

II-061 - ESTUDOS FENOLÓGICOS DA ESPÉCIE *Hymenachne grumosa* NOS WETLANDS SEQUENCIAIS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Daniele Damasceno Silveira

Bióloga. Mestre em Tecnologia Ambiental - PPGTA - Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC.

Tamara Bianca Horn

Bióloga. Mestre em Tecnologia Ambiental – PPGTA - Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC.

Leonardo Medeiros Benvegnú

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

Lourdes Teresinha Kist

Química. Doutora em Química Inorgânica pela UFSC. Professora do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental-PPGTA-UNISC.

Ênio Leandro Machado⁽¹⁾

Químico Industrial. Doutor em Engenharia pela UFRGS. Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental-PPGTA-UNISC.

Endereço⁽¹⁾: Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental-PPGTA- Universidade de Santa Cruz do Sul, Av. Independência, 2293. CEP: 96.815-900. Santa Cruz do Sul/RS, Brasil – Tel.: (51) 3717-7545. e-mail: enio@unisc.br

RESUMO

Foram estudados em *wetlands* sequenciais as taxas de geração de biomassa, aporte de íons, contaminação por metais pesados e variações do IDOD e carga iônica. As condições operacionais envolveram cargas volumétricas de 0,5 m dia⁻¹ e fatores de carga de DQO de 30,26 g m⁻³ dia⁻¹ e de NTK de 4,0 g m⁻³ dia⁻¹. Os valores de TDH foram estabelecidos para funcionamento em fluxo semi-contínuo, estabelecendo 7 dias no wetland 1 (WC1) e 14 dias no wetland 2 (WC2). As variações de fósforo e sódio indicaram elevações de valores para o efluente UDW. Isto pode estar associado aos efeitos de solubilização dos fosfatos insolubilizados, evapotranspiração e troca iônica do sistema radicular. Os estudos fenológicos revelaram elevada taxa de produção de biomassa na aplicação da *H. grumosa*, especialmente no WC2. Valores de 2,12 kg m⁻², durante o período de 4 meses foram observados. Para o íon sódio os aportes para o estudo aqui realizado apresentaram valores entre 4 e 8,0 dag kg⁻¹. A dessalinização e taxa de produção de biomassa merecem investigações futuras para aplicações da *Hymenachne grumosa*. Isto abre possibilidades de tratamento adequado de efluentes domésticos com recuperação de nutrientes e energia.

PALAVRAS-CHAVE: Wetlands, Fenologia, Tratamento de Efluentes.

INTRODUÇÃO

A falta de saneamento básico é atualmente a causa de um dos mais sérios problemas ambientais e de contaminação dos recursos hídricos. Segundo dados do IBGE, o esgoto doméstico é responsável por 90% dos lançamentos que contaminam os corpos d'água. Estas porcentagens ressaltam a importância e a urgência do desenvolvimento de tecnologias apropriadas para solucionar este problema.

A utilização de *wetlands* construídos como tratamento complementar na remoção de nutrientes vem sendo estudado desde a década de 80, por inúmeros grupos de pesquisa no intuito de desenvolver formas e arranjos para promover a depuração da matéria carbonácea, além de polimento ou remoção de nutrientes (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

A utilização de espécies vegetais (macrófitas aquáticas) no tratamento de esgoto neste *wetlands* representa uma tecnologia considerada uma alternativa eficiente, e de baixo custo, comparado aos sistemas convencionais, especialmente os tanques sépticos. Esses sistemas podem ser implantados no local onde o esgoto é gerado, são facilmente operados, economizam energia e são mais flexíveis e menos susceptíveis a variações nas taxas de aplicação de esgoto. Possuem uma harmonização com o ambiente e são caracterizados como tecnologia apropriada e auto-sustentável (SOLANO *et al.*, 2004).

O objetivo deste trabalho foi o estudo fenológico da *Hymenachne grumosa*, na aplicação em *wetlands* construídos para o tratamento de efluentes de campus universitário integrando o pós-tratamento de efluentes secundários de reator anaeróbio da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do local de estudo

O experimento foi conduzido na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), no Campus da UNISC – Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, em um sistema integrado UASB e dois *Wetlands* Construídos (WC) em escala piloto.

Estudos Fenológicos

No presente trabalho, foi escolhida uma espécie bastante incomum no uso de *wetlands* construídos, porém muito comum em campos sulinos, forrageira e usada como alimento animal. O sistema de pós-tratamento simplificado proposto por este projeto consistiu na utilização de tanques independentes, vegetados pela espécie *Hymenachne grumosa*.

Para o estabelecimento das macrófitas aquáticas nos *wetlands*, utilizaram-se propágulos completos. As mudas das espécies vegetais (macrófitas aquáticas emergentes) foram coletadas às margens da estrada RS-287 na várzea do Arroio Plumbs em Vera Cruz, RS.

O plantio ocorreu em Novembro de 2008, concomitante com a aplicação do esgoto. Foram plantadas 28 mudas (propágulos completos) por módulo (equivalente a 23 mudas m⁻²), medindo em torno de 0,15 m.

Caracterização da Biomassa

Neste estudo, para todos os resultados foram assumidos valores de produção da biomassa seca. A caracterização da biomassa foi realizada a partir da determinação da coleta (poda) a uma altura de 0,10m acima da superfície do meio suporte do *wetland*. A massa verde foi encaminhada para pesagem em balança granatária e após submetida a 65°C em estufa bacteriológica até atingir massa seca com peso constante.

No final do período de avaliação dos *wetlands*, foram feitas escavações no meio suporte para verificação da profundidade atingida pelas raízes das plantas dentro dos leitos.

A caracterização da biomassa foi realizada quando a macrófita aquática apresentou plena floração, demonstrando fase adulta.

Em laboratório os indivíduos coletados foram analisados separadamente, sendo tomadas como medidas o número total de brotos e massa total verde.

O material vegetal seco foi pesado separadamente, obtendo-se os valores de biomassa clorofilada, assim como o valor total da biomassa dos indivíduos a partir da soma de ambas as frações.

Composição química da biomassa foliar da *Hymenachne grumosa* aplicada nos *Wetlands* Construídos

As análises fenológicas foram realizadas a cada ciclo de floração, com determinações do tamanho da raiz, número de brotos, biomassa seca e úmida, análise de tecido vegetal realizado no Laboratório de Solos da UFRGS.

A biomassa coletada constituiu uma amostra composta que foi utilizada para a quantificação da matéria seca, Carbono orgânico; Nitrogênio (NTK); Fósforo total; Potássio total; Cobre total; Manganês total; Sódio total; Cádmio total; Cromo total; Níquel total; Chumbo total; Alumínio total obtida após secagem sob temperatura de 65° C.

Os parâmetros anteriores foram analisados nas amostras dos *wetlands* e do hábitat natural a fim de detectar possíveis variações de nutrientes nas plantas em decorrência de variáveis ambientais. Foram analisados indivíduos de diferentes categorias ou faixas etárias, desde brotos, plantas jovens, plantas adultas, estruturas reprodutivas e material vegetal.

RESULTADOS

Os efluentes estudados caracterizam-se como domésticos, sendo que as conformidades para os limites de cargas poluentes são referendadas pelas resoluções 128/06 e 129/06 do CONSEMA- RS. Os mictórios representam a principal contribuição destas águas servidas. O valor médio das vazões diárias das águas negras no campus central da UNISC é de 101 m³.

A Tabela 1 apresenta os resultados de caracterização obtidos neste trabalho e também desenvolvidos por Freitas (2008), para o efluente do reator UASB/decantador secundário em escala piloto.

A unidade piloto aplicada por Freitas (2008) operou com vazão de 35 L h⁻¹ e TDH de 38 horas para o reator UASB.

Tabela 1: Dados de caracterização para o efluente do reator UASB/decantador secundário.

Parâmetro	Valores Medidos	Resolução Consema/RS 128/2006
DQO (mg L ⁻¹)	178,0 ± 35,3	≤ 400
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	35,5 ± 36,8	≤ 180
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	4,9 ± 3,0	
Turbidez (UT)	5,92	-
pH	7,67	
Sólidos Sedimentáveis (mLL ⁻¹)	< 0,1	
*N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,33	
NTK (mg L ⁻¹)	23,9	≤ 20
*P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	2,90	≤ 3
*Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	1,6x10 ⁶ **	≤ 10 ⁴
Temperatura (°C)	19	≤ 40

*Freitas, 2008

** Não há limites básicos estabelecidos pela legislação estadual para uma vazão máxima de lançamento de até 200 m³ dia⁻¹

Os dados da Tabela 1 demonstram que os valores críticos quanto às conformidades com a resolução 128/06 são o NTK e coliformes termotolerantes. A abordagem do trabalho de Freitas (2008) investigou a aplicação dos *wetlands* sequenciais visando adequações para redução dos índices de eutrofização.

A partir das investigações anteriormente citadas, observou-se a necessidade de dados quanto à fenologia dos *wetlands* e a presença de metais pesados.

Assim sendo, a Tabela 2 apresenta o perfil de investigação que para os parâmetros de carga poluente foram prioritários: a variação da carga salina (via condutividade) e dos metais pesados na biomassa das macrófitas e dos efluentes tratados.

Tabela 2: Caracterização do efluentes do reator UASB/decantador secundário (UD) e UASB/decanatdor secundário/Wetlands (UDW) em 10/09 .

Análises	Resultado(s)		Limite(s)	Limite(s)
	UD	UDW	Resolução CONAMA 357/05 (mg L ⁻¹)	Resolução Consema/RS 128/2006 (mg L ⁻¹)
Alumínio	0,29	0,28	0,2*	10,0
Cádmio	<0,0001	<0,0001	0,2	0,1
Chumbo Total	0,02	<0,02	0,5	0,2
Cobre Total	<0,02	<0,02	1,0	0,5
			(Cu dissolvido)	
Cromo total	<0,05	<0,05	0,5	0,5
Fósforo Total	2,90	5,25		3,0
Manganês Total	0,08	0,33	1,0 (Mn dissolvido)	1,0
Níquel	<0,02	<0,02	0,025*	1,0
Nitrogênio total Kjeldahl	23,90	19,3	-	20
Potássio	7,1	4,4	-	-
Sódio	63,0	81,9	-	-
Condutividade µScm ⁻¹	837,4	720,0	-	-

* Água doce, classe 3.

As conformidades foram ampliadas para limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05.

Todos os metais pesados estão abaixo dos valores limites estabelecidos nas duas resoluções de referência. A condutividade apresenta valores abaixo dos teores salinos estimados para águas doces classe 3 conforme CONAMA 357/05.

A contaminação por metais pesados está mais associada ao descarte de efluentes industriais e de setores de serviços de manutenção mecânica. Este último muito comum na maioria das cidades. Em campus universitário os efluentes de laboratório gerenciados inadequadamente poderiam representar fontes de descarte para metais pesados. No entanto, os efluentes aqui estudados são restritos somente para águas negras, não demonstrando então a presença de contaminação por metais pesados.

A iniciação do trabalho foi realizada em Janeiro de 2009 com reposição de mudas (propágulos) nos *wetlands* e após quatro meses de adaptação foi realizada a primeira poda. A evolução da adaptação e desenvolvimento da vegetação pode ser observada na sequência de registros fotográficos apresentadas na Figura 1.

O desenvolvimento e rebrotas da vegetação ocorrida após a poda foram rápidos (crescimento 25 cm semana⁻¹). Dados sobre rápida rebrota podem ser vistos do também no trabalho de Brasil *et al.*, (2007), com a utilização de *Typha* sp.

Complementarmente aos estudos realizados por Freitas (2008) a investigação da contaminação de metais pesados não associou limites críticos para cromo, cádmio, níquel, cobre, manganês e chumbo em efluentes secundários do sistema UASB/Decantador.

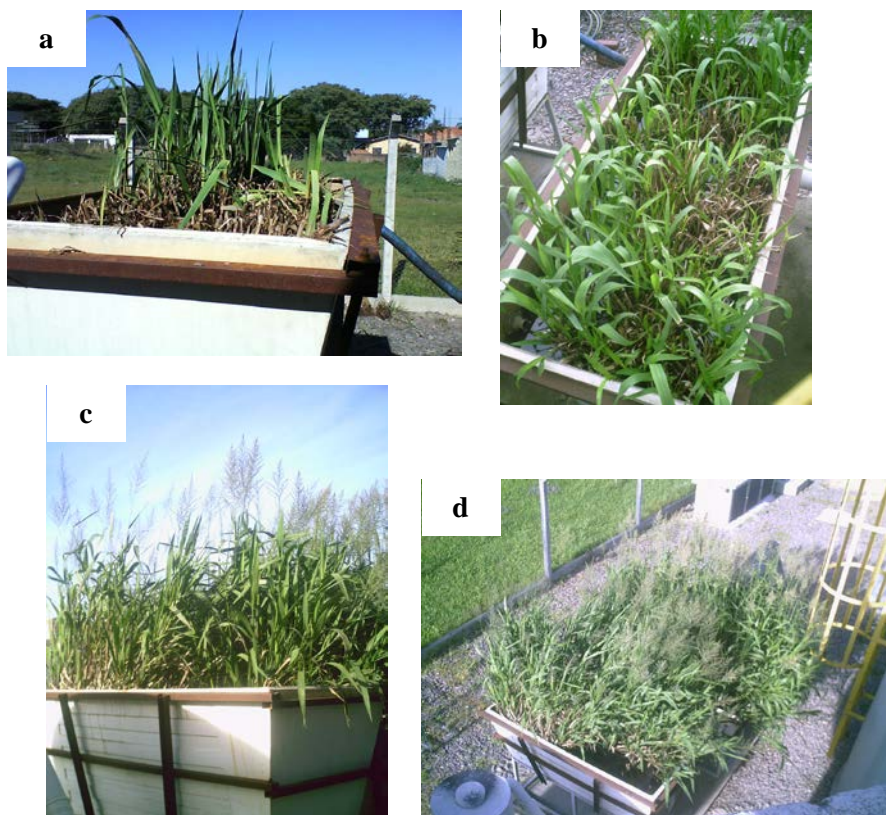


Figura 1: Registro fotográfico da sequência de adaptação e desenvolvimento da vegetação: a) Macrófitas recém plantadas; b) Dois meses pós-plantio; c) e d) Pleno desenvolvimento, com floração pós 4 meses.

A condutividade para o efluente UD (UASB/decantador secundário) apresenta valor superior a 800 uScm^{-1} , como efeito decorrente da presença do íons potássio, fosfatos, metais pesados e sódio. O sódio, dentre os cátions analisados, é o que apresenta maiores valores (60 mg L^{-1}), pois as contribuições das águas negras e amarelas estabelecem descartes de produtos de limpeza e indiretamente de alimentos com elevadas cargas de sódio.

As variações de fósforo e sódio indicam elevações de valores para o efluente UDWC2 (UASB/decantador secundário/WC 2). Isto pode estar associado aos efeitos de solubilização dos fosfatos insolubilizados, evapotranspiração e a troca iônica do sistema radicular.

Os estudos fenológicos revelaram elevada taxa de produção de biomassa vegetal na aplicação da *Hymenachne grumosa*, especialmente no WC2 (segundo leito). Valores de $2,12 \text{ kg m}^{-2}$, durante o período de 4 meses foram observados, sendo superior em mais de três vezes a espécies frequentemente aplicadas em *wetlands*, como a *Typha sp.*

Já os valores de aporte de nutrientes demonstraram-se comparáveis aos obtidos em condições semelhantes de carga poluente e volumétrica daqueles obtidos com a *Typha sp.* Entretanto, para o íon sódio os aportes para o estudo aqui realizado são superiores, com valores entre 40000 mg kg^{-1} e 80000 mg kg^{-1} comparados com 8000 mg kg^{-1} da *Typha sp.*, nos estudos de Brasil *et al* (2007).

Quanto aos metais pesados, as baixas concentrações determinadas nos efluentes secundários UD não implicaram em efeitos biossorventes para aporte na biomassa, representando então neste estudo, ausência de riscos para uso da biomassa como fonte de alimentação animal ou adubação verde. Os níveis de metais pesados

determinados na biomassa também estavam presentes no chamado habitat natural, demonstrando as potenciais contaminações devido as proximidades com rodovias e áreas de agricultura.

Na Tabela 3, constam os valores do laudo das análises realizadas do tecido vegetal, de três podas, sendo a primeira em 2008 e as últimas duas em 2009 da massa vegetal aérea contida nos dois *wetlands*, e da massa vegetal da planta retirada do seu hábitat natural.

Tabela 3: Composição química da biomassa foliar da *Hymenachne grumosa* aplicada nos *wetlands* construídos

Parâmetros	Biomassa	Poda 2008		Poda 2009 – 1º semestre		Poda 2009 – 2º semestre	
		WC1	WC2	WC1	WC2	WC1	WC2
Carbono orgânico - % (m/m)	40	43	42	43	43	43	43
Nitrogênio (TKN) - % (m/m)	1,3	2,2	2,4	2,4	1,9	2,5	2,2
Fósforo total - % (m/m)	0,18	0,17	0,26	0,21	0,17	0,25	0,23
Potássio - % (m/m)	2,0	0,83	1,8	1,2	0,92	1,6	1,6
Cobre - mg/kg	10	3	2	6	4	5	3
Manganês total - mg/kg	546	125	198	295	111	222	127
Sódio - mg/kg	185	238	247	363	891	504	469
Cádmio - mg/kg	<0,2	<0,2	< 0,2	< 0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cromo total - mg/kg	6	2	1	1	2	1	1
Níquel - mg/kg	5	1	1	2	1	0,8	0,8
Chumbo total - mg/kg	<2	2	2	1	<2	<2	<2
Alumínio - mg/kg	34	94	69	57	94	92	94

Os dados da Tabela 3 reforçam as observações das maiores taxas de biomassa gerada na comparação da *Hymenachne grumosa* com a *Typha*. O comparativo foi feito com as pesquisas de Brasil (2007) por constituir um dos únicos estudos fenológicos para *wetlands* construídos. Na comparação dos dados gerados por Brasil (2007) é possível estabelecer que a relação de valores aporte de fósforo, nitrogênio e potássio são comparáveis. No entanto, para o íon sódio os aportes para o estudo aqui realizado são superiores, com valores entre 4 e 8,0 dag kg⁻¹ comparados com 0,8 dag kg⁻¹ da *Typha*.

A presença dos metais pesados não seria esperada para ocorrência natural nas macrófitas, especialmente quanto ao chumbo, cromo, cádmio e níquel. Os valores mostrados na Tabela 3 podem ser associados a proximidade do local de coleta com circulação de veículos (proximidade com a rodovia a menos de 1 km) e com atividades agrícolas a menos de 50 m do local da coleta.

As variações da biomassa do habitat natural e aplicação nos WC1 e WC2 demonstram dessorção, com diminuições de aporte durante os meses de operação. Os valores de acúmulo de metais pesados em macrófitas sempre são reportados como via da ação biosorvente (ROSA, 2000). No entanto, os níveis de metais pesados

para os efluentes do campus universitário estão abaixo dos limites críticos ou daqueles comparáveis com fontes geradoras industriais.

A dessalinização e a taxa de produção de biomassa possuem indicações de aporte superiores a outras macrófitas tradicionais nos *wetlands*, revelando potencial de menor impacto dos efluentes tratados para fertirrigação e maior recuperação de biomassa.

CONCLUSÕES

As aplicações da *Hymenachne grumosa* em *wetlands* sequenciais demonstraram efetividade da redução de carga poluente dos efluentes de campus universitário, especialmente nesta etapa de investigação para a demanda de oxigênio dissolvido e carga iônica. Complementarmente aos estudos realizados por Voese (2008) e Freitas (2008) a investigação da contaminação de metais pesados não associou limites críticos para cromo, cádmio, níquel, cobre, manganês e chumbo em efluentes secundários do sistema UASB/Decantador.

A condutividade para o efluente UD apresenta valor superior a $800 \mu\text{Scm}^{-1}$, como efeito decorrente da presença dos íons potássio, fosfatos, metais pesados e sódio. O sódio, dentre os cátions analisados, é o que apresenta maiores valores (60 mg L^{-1}), pois as contribuições das águas negras estabelecem descartes de produtos de limpeza e indiretamente de alimentos com elevadas cargas de sódio.

As variações de fósforo e sódio indicam elevações de valores para o efluente UDW. Isto pode estar associado aos efeitos de solubilização dos fosfatos insolubilizados, evapotranspiração e a troca iônica do sistema radicular.

Os estudos fenológicos revelaram elevada taxa de produção de biomassa na aplicação da *H. grumosa*, especialmente no WC2. Valores de $2,12 \text{ kg m}^{-2}$, durante o período de 4 meses foram observados, sendo superior em mais de três vezes a espécies frequentemente aplicadas em *wetlands*, como a *Typha*.

Já os valores de aporte de nutrientes demonstraram-se comparáveis aos obtidos em condições semelhantes de carga poluente e volumétrica daqueles obtidos com a *Typha*. Entretanto, para o íon sódio os aportes para o estudo aqui realizado são superiores, com valores entre 4 e $8,0 \text{ dag kg}^{-1}$ comparados com $0,8 \text{ dag kg}^{-1}$ da *Typha*.

Quanto aos metais pesados, as baixas concentrações determinadas nos efluentes secundários UD não implicaram em efeitos biossorventes para aporte na biomassa, representando então, ausência de riscos para uso da biomassa como fonte de alimentação animal ou adubação verde. Os níveis de metais pesados determinados na biomassa também estavam presentes no chamado habitat natural, demonstrando as potenciais contaminações devido às proximidades com rodovias e áreas de agricultura.

A dessalinização e taxa de produção de biomassa merece investigações futuras para aplicações da *Hymenachne grumosa*. Isto abre possibilidades de tratamento adequado de efluentes domésticos com recuperação de nutrientes e energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, M. S.; MATOS, A. T.; SOARES, A. A. Plantio e desempenho fenológico da espadana (*Typha sp.*) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 12 nº 03. p.7. 2007.
2. FREITAS, N. W. C. Tratamento de efluente de campus universitário via sistema de baixo custo com leitos cultivados (*wetlands*). Dissertação em Tecnologia Ambiental. Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. p. 55. 2008.
3. PHILIPPI, L. R.; SEZERINO, P. H. Aplicação de sistemas tipo *wetlands* no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. Editora do autor. Florianópolis, p. 144. 2004.
4. SOLANO, M. L.; SORIANO, P.; CIRIA, M. P. *Constructed wetlands as a sustainable solution for wastewater treatment in small villages*. Biosystems Engineering, v. 87, n. 1, p. 109-118. 2004.