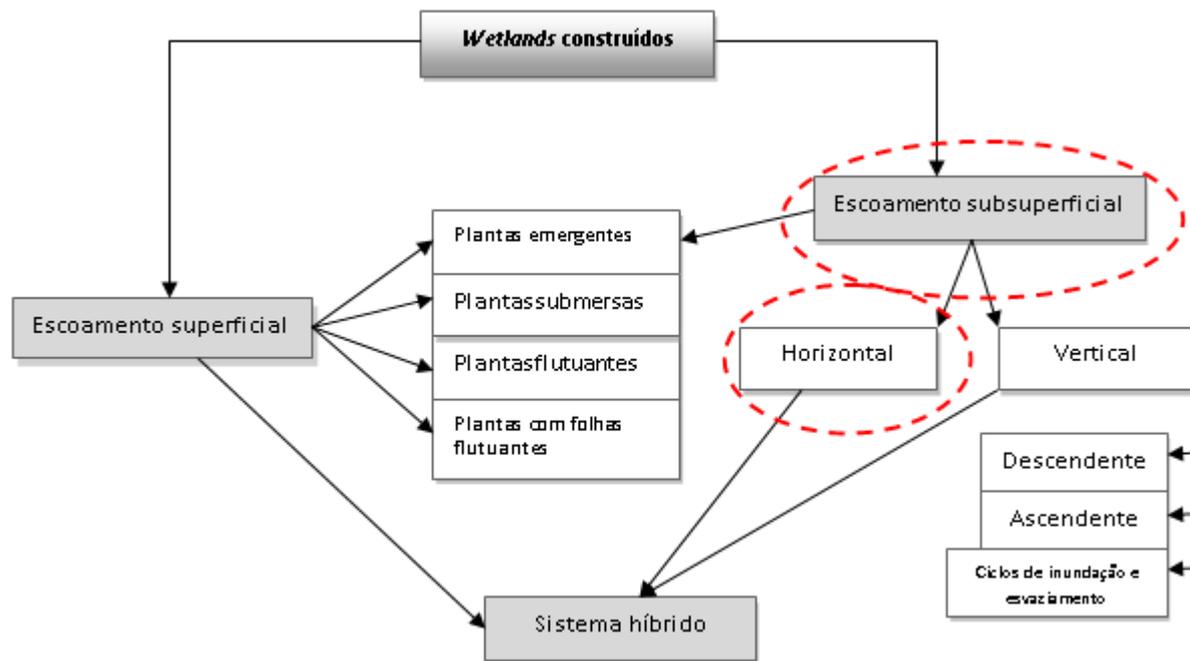


Figura 1: Classificação dos *wetlands* construídos (adaptado de VYMAZAL e KROPFELOVÁ, 2008). Nota: Em destaque o tipo de wetland utilizado neste estudo.

Esta ecotecnologia é capaz de promover a depuração de águas residuárias de maneira simples e economicamente atrativa, através de uma combinação de processos que incluem sedimentação, precipitação, adsorção às partículas do material filtrante, assimilação pelos tecidos das plantas e transformações microbiológicas (VYMAZAL; KROPFELOVÁ, 2008).

Dado a diversidade de combinações aplicáveis aos *wetlands* construídos, não há ainda no Brasil uma tendência de padronização de uso, tampouco de nomenclatura, pois pode-se encontrar na literatura diversas denominações, tais como: zona de raízes, filtros plantados com macrófitas, sistemas alagados construídos, leitos cultivados, banhados construídos, biofiltros com macrófitas, entre outros.

Nos *wetlands* construídos de escoamento subsuperficial horizontal (WCEH), o efluente a ser tratado é disposto na porção inicial do leito, denominada zona de entrada – geralmente composta por brita, de onde irá percolar vagorosamente através do material filtrante

até atingir a porção final, também composta por brita e chamada de zona de saída. Esta percolação tende a seguir na horizontal e é impulsionada por uma declividade de fundo (Figura 2) (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

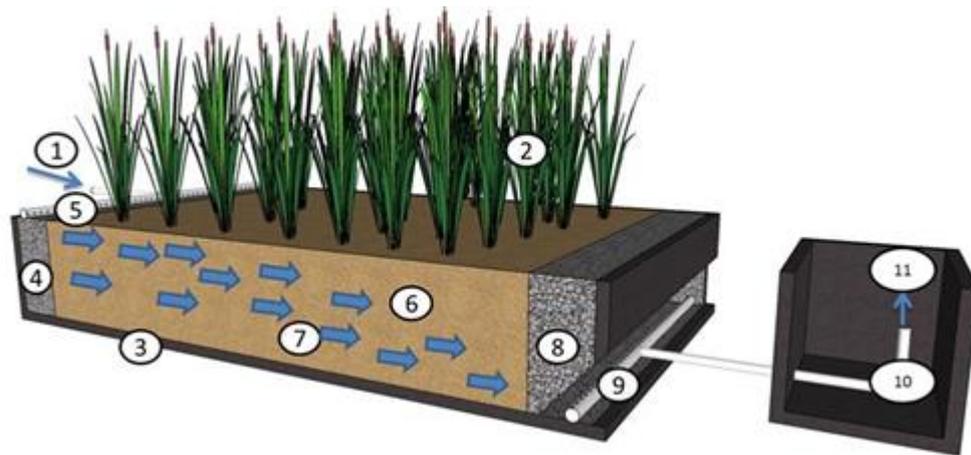


Figura 2:Esquema representativo da vista superior e corte longitudinal de um WCEH. Fonte: PELISSARI, 2013. *Legenda:* (1) afluente; (2) macrófitas; (3) impermeabilização; (4) zona de entrada; (5) tubulação de alimentação; (6) material filtrante; (7) sentido do fluxo; (8) zona de saída; (9) tubulação de coleta; (10) controlador de nível; (11) efluente.

Durante a percolação, o esgoto entrará em contato com regiões aeróbias, anóxicas e anaeróbias. A camada aeróbia é mais evidente ao redor das raízes das macrófitas, pois estas tendem a transportar oxigênio da parte aérea para as raízes e, sobretudo, ocorrem nesta porção do leito filtrante uma significativa convecção e difusão de oxigênio atmosférico. Quando da passagem do efluente na rizosfera, ocorre uma depuração por meio de processos físicos e químicos e, mais

efetivamente, devido a degradação microbiológica (COOPER et al., 1996).

O princípio básico do tratamento é a formação de biofilme aderido a um meio suporte e raízes das plantas, onde comunidades de microrganismos aeróbios e anaeróbios depuram a matéria orgânica e promovem transformações da série nitrogenada. O WCEH possui, de forma geral, boa performance na remoção da matéria orgânica (DQO, DBO_{5,20} e sólidos

suspensos – SS) (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Uma vez que as águas cinzas possuem características quantitativas e qualitativas relacionadas aos hábitos e costumes da fonte geradora (ex.: residência urbana, residência rural, edifícios multifamiliares e comerciais), é importante que estas sejam caracterizadas e submetidas ao sistema de tratamento que melhor se adapte à realidade local e ao requerimento de qualidade proposto, quer seja para reúso, quer seja para lançamento final no ambiente.

Dentro deste contexto, neste artigo avaliou-se qualitativamente e quantitativamente a água cinza gerada em uma residência, bem como avaliou-se o desempenho de tratamento promovido por um sistema composto por tanque séptico seguido de *wetland* construído de escoamento subsuperficial horizontal.

2. METODOLOGIA

O sistema residencial estudado foi implantado no ano de 2010, na zona rural do município de Palhoça/SC, em uma residência com três pessoas. A água cinza

é composta pelos efluentes do tanque e máquina de lavar roupas da residência e após tratamento a mesma é armazenada em um reservatório, podendo ser reutilizada no vaso sanitário da própria residência, sendo o excedente infiltrado no solo.

O sistema de tratamento de águas cinzas é composto por um tanque séptico com volume útil de 1,70 m³, dimensionado segundo NBR 7229/93 (ABNT, 1993), seguido por um WCEH plantado com papiros (*Cyperus papyrus*) (Figura 3).

O WCEH foi dimensionado segundo cinética de primeira ordem aplicável a reator de fluxo pistão, para uma vazão afluente estimada em 0,45 m³/dia e a taxa de aplicação hidráulica na seção transversal ao fluxo de 320 L/m².dia, conforme destacado em Magri et al. (2011). Estes critérios de dimensionamento geraram uma área superficial de 8 m² (4 m de comprimento por 2 m de largura) e profundidade útil de 0,7 m e 0,3 m de borda livre. A camada de material filtrante foi composta por brita 1 na porção de distribuição e coleta, sendo a porção efetiva de tratamento composta de areia grossa (d₁₀ de 0,4mm; d₆₀ de 1,2mm; coeficiente de uniformidade (d₁₀/d₆₀) igual a 3).

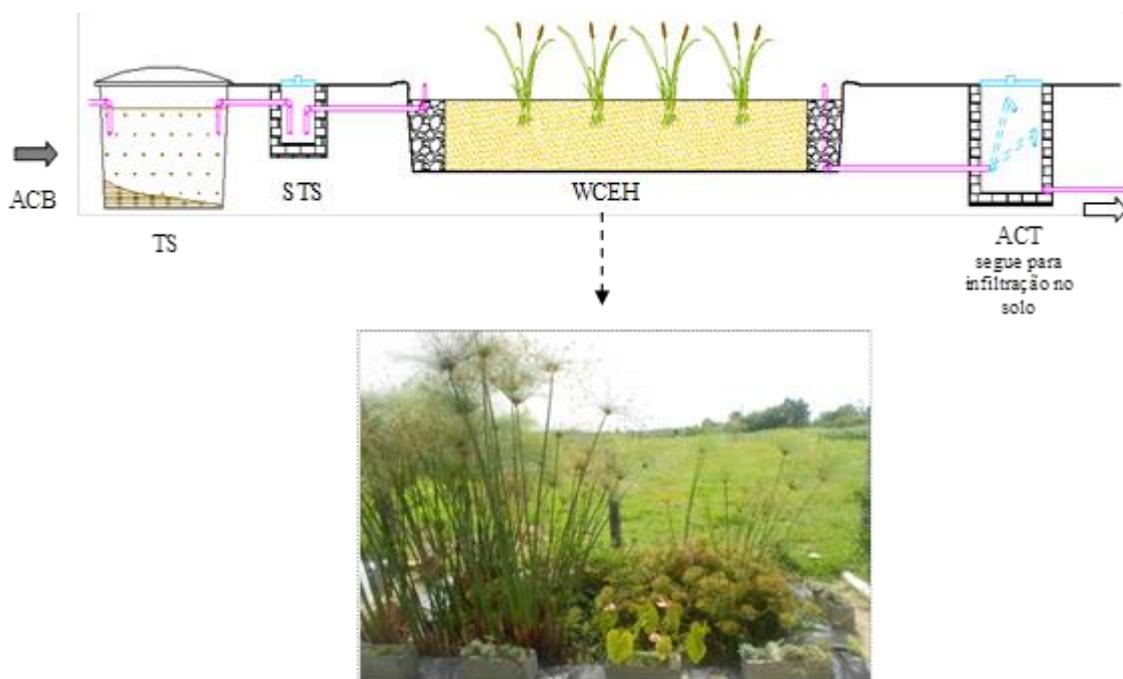


Figura 3: Representação esquemática do sistema de tratamento de água cinza residencial. *Legenda:* ACB: Água Cinza Bruta, TS: Tanque Séptico, STS: Saída Tanque Séptico, WCEH: wetland construído de escoamento horizontal; ACT: Água Cinza Tratada.

2.1 Caracterização da água cinza produzida e performance de tratamento

Para a caracterização quantitativa, determinou-se a contribuição diária de água cinza gerada, por meio de cinco campanhas de medição direta de vazão (empregando cronômetro e proveta), realizadas *in loco*. As campanhas de medição foram propostas para iniciarem-se às 8:00h da manhã e encerrarem às 18:00 h. Contudo, o monitoramento efetivou-se de acordo com o uso dos equipamentos geradores de águas cinzas pela família, iniciando às 08h30min e seguindo geralmente até às 15:00 h. Nestes períodos, um recipiente

graduado foi acoplado à tubulação de saída do efluente, sendo que a anotação do volume produzido foi realizada de hora em hora.

Para a caracterização qualitativa, foi analisada a água cinza gerada no seu estado recém produzido (bruto), ao longo dos meses de abril a agosto de 2013, por meio de oito amostragens pontuais espaçadas quinzenalmente; e de setembro a dezembro de 2013, através de cinco amostragens compostas.

A eficiência de remoção de poluentes e desempenho do tratamento promovido pelo sistema composto por tanque séptico e WCEH, foi representada pelos valores

absolutos e por meio da utilização da estatística descritiva, obtidos através da coleta de amostras, nos pontos pré-definidos ACB, STS e ACT, conforme

ilustra a Figura 3. Os parâmetros analisados para a caracterização e avaliação da qualidade do tratamento estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Metodologias analíticas empregadas na análise dos parâmetros utilizados para a caracterização da água cinza e performance de tratamento do sistema TS seguido de WCEH.

Parâmetros	Metodologia Empregada	Unidade
pH	Direto, Pontenciométrico	-
Alcalinidade	Método Titulométrico - (APHA, 1998)	mg/L
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Refluxo Fechado - (APHA, 2005)	mg/L
Sólidos Totais (ST)	Método Gravimétrico - (APHA, 2005)	mg/L
Sólidos Suspensos (SS)	Método Gravimétrico - (APHA, 2005)	mg/L
Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₄ ⁺)	Método de Vogel - (1981)	mg/L
Ortofosfato reativo (P-PO ₄ ³⁻)	Método Colorimétrico do Ácido Vanadomolibdofosfórico - (APHA, 1998)	mg/L
<i>E.coli</i>	Substrato Cromogênico - Colilert®	NMP/100mL

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dado que as características de utilização da residência não sofreram alteração significativa de ocupação e uso, assume-se que as campanhas de medição de vazão realizadas representam um comportamento cotidiano da unidade estudada ao longo do ano.

Observou-se que o volume de água cinza diário produzido na residência e encaminhado ao sistema de tratamento alcança em média 102,3L/d. A partir deste valor infere-se uma contribuição per capita de 34L/pessoa.d. O comportamento da vazão observada ao longo do dia pode ser visualizado na Figura 4.

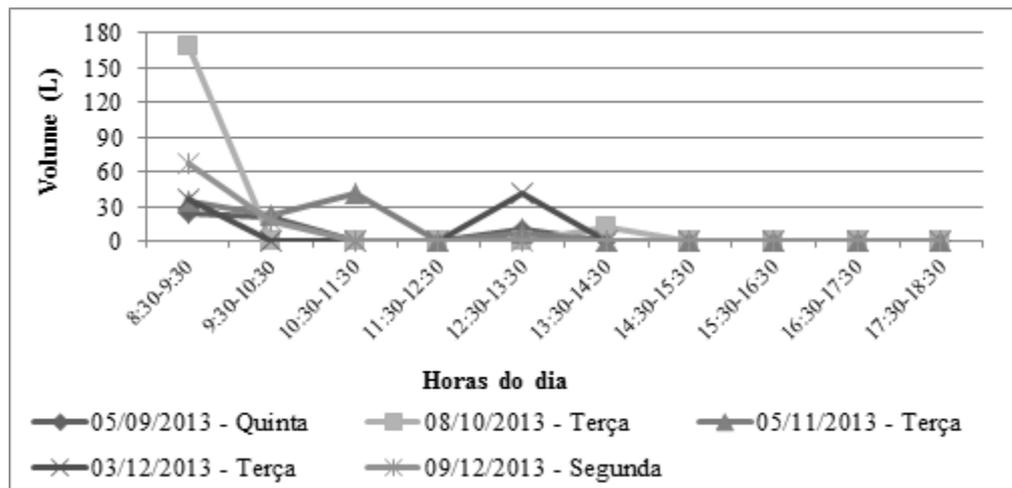


Figura 4: Evolução temporal da vazão de entrada medida na residência.

As maiores vazões ocorrem no período da manhã, horário em que é realizada a lavagem de roupas na residência, sendo que o volume produzido entre 8h30min e 9h30min variou de 25,3 L à 169,0 L. Este maior volume é justificado pelo uso da máquina de lavar roupas, a qual é utilizada eventualmente pela família. Depois deste horário, ocorre uma pequena produção no restante da manhã e início da tarde e, após isso, a vazão fica próxima a zero, visto que são encerradas as atividades na lavanderia. Eriksson et al. (2009) também relataram ter verificado ocasiões de ausência de geração de água cinza em residência em diferentes horários do dia.

Na Tabela 2 podem ser verificados os valores para água cinza recém produzida (ACB) além dos valores para água cinza tratada ao longo das unidades de tratamento, ou seja, saída do tanque

séptico (STS) e saída do *wetland* horizontal (ACT).

Destaca-se que o sistema de tratamento já estava em operação há mais de 3 anos (44 meses). A performance de tratamento neste período inicial pode ser obtido junto ao trabalho de Magri et al., (2011). O tempo de utilização de sistemas naturais como os *wetlands* construídos é muito importante para a avaliação da performance de qualidade, pois sistemas naturais demandam de tempo para atingirem o estágio de maturação e estabilidade (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

A média de pH obtida para água cinza bruta ($8,3 \pm 0,8$) encontra-se dentro da faixa apresentada por Eriksson et al., (2002), os quais indicam que o pH pode variar de 8 a 10 unidades para águas de lavanderia. Este pH tendendo ao básico também foi relatado por May (2009), que

obteve média de 9,2 para o efluente proveniente da lavagem de roupas. Tal pH foi justificado pela maior quantidade de sabão utilizado nesta etapa.

O tanque séptico como primeira etapa do tratamento, conseguiu neutralizar

este pH para valores em torno de 7,0. O WCEH manteve esta tendência de tamponamento, apresentando a média de pH para a água cinza tratada em 6,8.

Tabela 2: Caracterização da água cinza (ACB) e valores obtidos após as unidades componentes do sistema de tratamento: tanque séptico (STS) e WCEH (ACT), ao longo de 9 meses de monitoramento no ano de 2013.

Parâmetro(unidade) (n)		ACB	STS	ACT
pH (13)	Média	8,3	7,1	6,8
	± DP	0,8	0,4	0,3
Alcalinidade (mgCaCO₃/L) (13)	Média	130	290	315
	± DP	60	30	46
DQO (mg/L) (13)	Média	1025	962	166
	± DP	373	73	61
N-NH₄⁺(mg/L) (13)	Média	2,8	11,3	5,1
	± DP	0,7	2,7	0,8
P-PO₄³⁻(mg/L) (13)	Média	62,4	31,9	8,4
	± DP	25,4	3,9	4,7
ST (mg/L) (13)	Média	603	884	556
	± DP	296	121	94
SS (mg/L) (13)	Média	104	103	7
	± DP	62	28	8
<i>E.coli</i> (NMP/100 mL) (7)	Média	5,16x10 ¹	-	-

Legenda: (n) = número de amostragens; DP = desvio padrão

A média para alcalinidade na água cinza brutificou em 130 mgCaCO₃/L, corroborando com os valores apresentados por Ledin, Eriksson e Henze (2001), os quais indicam como faixa usual concentrações variando de 20 a 340 mgCaCO₃/L. De acordo com esses autores,

os maiores valores de alcalinidade são encontrados em águas cinzas de lavanderias e de cozinhas.

Foi observado, contudo, um aumento da concentração de alcalinidade à medida que o efluente atravessou o sistema, permanecendo a média da água cinza

tratada em 315 mgCaCO₃/L. Esta elevação também foi relatada por Monteiro (2009) em um *wetland* de fluxo horizontal. Kadlec e Wallace (2009) relatam que as concentrações de hidrogênio, nitrogênio amoniacal e enxofre influenciam na alcalinidade, a qual sofre um ligeiro aumento em *wetlands* horizontais de fluxo subsuperficial.

Em termos de DQO, a ACB apresentou média de concentração de 1025 mg/L. Nolde (1996), argumenta que em uma fonte separada de água cinza estes valores podem variar amplamente, de 30 a 1000 mg/L. Hernández Leal et al., (2007), em um estudo na Holanda, apresentaram um valor médio de 1583 mg/L em um sistema similar a este.

Considerando a vazão média que entra no sistema (102,3 L/d), a concentração média de DQO na saída do tanque séptico (962 mg/L) e a área superficial do *wetland* horizontal (8 m²), obtém-se uma carga aplicada de 12,3 gDQO/m².d, valor que está de acordo com o recomendado por Hoffmann et al. (2011) que sugerem um carregamento orgânico superficial não excedente a 16gDQO/m².d.

A concentração média para água cinza tratada ficou em 166 mg/L (Figura 4), valor este que indica

uma eficiência de aproximadamente 83% de remoção atingida pelo WCEH. Monteiro (2009) obteve uma remoção de 60% de DQO, enquanto Pansonato (2010) obteve 56%, Knupp e Gonçalves (2013) alcançaram 74%, também utilizando *wetlands* de fluxo horizontal para o tratamento de águas cinzas.

A média da concentração de nitrogênio amoniacal ficou em torno de 2,8 mg/L, valor considerado baixo, porém condizente com as características de composição do efluente estudado, visto que o mesmo não contém urina e nem efluentes de cozinha. Peters (2006), obteve média de 3,1 mg/L e Knupp (2013) 2,0 mg/L, em efluentes com composição semelhantes a esta. Uma vez que a concentração de N-NH₄⁺ é baixa, as outras formas de nitrogênio, nitrato e nitrito, não se mostraram significativas.

Na saída do tanque séptico, pode-se observar na Figura 5, que ocorre um aumento na concentração de N-NH₄⁺, alcançando um valor médio de 11,3 mg/L. Esse aumento ocorre através da amonificação, que transforma o nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal, por meio da ação de microrganismos aeróbios e anaeróbios (KADLEC E WALLACE, 2009).

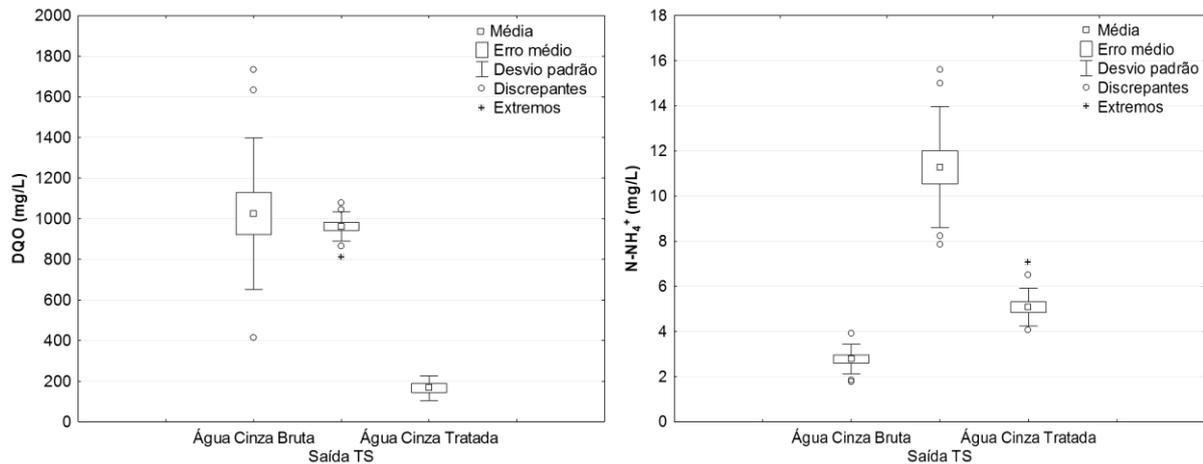


Figura 5: Gráfico *Box plot* representando valores de DQO (mg/L) e N-NH₄⁺(mg/L) obtidos para o *wetland* horizontal da residência.

O efluente tratado apresenta uma concentração média de 5,1mg/l de N-NH₄⁺, o que representa uma considerável remoção para *owetland* horizontal, atingindo valores de 55%. Knupp e Gonçalves (2013) obtiveram 12% de eficiência de remoção para este parâmetro, enquanto Monteiro (2009) obteve 13%.

A concentração média de ortofosfona ACB ficou em torno de 63 mg/L, valor consideravelmente elevado. Esta alta concentração pode estar associada aos amaciantes e sabões em pó, os quais geralmente contém fosfatos(GONÇALVES, 2006). Eriksson et al., (2002), afirmam que as concentrações de fósforo total e ortofosfato costumam ser

maiores nas águas cinzas de lavanderias (valores variando de 0,1a 57mg/L), do que de águas cinzas de banheiros (com valores máximos de 2mg/L).

A remoção de ortofosfato pode ser considerada excelente para o sistema de tratamento como um todo, atingido média de remoção global de 86 %. Na saída do tanque séptico, como pode ser verificado na Figura 6, a média da concentração é 31,9mg/L e na saída do WCEH,de8,4 mg/L. Morel e Diener, (2006) mencionamum*wetland* horizontal na Costa Rica, tratando águas de cozinha, banhos e lavanderia, no qual também se obteve 84% de remoção para este parâmetro.

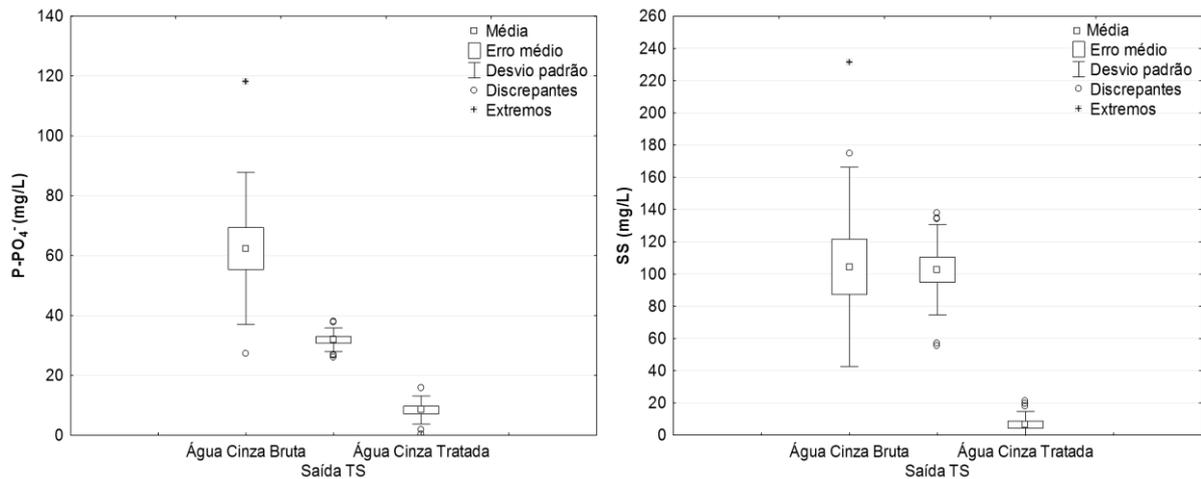


Figura 6: Gráfico *Box plot* representando valores de P-PO₄³⁻ (mg/L) e SS (mg/L) obtidos para o *wetland* horizontal da residência.

Esta retenção do fósforo pode ocorrer por diversos mecanismos, tais como: adsorção, sedimentação, filtração, complexação/precipitação e remoção a partir da assimilação pelas plantas (SEZERINO, 2006; MOTA; SPERLING, 2009). Considerando-se que a adsorção é uma das principais vias de retenção deste nutriente, destaca-se que o sistema ainda proporciona uma relevante eficiência em termos percentuais relativos à concentração, apesar de já estar em operação há quase 4 anos.

Com relação aos sólidos suspensos foi obtida concentração média de 104 mg/L na ACB, sendo que na saída do tanque séptico, a concentração praticamente não foi reduzida. Já o WCEH demonstrou uma boa capacidade na remoção de sólidos suspensos, com o efluente final apresentando média de 7 mg/L,

representando 90% de remoção (Figura 6). Pansonato (2010) obteve 66% de remoção de sólidos suspensos no *wetland* horizontal, Monteiro (2009) apresentou média de 75% e Knupp e Gonçalves (2013) alcançaram 74%.

Relaciona-se esta elevada eficiência de remoção do WCEH à baixa carga de SS aplicada, cerca de 1 gSS/m².d. Cabe ressaltar que esta baixa carga de SS encontrada, tende a preservar as condições do escoamento no *wetland* evitando, assim, o entupimento dos espaços vazios do material filtrante e, conseqüentemente, reduzindo o potencial de colmatção da unidade de tratamento.

O comportamento observado para os sólidos totais, onde a concentração da ACB ficou em média 603 mg/L e da STS em média 884 mg/L, indica a ocorrência da

liberação de sólidos pelo tanque séptico, devido a um excesso de lodo acumulado, ou por ocorrência de picos de vazão que podem vir a provocar revolvimento do lodo. Demonstra-se, portanto, a necessidade de limpeza deste decanto-digestor por meio da retirada do lodo decantado, corroborando, assim com critérios de projeto, os quais preveem limpezas periódicas. De acordo com Andreoli (2009), quando o lodo não é removido periodicamente, o tanque séptico se torna uma caixa de passagem em que o efluente líquido carrega partículas e microrganismos. O WCEH, contudo, possibilitou uma remoção satisfatória de sólidos totais de 37 %.

Para a análise de *Escherichia Coli* foram realizadas somente amostragens simples, visto que as coletas eram realizadas separadamente e em frascos autoclavados. Este parâmetro foi realizado somente com o intuito de caracterização da ACB, apresentando uma média de $5,16 \times 10^1$ NMP/100mL, valor que é proveniente das roupas que podem eventualmente conter contaminação fecal.

Esta concentração de *E.coli* na ACB é reduzida se comparada ao esgoto doméstico não segregado, contudo, para fins de reutilização junto à propriedade é necessário um procedimento de desinfecção pós a unidade WCEH.

4. CONCLUSÕES

Através da caracterização quantitativa e qualitativa das águas cinzas produzidas em uma residência rural, bem como por meio do monitoramento analítico das unidades de tratamento destas águas cinzas geradas, pode-se concluir:

- o volume de água cinza diário produzido e encaminhado ao sistema de tratamento foi em média de 102,3L/d (contribuição per capita de 34 L/pessoa.d);

- a água cinza da residência se destacou por apresentar concentrações de DQO e de ortofosfato elevadas, sendo as médias 1025 mg/L e 62,4 mg/L, respectivamente;

- o *wetland* horizontal com 8 m² de área superficial (relação de 2,6 m²/pessoa) apresentou um bom desempenho com relação DQO e o fósforo, alcançando 83% de remoção de DQO, considerando um carregamento orgânico médio de 12,3 gDQO/m².d, e 74% de remoção para o ortofosfato;

- uma remoção de 94% para sólidos suspensos foi obtida no *wetland* horizontal, mesmo ao longo do 4º ano de operação. Esta elevada remoção está relacionada à baixa carga aplicada, cerca de 1,0gSS/m².d.;

-através da observação da concentração de sólidos totais na saída do tanque séptico da residência, infere-se que o mesmo necessita de limpeza, corroborando com indicações de projeto;

- as ações cotidianas de operação do sistema de tratamento, notadamente relacionadas ao *wetland* horizontal, relacionam-se à remoção de plantas invasoras e replantio de macrófitas, quando necessário;

- destaca-se a ausência de geração de odores desagradáveis no *wetland* horizontal e sua aplicabilidade estética.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro da pesquisa e aos pesquisadores do Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado – GESAD/UFSC.

6. REFERENCIAS

ANDREOLI, C. V. (COORD). **Lodo de Fossa Séptica - Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento,**

gerenciamento e destino final - PROSAB 5. 1^a. ed. Rio de Janeiro: Editora ABES, 2009. p. 388

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** Washington, APHA – American Public Health Association, 19^o Edição, 1998.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** Washington, APHA - American Public Health Association, 21^o Edição, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229:** Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

COOPER, P. F. JOB, G. D. GREEN, M. B., SHUTES, R. B. E.. **Reed Beds & Constructed Wetlands for Wastewater Treatment.** Swindon: WRC plc., 1996. p. 184.

ERIKSSON, E. AUFFARTH, K., HENZE, M. LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, v. 4, n. 1, p. 85–104, 2002.

ERIKSSON, E., ANDERSEN, H. R., MADSEN, T. S., LEDIN, A. Greywater pollution variability and loadings. **Ecological Engineering**, v. 35, n. 5, p. 661–669, 2009.

- FIORI, S., FERNANDES, V. M. C., PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, 6(1), 19–30, 2006.
- GONÇALVES, R. F. (COORD). **PROSAB 4 -Volume. 5 Consumo de Água Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro - RJ: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. p. 352.
- HERNÁNDEZ LEAL, L., ZEEMAN, G., TEMMINK, H., BUISMAN C. Characterisation and biological treatment of greywater. **Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research**, v. 56, n. 5, p. 193–200, 2007.
- HOFFMANN, H. PLATZER, C., WINKER, M., VON MUENCH, E. **Technology review of constructed wetlands - Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment**. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Sustainable sanitation - ecosan program, 2011.
- KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment Wetlands**. 2^a. ed. [s.l.] Taylor & Francis Group, 2009.
- KNUPP, A. M. **Desempenho de um sistema composto por um filtro anaeróbio e um “wetland” horizontal na produção de água para reúso predial a partir de água cinza clara**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.
- KNUPP, A. M.; GONÇALVES, R. F. Pós-Tratamento de Água Cinza com “Wetland” Horizontal Visando o Reúso Predial. In: 27^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais...**Goiânia: Associação Brasileira de Engenharia Ambiental - ABES, 2013.
- LEDIN, A., ERIKSSON, E., HENZE, M. Aspects of groundwater recharge using grey wastewater. In: LENS, P.; ZEEMANN, G.; LETTINGA, G. (Editors), **Decentralised Sanitation and Reuse**, London, pp. 650, 2001.
- LI, F.; WICHMANN, K.; OTTERPOHL, R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 11, p. 3439–3449, 2009.

- MAGRI, M. E., LEMOS, E., KLAUS, G., FRANCISCO, J.G.Z., PHILIPPI, L. S.. Desempenho de um Sistema Tipo Tanque Séptico Seguido de Filtro Plantado com Macrófitas no Tratamento de Águas Cinzas. *In*:26º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais...ABES** – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.
- MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2009.
- MONTEIRO, R. C. DE M. **Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “wetlands” para tratamento de água cinza visando o reúso não potável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MOREL, A.; DIENER, S. **Greywater Management in Low and Middle-Income Countries**. SuíçaSandec: Department of Water and Sanitation in Developing Countries, 2006.
- MOTA, F. S. B.; SPERLING, M. VON. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. 1ª. ed. Rio de Janeiro - RJ: Editora ABES - Prosab 5, 2009. p. 428.
- NOLDE, E. **Greywater Reuse in Households - Experience from Germany**. Environmental Research Forum. **Anais...Switzerland**: Transtec Publications, 1996.
- PANSONATO, N. **Tratamento e reúso integrado de água cinza utilizando wetlands construídos com plantas ornamentais e um sistema de desinfecção solar**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.
- PELLISSARI, C. **Tratamento de Efluente Proveniente da Bovinocultura de Leite Empregando Wetlands Construídos de Escoamento Subsuperficial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

- PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. **Aplicação de sistemas tipo *wetlands* no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas.** 1^a. ed. Florianópolis/SC: [s.n.]. p. 144, 2004.
- SEZERINO, P. H. **Pontencialidade dos Filtros Plantados com Macrófitas (Constructed *Wetlands*) no Pós-tratamento de Lagoas de Estabilização sob Condições de Clima Subtropical.** Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- VOGEL, A. **Química analítica qualitativa.** 5^o Edição. Ed. São Paulo - SP: Editora Mestre Jou, 1981. p. 665.
- VYMAZAL, J.; KRÖFELOVÁ, L. **Wastewater Treatment in Constructed *Wetlands* with Horizontal Sub-Surface Flow.** Czech Republic: Editora Springer, 2008. p. 566.
- WILDERER, P. A. Decentralized sanitation and reuse : A new concept for economic water management worldwide. Environmental Technology Symposium. **Anais...**Bavaria: 2002.