



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## ESTUDO FENOLÓGICO PARA CONFIGURAÇÃO MISTA DE WETLANDS CONSTRUÍDOS COM *HYMENACHNE GRUMOSA* E *PISTIA STRATIOTES*

### Gustavo S. Colares

Engenheiro Ambiental – Doutorando PPGTA -Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

email: gutuscs@hotmail.com

### Fagner Silva

Engenheiro Ambiental– Mestrando-Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

email: fagnersc88@yahoo.com.br

### Naira Dell'Osbel

Engenheira Ambiental–Mestranda PPGTA - Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC.

email: nairahdellosbel@yahoo.com.br

### Adrison Carvalho de Loreto

Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.

e-mail: adrison2010@hotmail.com

### Ênio Leandro Machado<sup>(1)</sup>

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

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade de Santa Cruz do Sul, Mestrado em Tecnologia Ambiental, Avenida Independência, 2293. Bairro Universitário. Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-900 - Brasil - Tel: (51) 3717-7545 - e-mail: enio@unisc.br

**Resumo:** A fenologia dos *wetlands* construídos (WCs) vem merecendo mais atenção como ponto estratégico de melhor desempenho destes sistemas para remediação das águas residuárias, bem como, para aspectos de controle de vetores e integração paisagística dos mesmos. Neste sentido, este trabalho estudou o uso das macrófitas *Hymenachne grumosa* e *Pistia stratiotes* como as principais plantas de sistema integrado de WCs de fluxo misto. Deve ser considerado também que foram feitas investigações para agregar combinações com *Lemna* sp e *Salvinia* sp. Foram utilizadas configurações de *wetland* construído de fluxo livre flutuante – WCFLF (com suporte de acetato-vinilo de etileno – EVA), de fluxo alternado com polietileno expandido-WCFLAF e de fluxo vertical (WCFV). Sistemas mistos de plantas foram testados com as configurações WCFLF e WCFLAF. Para o sistema WCFV foi utilizado somente a *Hymenachne grumosa*. Com o sistema integrado em triplo estágio, reduções de carga poluente foram obtidas com valores de 94,5 e 91% para N-NH<sub>3</sub> e Nitrogênio Total. Já para DBO<sub>5</sub> o desempenho foi de 84,4%; enquanto que para COT a eficiência de remoção foi de 77,7%. A biomassa úmida gerada foi mais significativa para *Hymenachne grumosa*, com valores de 1,75 kg.m<sup>-2</sup>mês<sup>-1</sup>. O controle de mosquitos na superfície líquida do WCFLF foi obtido com a cobertura complementar com a *Pistia stratiotes*.

**Palavras-chave:** *Wetlands* construídos; *Pistia stratiotes*; *Hymenachne grumosa*; Efluentes urbanos;

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## PHENOLOGICAL STUDY FOR MIXED CONFIGURATION OF WETLANDS CONSTRUCTED WITH *HYMENACHNE GRUMOSA* AND *PISTIA STRATIOTES*

**Abstract:** The phenology of constructed wetlands (WCs) has deserved more attention as a strategic point for better performance of these systems for remediation of wastewater, as well as for aspects of vector control and landscape integration of the same. In this sense, this work has studied the use of macrophytes *Hymenachne grumosa* and *Pistia stratiotes* as the main plants of integrated system of mixed flow WCs. Combinations with *Lemna sp* and *Salvinia sp* were also made. Constructed wetland configurations of floating free flow - CWFFF (supported with ethylene vinyl acetate - EVA), flow alternating with expanded polyethylene - CWFFF and vertical flow (CWVF) were used. Mixed plant systems were tested with CWFFF and WCFLAF configurations. For the WCFV system, only *Hymenachne grumosa* was used. With the integrated system in triple stage, pollutant load reductions were obtained with values of 94.5 and 91% for N-NH<sub>3</sub> and NT. For DBO<sub>5</sub>, the performance was 84.4%; while for TOC the removal efficiency was 77.7%. The generated biomass was more significant for *Hymenachne grumosa*, with values of 1.75 kg.m<sup>-2</sup>. Mosquito control on the net surface of WCFLF was obtained with complementary coverage with *Pistia stratiotes*.

**Keywords:** Constructed Wetlands; *Pistia stratiotes*; *Hymenachne grumosa*; Urban wastewaters.

### 1. INTRODUÇÃO

O uso combinado de macrófitas aquáticas vem merecendo investigações para proposição de diferentes configurações dos *wetlands* construídos. No trabalho realizado por Datta *et al.* (2015), a Taboa (*Typha Domingensis*), o Aguapé (*Eichhornia crassipes*) e a Alface d'água (*Pistia Stratiotes*) foram aplicados em tanques sequenciais de entradas com fluxo ascendente e regime subsuperficial para plantio da Taboa. Já o segundo estágio de tratamento foi em tanques sequenciais de fluxo livre onde foram cultivados o Aguapé e a Alface d'água, respetivamente. O sistema combinado sequencial com Alface d'água apresentou melhores resultados para as reduções de DQO (75%), sulfato (70%) e fosfato (70%). Já para os valores de N-NH<sub>3</sub> e de sólidos suspensos totais (SST) os valores foram semelhantes, com 35 e 80% de reduções aproximadamente. O rendimento de biomassa dos sistemas combinados foi com colheitas a cada 30 dias durante todo o ano para a Taboa, com rendimentos de 0,30 e 0,15 kg m<sup>-2</sup> nos períodos de inverno e verão, sendo que para o aguapé e a alface d'água os rendimentos foram 0,25 e 0,22 kg m<sup>-2</sup>, respetivamente no verão, com queda de 50% no inverno. A carga hidráulica volumétrica do sistema foi de 2 dia<sup>-1</sup>.

Em outra experiência de combinação de diferentes macrófitas em *wetlands* construídos de configuração mista, Tilak, *et al.* (2016) investigaram o sistema integrado sequencialmente com Alface d'água (*Pistia Stratiotes*), Tifa (*Thypha latifolia*), Capim limão (*Cymbopogon citratus*) e novamente em Alface d'água. Em uma segunda configuração este sistema foi modificado somente para as unidades com *wetlands* com leitos, tendo então a configuração de Alface d'água (*Pistia Stratiotes*), Capim elefante (*Pennisetum purpureum*), Braquiária (*Brachiaria decumbens*) e novamente em Alface d'água.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

Nestas unidades os sistemas operaram com taxa de carga hidráulica de 6,3 e 3,98 cm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, e da mesma forma com 11,5 e 18,7 dias de tempo de detenção para os efluentes no sistema. O segundo sistema atenuou mais nitrogênio e fósforo totais no efluente urbano em comparação com o primeiro sistema híbrido. Isto foi devido ao menor fator de carga hidráulico no primeiro sistema e ao maior tempo de detenção hidráulico. Observou-se que foi extremamente importante que as espécies fossem regularmente colhidas para maximizar suas capacidades de absorção de nitrogênio e fósforo.

Outro aspecto fenológico importante é a periodicidade das podas e da retirada de tecidos em decomposição, como nos sistemas citados anteriormente. Claro que a fenologia depende de diversos parâmetros, tais como condições ambientais (principalmente condições climáticas), macrófitas utilizadas e características do efluente a ser tratado. Normalmente, as macrófitas tendem a crescer e se desenvolver mais durante a primavera e o verão, quando recomenda-se fazer podas mais frequentes, e começam a perder mais folhas e galhos no início do outono até o final do inverno, contribuindo dessa forma para o aumento de matéria orgânica e nutrientes no sistema. (ALVARES e BECARES, 2008).

A manutenção de sistemas com lentilha d'água pela retirada de macrófitas flutuantes é relativamente simples, uma vez que é uma planta leve e flutuante. A mesma possui como vantagem a capacidade de metabolizar a amônia diretamente da água. Recomenda-se a combinação da lentilha d'água com outras macrófitas (preferencialmente submersas) para melhorar a qualidade do efluente, uma vez que a lentilha d'água ocupa somente a região mais superficial e possui raízes miúdas (RAN et al., 2004).

Já a alface d'água possui considerável capacidade de remoção de nutrientes de águas residuárias, devido a seu rápido crescimento e capacidade de assimilação dos mesmos. Entretanto, essas plantas são sensíveis a temperaturas inferiores ao congelamento da água, ficando sua utilização restrita a regiões tropicais e subtropicais, e a eficiência do sistema depende da manutenção das plantas que armazenaram os nutrientes, uma vez que a remoção de parte da biomassa é recomendada para ocorrer a cada 25 dias. A biomassa coletada pode ser compostada ou destinada para alimentação animal (VYMAZAL et al., 1998). Já a *Hymenachne grumosa* deve considerar podas trimestrais a 20 cm da base do leito do WC, embora a poda possa ser com maior frequência, não necessariamente portanto, esperando o pendoamento (SILVEIRA, 2010)

Assim sendo, ao se avaliar o sistema integrado de *Wetlands* Construídos (WCs) de fluxo misto (*wetland* construído de fluxo livre flutuante – WCFLF, de fluxo alternado com polietileno expandido-WCFLAF e de fluxo vertical-WCFV, foram observados controle de parâmetros fenológicos como adaptação das plantas, geração de biomassa úmida ao longo do período de dez meses de operação, bem como comprimento de raízes. Aspectos de desenvolvimento dos sistemas suporte para o WCFLF e WCFLAF também foram investigados como etapas importantes para o bom desempenho da unidade de tratamento de águas residuárias do campus universitário estudado.

## 2. METODOLOGIA

No sistema de WCs, foram utilizadas diferentes macrófitas ao longo do desenvolvimento da pesquisa. As macrófitas da espécie *H. grumosa* já estavam presentes no local da pesquisa, sendo utilizadas em trabalhos anteriores. As mesmas foram coletadas no município de Vera Cruz/RS (HORN, 2011). As macrófitas flutuantes, por sua vez, foram coletadas em diferentes localidades. As macrófitas das espécies *Pistia stratiotes* e *Lemna* sp. foram coletadas de um açude artificial em uma praça no município de Porto Alegre/RS (Figura 1). Já as macrófitas *Salvinia* sp. foram coletadas em um arroio no interior do município de Pelotas/RS.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

**Figura 1.** Local de coleta das macrófitas *Pisita stratiotes* e *Lemna* sp. em Porto Alegre-RS.



**Fonte:** Registro fotográfico do autor.

As caracterizações fenológicas do sistema integrado foram realizadas em acordo com os estudos de Silveira (2010). A caracterização da biomassa de *H. grumosa* foi realizada a partir da poda a uma altura de 20 cm acima da superfície do meio suporte dos WCFV, em outubro de 2017. Em laboratório, a biomassa úmida e seca foram determinadas em balança granatária, sendo a massa seca com secagem até peso constante em estufa com 65 °C.

Já unidade integrada WCFLF + WCFLAF+ WCFV foi composta por sistema de reatores anaeróbios (RAs), para onde o efluente bruto foi bombeado diretamente do tanque equalizador. Esse sistema foi formado por 4 bombonas (tambores) de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com volume total de 200 L cada, sendo a primeira bombona empregada como tanque sedimentador e as 3 subsequentes como reatores anaeróbios com recirculação. Os reatores tiveram a altura de drenagem do efluente elevada para cerca de 30 cm do fundo, devido a preocupação de prevenir-se o de carreamento de lodo dos reatores para os WCs. Portanto, reduziu-se o volume útil dos reatores para cerca de 100 L para cada bombona, totalizando 300 L das bombonas com mais 100 L do sedimentador.

Paralelamente, foi elaborado e construído o sistema de *Wetlands* Construídos. O mesmo foi formado por 3 caixas retangulares, sendo duas de PEAD com 200 L de volume total e dimensões de 0,92x0,55x0,40 m. A caixa do sistema de fluxo alternado foi de fibra, com volume total de 100 L e, dimensões de 0,85 x 0,30 x 0,40 m. O sistema apresentou ainda chicanas na vertical, as quais dividiram a caixa em 6 compartimentos por onde o efluente se deslocou com fluxo alternado. A Figura 2 mostra o perfil de configuração geral da unidade com ilustrações de cada uma das unidades integradas de WCs. A unidade RAs não tem foco de detalhamento para este trabalho.

Realização



Correalização

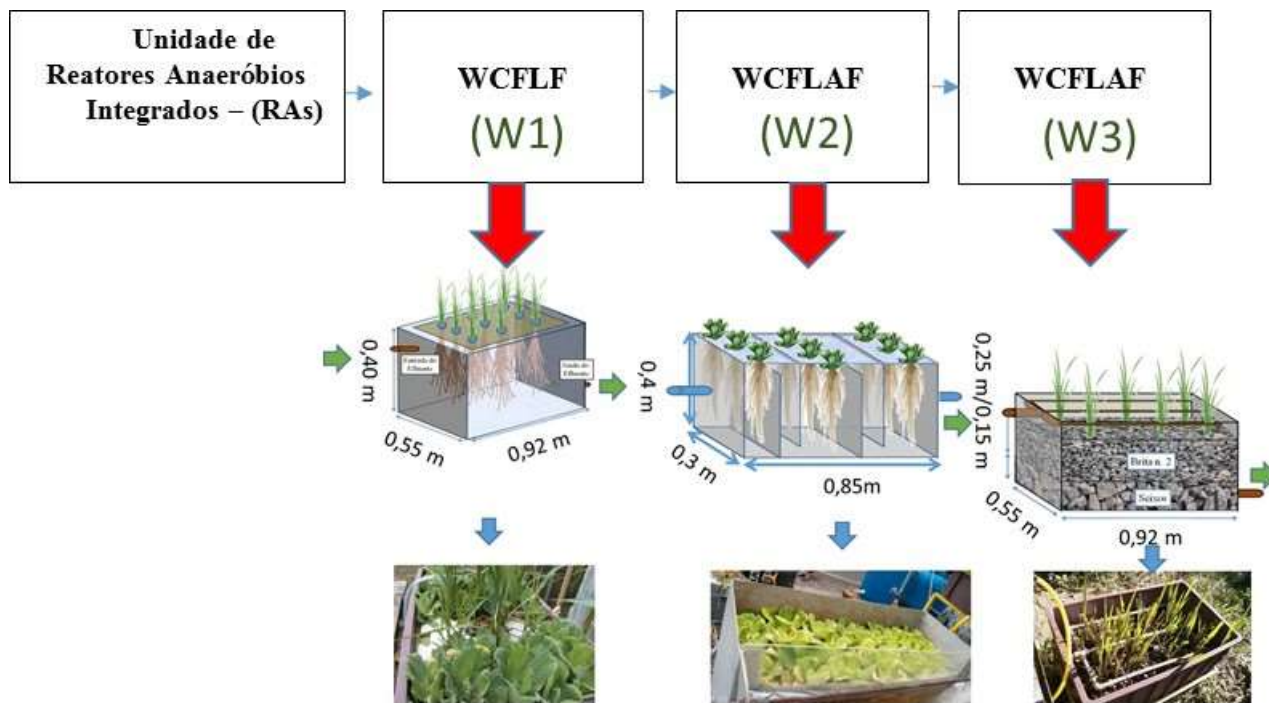


Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



Figura 2. Configurações do sistema integrado de WCs estudada.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os aspectos principais desta pesquisa desenvolveram além da fenologia as características de montagem das unidades dos WCs, bem como, de disposição e de quais plantas seriam utilizadas nas unidades de fluxo livre e fluxo livre alternado.

Em um primeiro momento, a primeira caixa foi vegetada com 9 mudas de *H. grumosa*, com uma densidade de 32 mudas.m<sup>-2</sup>, conforme recomendação de HORN (2011), em combinação com mudas de *P. stratiotes*. A segunda caixa (W2) foi vegetada também com *P. stratiotes* em conjunto com *Lemna* sp., ambas aplicadas visando-se a cobertura total da superfície da água. Já a terceira caixa de mudas (W3) foi vegetada somente com mudas de *H. grumosa*, e com uma densidade de 24 mudas.m<sup>-2</sup>.

Na primeira caixa (W1), o WCFLF foi elaborado e desenvolvido com um sistema suporte flutuante com EVA e cones vazados para fixação das mudas emersas. Entretanto, com o decorrer do projeto, o acelerado crescimento das macrófitas e, portanto, aumento do peso das mesmas associado ainda a ação de fotodegradação da radiação solar comprometeram o suporte de EVA, causando diversas deformações ao mesmo, e inviabilizando seu uso. A Figura 3 apresenta um registro do sistema após sofrer deformações, no mês de maio de 2017.



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

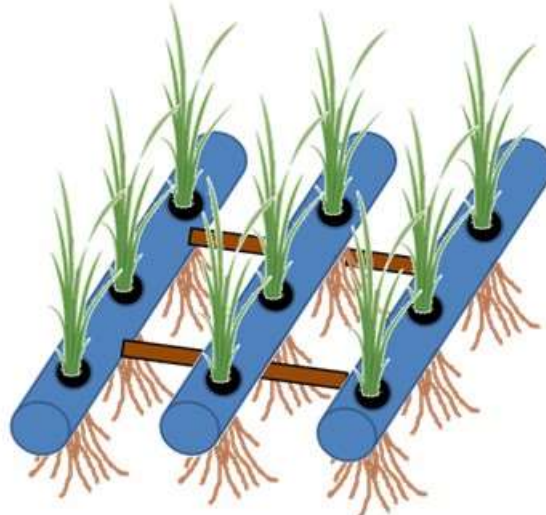
**Figura 3.** Sistema flutuante de EVA (W1) após sofrer diversas deformações.



**Fonte:** Registro fotográfico do autor.

Nesse momento, o desafio foi elaborar um sistema flutuante diferente do de EVA, que fosse simples, resistente e que não obstruísse o crescimento radicular das macrófitas. O sistema com EVA foi substituído então por um sistema de polietileno expandido (flutuadores de piscina do tipo espaguete). Os flutuadores foram perfurados e nos furos foram encaixados tubetes cônicos abertos nas extremidades, onde mudas de *H. grumosa* era encaixadas e fixadas com brita número 2, de forma que o caule e as folhas ficassem para fora da água enquanto o sistema radicular permanecia submerso. As Figuras 4 e 5 apresentam registros dos novo sistema flutuante desenvolvido.

**Figura 4.** Novo sistema suporte para a *H. grumosa* desenvolvido.



Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

**Figura 5.** Registros da fabricação do sistema suporte flutuante para o W1 e o mesmo após a adição das macrófitas.



**Fonte:** Registro fotográfico do autor.

Posteriormente, em junho, aumentou-se a quantidade de mudas na primeira caixa pela adição de outro sistema flutuante semelhante ao presente, porém vegetado com 6 macrófitas de *H. grumosa*. Outra importante modificação na primeira caixa foi a adição de um mecanismo visando a melhor dispersão dos poluentes pela caixa durante a alimentação (e dessa forma reduzir-se zonas mortas) bem como o aumento da área e da altura de drenagem, buscando-se minimizar a quantidade de sólidos sedimentados que seria carreada para a segunda caixa (W2). Ambos os sistemas consistiram de tubos com diâmetro de 20 mm perfurados e implementados no tubo de alimentação (entrada) e de drenagem do efluente (saída) da W1, respectivamente. A Figura 6 apresenta registro fotográfico de um dos mecanismos adicionados.

O sistema com EVA foi substituído então por um sistema de polietileno expandido (flutuadores de piscina)

**Figura 6.** Sistema de drenagem implementado no W1.



**Fonte:** Registro fotográfico do autor.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

Foram realizadas duas podas nas macrófitas *H. grumosa*, a primeira uma semana antes do início das coletas de amostras para caracterização analítica (fevereiro/2017), e a segunda quando observado o pendoamento nas macrófitas (outubro/2017). Foram realizadas as podas das unidades W1 e W3, até que as macrófitas apresentassem uma altura de aproximadamente 22 cm. As macrófitas *H. grumosa* atingiram uma altura de até 1,8 m durante o período de crescimento estudado.

Toda a biomassa resultante desse período foi coletada e encaminhada para pesagem. Após, uma amostra da mesma foi disposta em uma estufa onde permaneceu à temperatura de 65°C até que fosse observada massa constante, visando definir-se o percentual de umidade presente. A Tabela 1 apresenta os resultados verificados em relação a biomassa gerada:

**Tabela 1 - Resultado da biomassa gerada pela poda e da massa seca.**

Ponto de coleta	Quantidade
Massa W1 (kg)	0,368
Massa W3 (kg)	8,02
Massa úmida (kg)	$2,65 \times 10^{-2}$
Massa seca (kg)	$5,51 \times 10^{-3}$
Umidade (%)	79,2

Pode-se verificar que a biomassa úmida gerada na última caixa (W3) ao longo dos 9 meses (fevereiro a outubro) foi bastante superior quando comparada a biomassa gerada na primeira caixa (W1). No W3, considerando-se a área da caixa de 0,51 m<sup>2</sup>, verificou-se uma geração de aproximadamente 1,75 kg.m<sup>2</sup>mês<sup>-1</sup>, enquanto a W1 apresentou uma produção de apenas 0,07 kg.m<sup>2</sup>mês<sup>-1</sup> para o mesmo período.

Zerwes (2013) avaliou a geração de biomassa de *H. grumosa* em uma unidade piloto de WCs em uma residência rural através da poda também no período de pendoamento e cortou as macrófitas a 20 cm da superfície do leito. O autor obteve resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo, como a diferença entre a massa seca e a úmida de 65%. Entretanto, a biomassa gerada foi bastante inferior, uma vez que os 2 WCs possuíam 5 m<sup>2</sup> de área superficial cada e foram coletados 67 kg de massa úmida durante 11 meses, i.e., cerca de 0,61 kg.m<sup>2</sup>mês<sup>-1</sup>. Um dos fatores que pode justificar essa diferença de cargas e portanto de nutrientes disponíveis para as plantas em cada um dos trabalhos.

A fenologia dos sistemas WCs foi limitada quanto a geração de biomassa, com valores de biomassa e comprimento de raízes. Foi realizado o monitoramento do sistema radicular das macrófitas presente na W1. No caso da *H. grumosa*, em cada monitoramento o FMF foi retirado da água e as mudas foram medidas individualmente. Já em relação as *P. stratiotes*, o monitoramento foi realizado conforme metodologia de Hadad (2006). Foram coletadas as macrófitas em uma área aleatório de 50x50 cm dentro da caixa, ou seja, cerca de 50% das mudas ocupando as superfície eram retiradas, medidas e devolvidas para dentro da caixa. A Figura 7 apresenta os comprimentos médios obtidos para a *H. grumosa*. As medições foram realizadas de junho/17 a novembro/17, com frequência mensal.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375





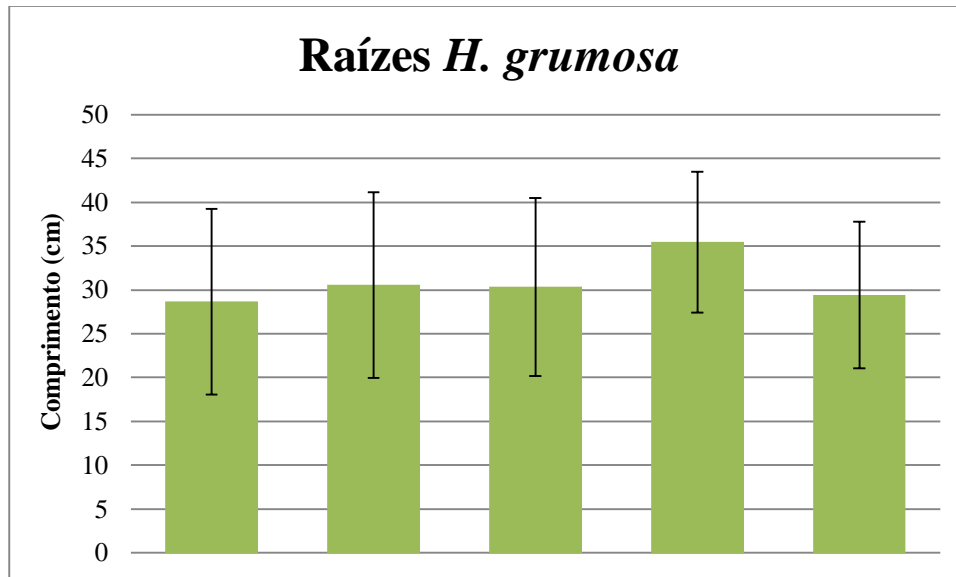
11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

**Figura 7.** Variações no monitoramento do sistema radicular da *H. grumosa*.



A partir do monitoramento no desenvolvimento do sistema radicular, foi possível averiguar que as raízes da macrófita *H. grumosa* ainda não foram capazes de alcançar o seu desenvolvimento em plenitude, i.e., seu comprimento máximo médio, uma vez as verificadas tiverem o comprimento máximo de 31 cm ao longo do monitoramento (Figura 8), enquanto que Damasceno (2010), em seu monitoramento durante meses de dois sistemas de WCs também utilizando *H. grumosa* em WCs para tratamento de efluentes sanitários, verificou que as mesmas alcançaram comprimentos médios de 51 e 46,5 cm.

**Figura 8 -** Registros fotográficos da *H. grumosa* no FMF do W1 em novembro/17.



**Fonte:** Registro fotográfico do autor.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS

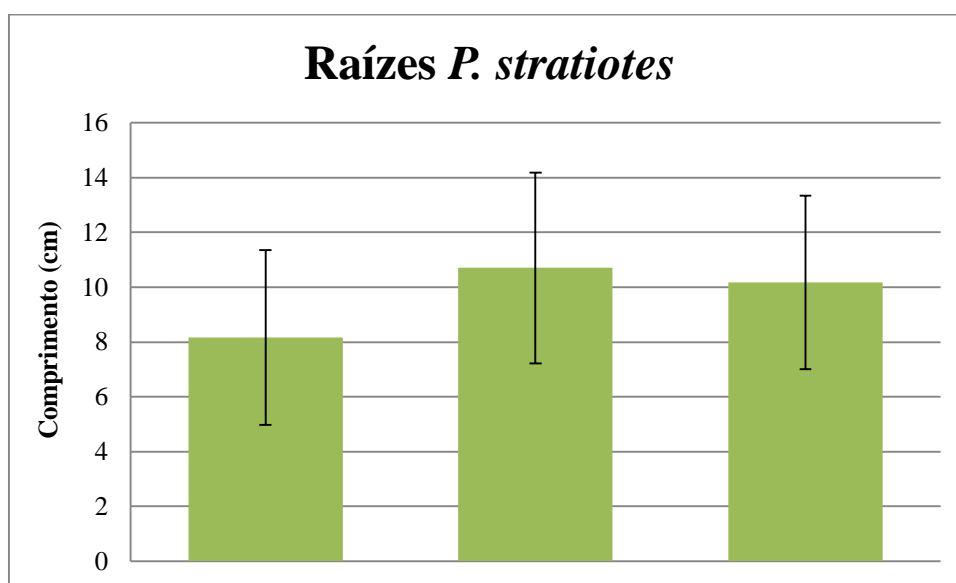


TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

Horn (2011), ao aplicar *H. grumosa* em WCs para efluente de campus universitário, verificou o comprimento das raízes das macrófitas bastante próximo do presente trabalho, com média de 37,3 cm. Segundo a autora, o comprimento das raízes é um parâmetro de suma importância para o WC, uma que a profundidade da rizosfera está relacionada com a região mais óxica da caixa. Assim como no presente trabalho, a autora verificou que as caixas mais avançadas apresentaram comprimento de raízes superior aos da primeira caixa a receber o efluente, e atribuiu essa diferença ao fato de que as plantas precisariam desenvolver mais seu sistema radicular em busca de nutrientes, que não apresentavam a mesma disponibilidade que as primeiras caixas.

A Figura 9 apresenta os comprimentos médios para as macrófitas flutuantes alface d'água que também estavam presentes na primeira WC.

**Figura 9** - Variações no monitoramento do sistema radicular da *P. stratiotes*



O sistema radicular das macrófitas *P. stratiotes* alcançou em média 11 cm de comprimento (Figura 9), a partir de 3 medições em novembro e dezembro/17. THOMAS e BINI (2003) afirmam que as raízes dessas macrófitas podem alcançar até 80 cm de comprimento, quando as mesmas estiverem em ambientes com pouca disponibilidade de nutrientes. Nesses casos, as alfaces d'água tendem a permanecer com coroas pequenas (cerca de 10 cm) e investir mais energia no desenvolvimento de raízes do que em reprodução, devido a carência de nutrientes. O oposto foi observado no sistema em estudo, uma vez que as macrófitas apresentaram em média grandes desenvolvimentos foliar (coroas) e raízes curtas (Figura 10).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

**Figura 10** - Registro fotográfico de uma alface d'água removida do W1 em novembro/17.



**Fonte:** Registro fotográfico do autor.

As combinações de diferentes macrófitas, no caso das flutuantes, possibilitou a mitigação principalmente de algas no efluente em tratamento. Todavia, ainda foi observada a presença de larvas de mosquitos no primeiro sistema (W1), e por isso nas últimas semanas de monitoramento, previamente ao verão e à chegada dos meses mais quentes, foi construído um mosquiteiro com tela e um suporte de tubo PVC de 30 mm. A partir desse momento, não foram mais observadas larvas de mosquito no sistema.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema flutuante construído com polietileno expandido demonstrou bastante durabilidade, resistência a deformações e pouca manutenção. Entretanto, foi necessária a substituição de algumas macrófitas *H. grumosa* que não se adaptaram ao sistema ou à carga de poluentes, principalmente nas primeiras semanas de monitoramento. Nesse contexto, é interessante a aplicação do sistema flutuante desenvolvido combinado com outras espécies de macrófitas, preferencialmente mais robustas e com o crescimento acelerado nesse suporte.

Em relação as combinações de diferentes macrófitas, foi possível prevenir-se a proliferação de algas no efluente. Todavia, foram observadas larvas de mosquito, mesmo com a maior parte da superfície coberta pelas macrófitas flutuantes combinadas, o que indica a necessidade de um mosquiteiro para controle de vetores.

Assim sendo, com as definições feitas neste trabalho, dados de desenvolvimento para sistema em unidade piloto com capacidade de tratamento para um equivalente populacional de até 5 pessoas poderão dar continuidade ao trabalho, especialmente com adoção de macrófitas de sistema radicular mais profundo (*Papyrus grandis*, por exemplo), combinadas com as que já foram estudadas aqui, contribuindo para o desempenho e a estética do sistema.

#### *Agradecimentos*

Os autores agradecem aos apoios de bolsa e financeiro a CAPES, FAPERGS e CNPq, com os projetos CNPQ 307257/2015-0 e Edital 02/2017-PqG.

.....

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

## 5. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, J. A.; BECARES E. The effect of vegetation harvest on the operation of a surface flow constructed wetland. *Water SA*, Vol. 34, n. 5, p. 645-649. 2008.

DATTA, A.; WANI, S. P.; TILAK, A.; PATIL, M.; KAUSHAL, M.; DIVYA, K. S. Assessing the performance of free water surface constructed wetlands in treating domestic wastewater: a potential alternative for irrigation. **26th euro-mediterranean regional conference and workshops « innovate to improve irrigation performances theme 2 : what potential for wastewater use in agriculture? Pages 1-4, 2015.**

HADAD, H.R.; MAINE, M.A.; BONETTO, C.A. Macrophyte growth in a pilot-scale constructed wetland for industrial wastewater treatment. *Chemosphere*, Vol. 63, p. 1744-1753.

HORN, Tamara Bianca. *Integração de sistemas wetlands construídos + fotoozonização catalítica no tratamento de efluentes de campus universitário*. 157p. 2011. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental - Mestrado) - Universidade de Santa Cruz do Sul.

RAN, N.; AGAMI, M.; ORON, G. A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*Lemna gibba* L.) for treatment of domestic primary effluent in Israel. *Water Research*, Vol. 38, n. 9, p. 2241-2248. 2004.

SILVEIRA, Daniele Damasceno . *Estudos Fenológicos da macrófita *Hymenachne grumosa* (Magnoliophyta- Poaceae) na aplicação de Wetlands construídos para o tratamento de efluentes secundários de campus universitário*. 103p. 2010. Dissertação (Programa de Pósgraduação em Tecnologia Ambiental- Mestrado) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2010.

THOMAS, S.M. BINI; L.M. *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Ed. 2. Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2003.

ZERWES, F.V. *Sistema de tratamento e reuso de águas residuárias em pequenas propriedades rurais: acompanhamento e operação de estação no Vale do Rio Pardo - RS*. 110p. 2013. Dissertação (Programa de pós-graduação de Mestre em Tecnologia Ambiental). Universidade de Santa Cruz do Sul..

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375