

O MAIOR
EVENTO DE
SANEAMENTO
DA AMÉRICA
LATINA



18 A 20
SETEMBRO 2018
EXPO CENTER
NORTE
SÃO PAULO - SP

**9647 - ECOTECNOLOGIA DE WETLANDS CONSTRUÍDOS:
*A eficiência das macrófitas emergentes no tratamento de
efluentes em experiências brasileiras***

**Eng^a ALICIANE PEIXOTO
SALLES, M.J., MARTIN, L.E., GRIMBERG, P.**
R. Acre, 83 sala 706 – Centro – Rio de Janeiro - RJ

RESUMO

- *Wetlands* Construídos: opção ecológica e sustentável para tratamento de efluentes.
- Este trabalho analisou as eficiências das experiências brasileiras a partir de 2010 feitas com macrófitas emergentes.
- Há muitos conhecimentos fragmentados ou a serem descobertos.
- Seleccionados 16 trabalhos: 26 wetlands construídos , sendo 12 em escalas reais e 4 em piloto.
- Maior número de pesquisas na região Sul.
- Maioria para efluentes domésticos e agrícola.
- Mais da metade dos WC são de fluxo horizontal.
- A macrófita mais utilizada é a tabôa, seguida do capim vetiver.



INTRODUÇÃO



Atividades
Socioeconômicas



Tratamento de
Efluentes



Wetlands
construídos



Objetivos

Analisar os resultados de pesquisas sobre as potencialidades de experiências brasileiras na aplicação de *wetlands* construídos para o tratamento de águas residuárias utilizando macrófitas emergentes.

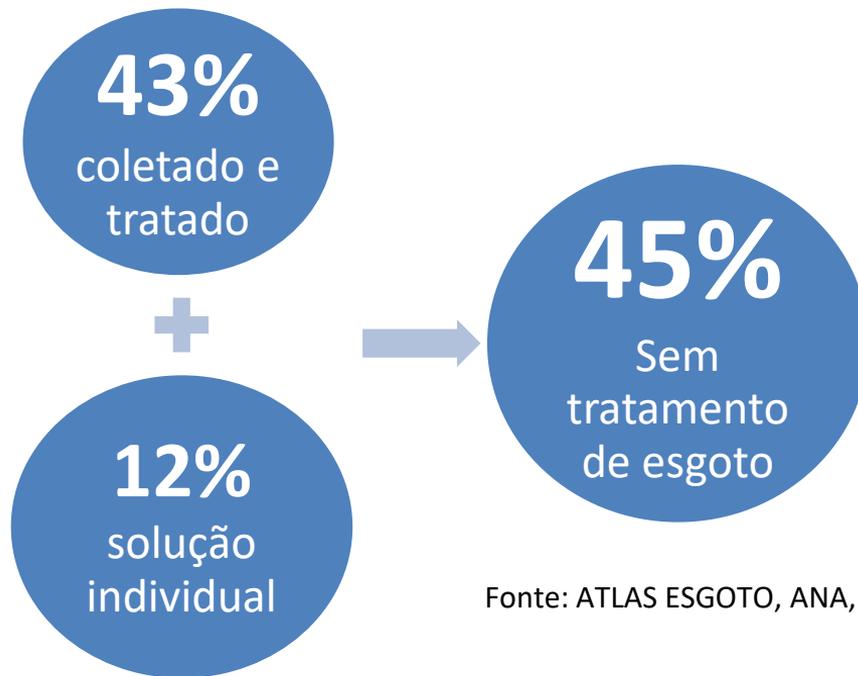
Objetivos Específicos

- Levantar trabalhos publicados no Brasil sobre o tema;
- Descrever e quantificar os elementos, características e parâmetros mais utilizados e pesquisados nos *wetlands* construídos em nosso país.
- Descrever os tipos de efluentes tratados (domésticos, agrícolas e/ou industriais), os principais parâmetros estudados e a remoção das concentrações de nutrientes e poluentes obtidas;
- Analisar os resultados de experiências brasileiras a partir das características técnicas utilizadas.



CONTEXTUALIZAÇÃO

SANEAMENTO BÁSICO: SITUAÇÃO DA COLETA E DO TRATAMENTO DE ESGOTO NO BRASIL



Fonte: ATLAS ESGOTO, ANA, 2017

TRATAMENTO DESCENTRALIZADO!

CONTEXTUALIZAÇÃO

1.698 municípios utilizam tecnologias alternativas

1.425 fossas sépticas

1.062 tecnologia principal

531 sem reclamações da população

382 fossa séptica como tecnologia principal

Wetlands Naturais -> Construídos



FOTO: SILVEIRA, Antônio (ultimaarcadenoe.com.br)



Fonte: Turenscape Landscape Architecture

Resumo de processos de tratamento de efluentes em *wetlands* construídos.

Processo	SC	DBO	N	P	Metais Pesados	Bactérias e Vírus	Descrição
Físico							
Filtração	S						Filtração pelo substrato, raízes e rizomas.
Sedimentação	S	I	I	I	I	I	sedimentação gravitacional de sólidos e alguns contaminantes.
Adsorção	S						Adsorção de partículas por forças de van der Waals.
Químico							
Precipitação			P	P			Formação e precipitação de compostos insolúveis CaPO ₄ .
Decomposição					P	P	Oxidação, redução e irradiação de compostos menos estáveis.
Adsorção			P	P	S		Adsorção de metais pesados pelo solo, substratos e superfícies das plantas.
Biológico							
Metabolismo Bacteriano	P	P	P				Decomposição bacteriana de orgânicos e nitrificação-desnitrificação. (remoção de DBO e N)
Crescimento (ou adsorção) das plantas			S	S	S		Levantamento temporário de nutrientes e metais por planta. (Pode ser permanente se removido por colheita.)
Tempo de residência de patógenos						P	Decadência natural de patógenos e outros organismos

Wetlands (Alagados) Construídos



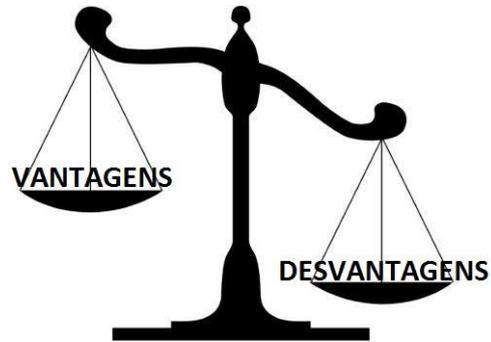
Fotos: Autora, 2017



TRATAMENTO CENTRALIZADO!

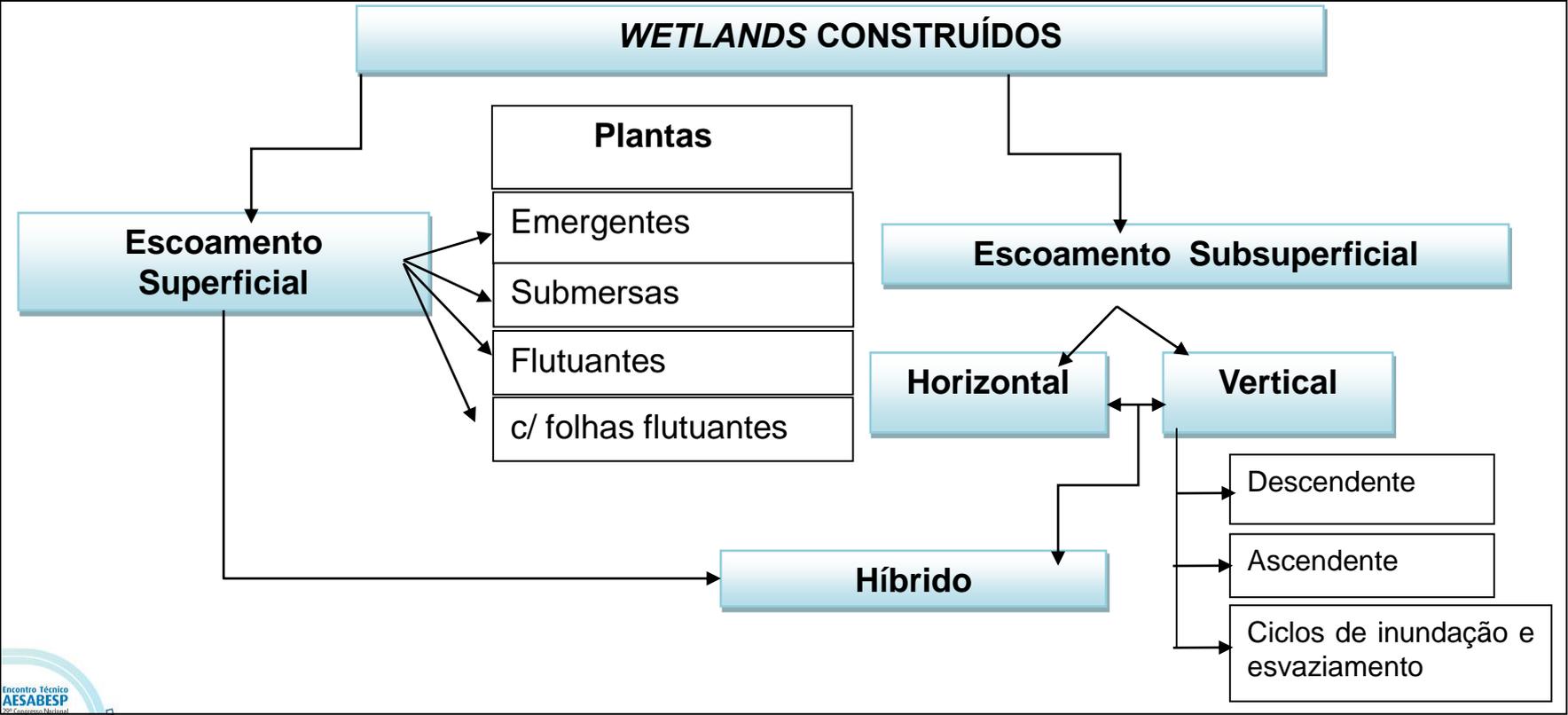
Wetlands Construídos

- custos baixos;
- fácil operação e manutenção;
- eficiência e eficácia no tratamento sem a necessidade de equipamentos complexos;
- processos biológicos naturais;
- estética paisagística;
- alta produção de biomassa;
- redução de matéria orgânica e dos sólidos sedimentáveis (lodos);
- reuso e considerável redução de patógenos.



- necessidade de grandes áreas;
- eficiências sazonais
- componentes biológicos sensíveis a substâncias químicas
- crescimento súbito ou picos de poluente ou de vazão;
- maus odores e problemas com mosquitos;
- colmatção.
- acumulação de compostos orgânicos ao longo do tempo.

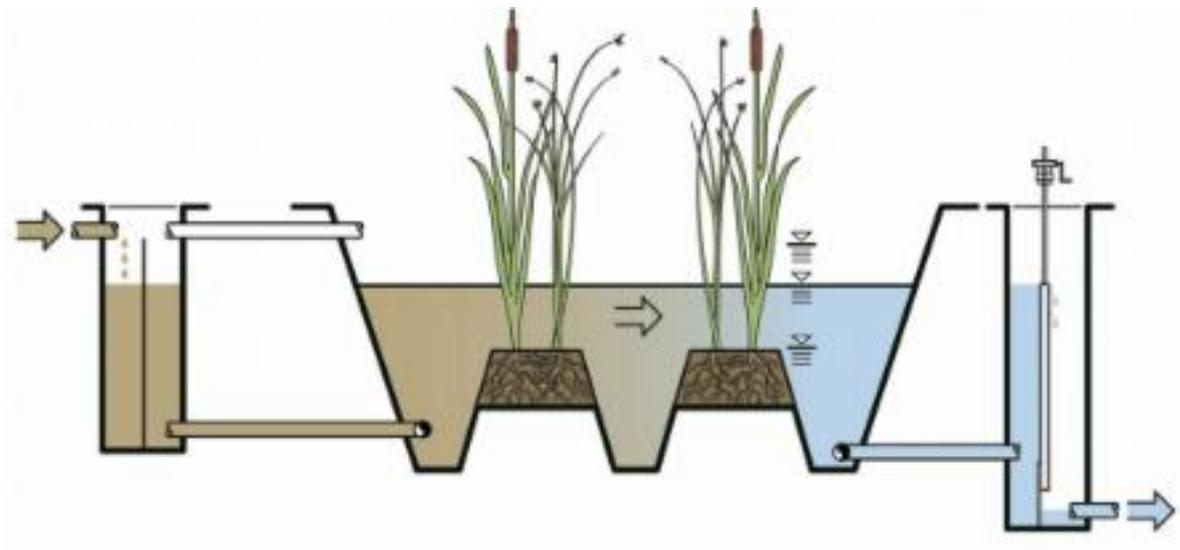
Classificação dos wetlands construídos.



Fonte: MONTEIRO, 2015, Adaptado de VYMAZAL e KROEPFLOVÁ (2008)

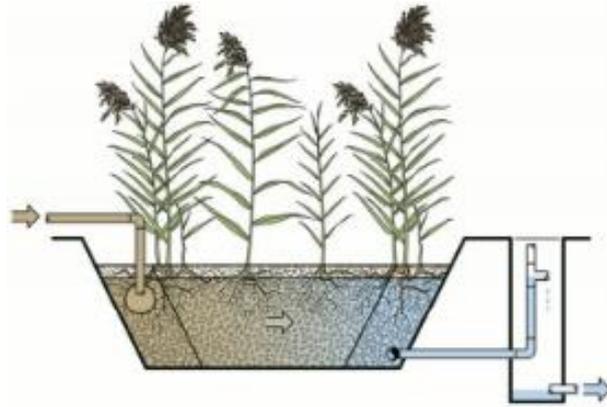


FLUXO SUPERFICIAL

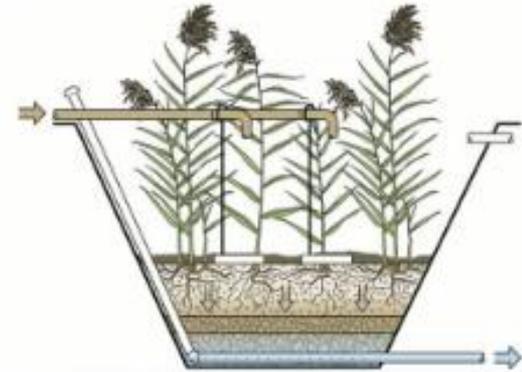


Fonte: DOTRO , 2017, 3p.

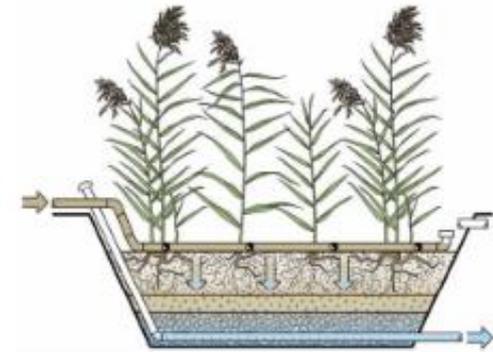
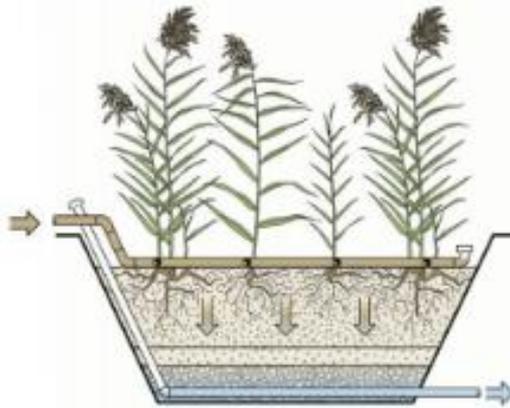
FH - Horizontal



FFV - Francês (SÉRIE)



FV - Vertical



Fonte: DOTRO , 2017, 3p.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Tabela 2 – Eficiências da remoção dos principais tipos *wetlands*.

PARÂMETROS	FH	FV	FFV	FS
Etapa do tratamento	secundária	secundária	primária e secundária	terciária
Sólidos Suspensos Totais (SST)	>80%	>90%	>90%	>80%
Matéria Orgânica	>80%	>90%	>90%	>80%
Amônia	20-30%	>90%	>90%	>80%
Nitrogênio Total	30-50%	<20%	<20%	30-50%
Fósforo Total	10-20%	10-20%	10-20%	10-20%
Coliformes	2 log ₁₀	2-4 log ₁₀	1-3 log ₁₀	1 log ₁₀

Fonte: DOTRO , 2017, 4p.



Macrófitas

Categoria

- *Flutuantes*
- *Submersas*
- *Emergente*

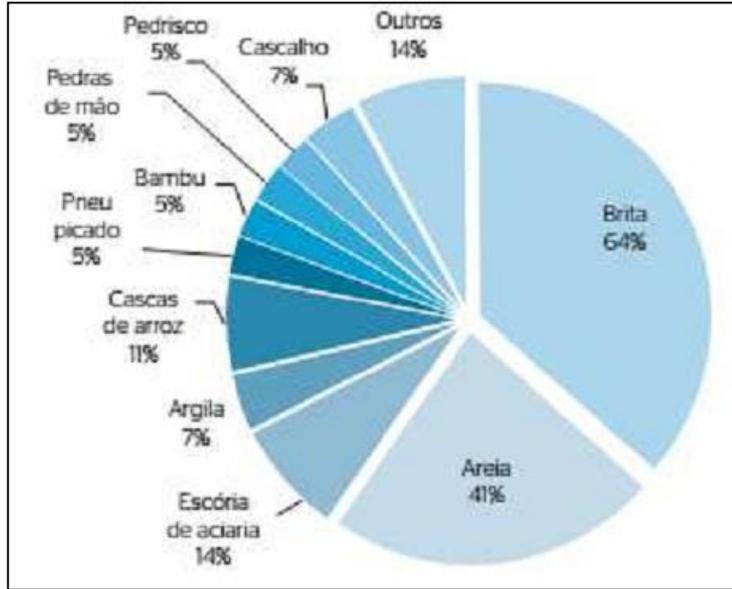
Benefícios

- *Estéticos*
- *Controle de odor*
- *Tratamento de efluente*
- *Controle de Insetos*

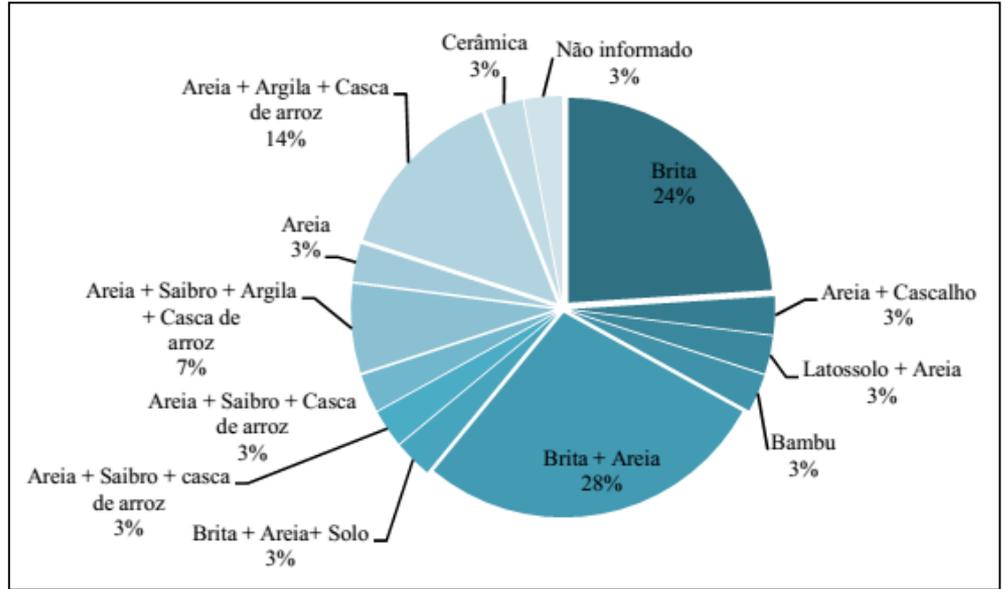
Seleção

- *Espécies locais.*
- *Espécies adaptadas a condições saturadas; que suportem a seca e que não exijam inundações*
- *Plantas com extenso sistema de raízes e rizomas;*

MEIOS DE SUPORTE MAIS UTILIZADOS NO BRASIL



Fonte: SEZERINO, 2013



Fonte: LIMA, 2015

METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em 3 fases distintas, conforme abaixo:

1. Estratégia de buscas

- *Palavras-chaves e descritores e*
- *Identificação das publicações*

2. Seleção das Publicações para o Estudo

3. Resultado das Publicações

METODOLOGIA

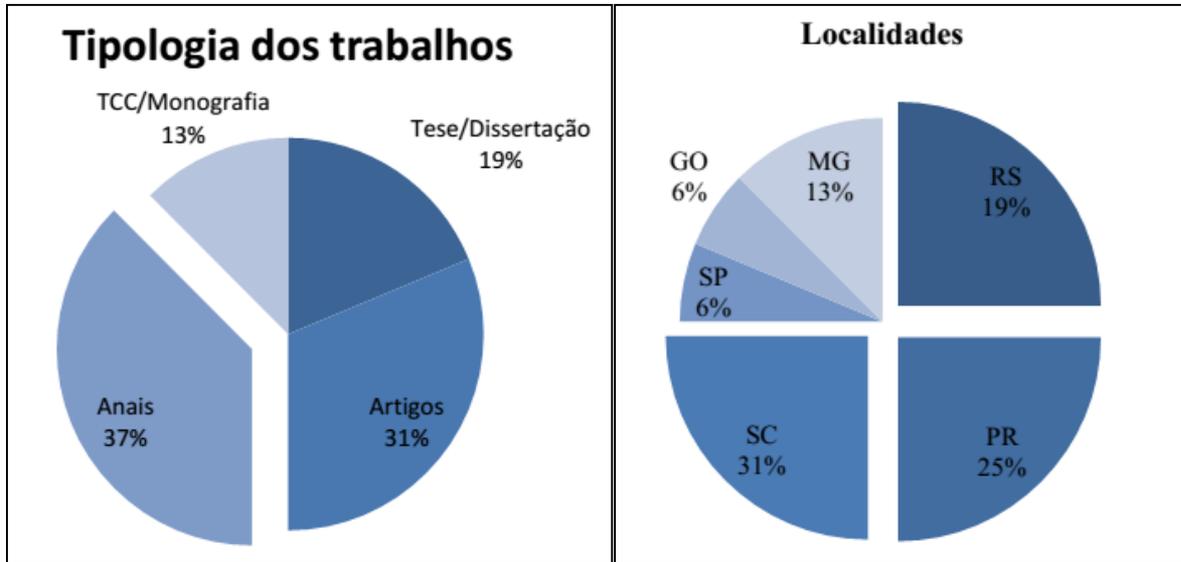
Critérios de Seleção:

- Experiências em escalas reais ou piloto dentro do território brasileiro;
- Escritos em português;
- Data de publicação a partir de 2010;
- Wetlands Construídos com espécies de macrófitas emergentes;
- Meios de suporte: solo, brita e/ou areia;
- Padrões de parâmetros analisados (aqueles exigidos pela resolução CONAMA no 430 e/ou outros com potencial risco à saúde humana e ambiental);
- Artigos científicos, teses e dissertações, assim como trabalhos apresentados em anais nacionais e de conclusão de curso de graduação.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

- QUANTO AO LEVANTAMENTO DOS TRABALHOS



Selecionados 16 (dezesseis) pesquisas brasileiras sobre wetlands construídos, sendo 12 (doze) em escala real e 4 (quatro) em escala piloto

Tabela dos trabalhos selecionados.

Cód.	Autor	Título	Ano	UF	Tipo de trabalho
1	ZERWES, F.V	Avaliação citogenética do tratamento com o processo UASB/biofiltro anaeróbio de fluxo subsuperficial de efluentes de propriedade rural.	2015	RS	ARTIGO
2	SEZERINO, P.H.	Wetlands construídos horizontais aplicados no tratamento descentralizado de esgotos	2015	PR	ARTIGO
3	RODRIGUES, E.B.	Zona de raízes: experiência vivenciada numa escola rural no município de campos novos/sc	2015	SC	ARTIGO
4	PELLISSARI, C.	Wetlands construídos aplicados no tratamento de efluente de bovinocultura leiteira	2015	SC	ARTIGO
5	MONTEIRO, V.R.C.	Monitoramento de wetlands construídos de escoamento horizontal e vertical empregados no tratamento de águas cinzas	2015	PR	ANAIS
6	KITAMURA, R.S.A.	Desempenho de um sistema de wetlands empregado para o pós-tratamento de lixiviado gerado em aterro sanitário	2015	PR	ANAIS
7	OLIVEIRA, C.L.B	Retenção do fósforo de águas residuárias em leitos cultivados com taboa e arroz	2015	SP	ANAIS
8	COSTA, D.T.	Eficiência de typha domingensis pers. Em flutuação na remoção e acumulação de metais oriundos de efluente doméstico	2015	RS	ANAIS
9	SÁNCHEZ, G.	Desempenho de fitoextração da macrófita cyperus papyrus em wetland construído vertical com fundo saturado empregado no tratamento de esgoto	2015	SC	ANAIS
10	SILVA, E.M.	Wetland construído de fluxo subsuperficial para tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite	2014	MG	ANAIS
11	PELLISSARI, C.	Wetlands construídos de fluxo vertical empregado no tratamento de efluente de bovinocultura leiteira	2013	SC	ARTIGO
12	JESUS, F.,L.F.	Desempenho e influência dos capins tifton 85 (cynodon sp.) E vetiver (chrysopogon zinzanioides) no tratamento de esgoto sanitários em sistemas alagados construídos	2016	MG	DISSERTAÇÃO
13	SIQUEIRA, E.R.,	Tratamento dos resíduos de fossas e tanques sépticos em um sistema de alagado construído	2014	GO	DISSERTAÇÃO
14	FACHINNI, F.	Avaliação sazonal do efluente do sistema de pós-tratamento com wetland construído em vinícola da serra gaúcha	2015	RS	MONOGRAFIA
15	GIRARDELLO, T.	Avaliação da eficiência do capim vetiver na remoção de nutrientes em lagoas de tratamento de efluente industrial	2015	SC	DISSERTAÇÃO
16	MELLO, D.	Comparativo da eficiência de tratamento de esgoto sanitário bruto e pós- reator uasb, em sistema piloto de wetland construído com pontederia parviflora alexander	2013	PR	MONOGRAFIA

- QUANTO ÀS DESCRIÇÕES DOS SISTEMAS INSTALADOS

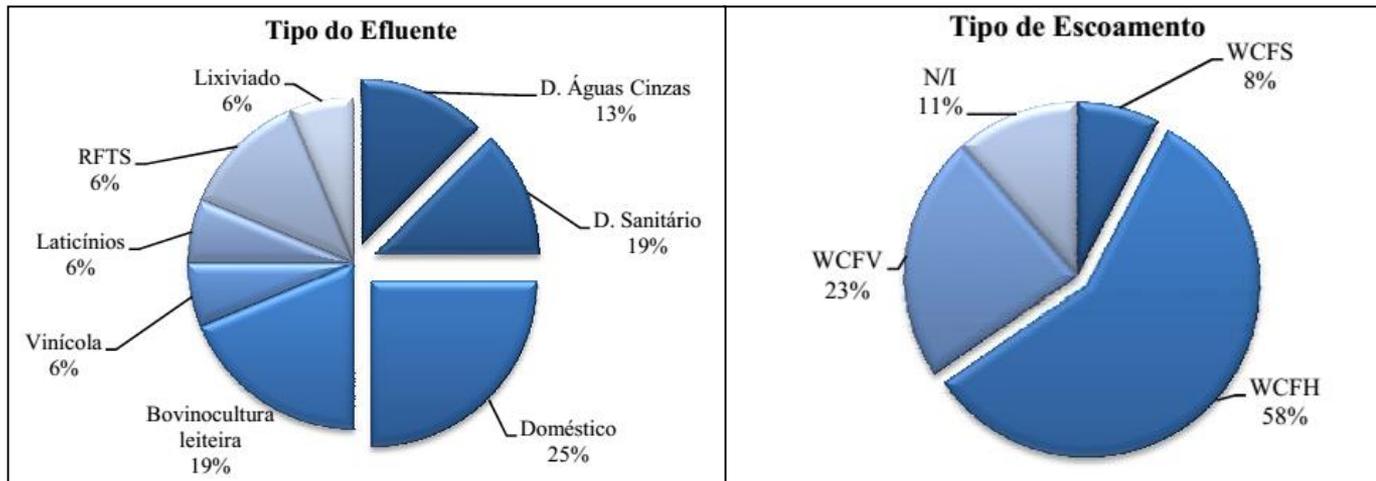


Tabela descrição dos sistemas.

CÓD.	QUANT. WC	ESCALA	ETAPA DO TRATAMENTO	EFLUENTE	FLUXO	TDH (DIAS)
1	2	real	terciário em série	doméstico (águas cinzas)	WCFH	10,17
2	2	real	secundário	doméstico	WCFH	-
3	1	real	terciário	doméstico (escolar)	WCFH	13
4	2	real	secundário	Bovinocultura Leiteira	WCFH e WCFV	-
5	2	real	primário	Doméstico (águas cinzas)	WCFH e WCFV	-
6	1	real	primário, secundário e terciário	Lixiviado de aterro sanitário	N/I	31 94 35
7	3	piloto	secundário	doméstico	WCFH	5
8	1	real	primário	doméstico	WCFS	-
9	1	real	secundário	doméstico	WCFVd-FS	30
10	1	real	secundário	Bovinocultura Leiteira	WCFH	3,6
11	1	real	secundário	Bovinocultura Leiteira	WCFV	2
12	3	piloto	primário	Doméstico (sanitário)	WCFH	0,6-0,9
13	2	piloto	primário	Resíduos de Fossas e Tanques Sépticos (RFTS)	WCFV	6
14	1	real	terciário	Vinícola	WCFH	-
15	1	real	terciário	Laticínio	WCFS	1,67
16	2	piloto	primário e secundário	Doméstico (sanitário)	N/I	-

• QUANTO ÀS DESCRIÇÕES DOS SISTEMAS INSTALADOS

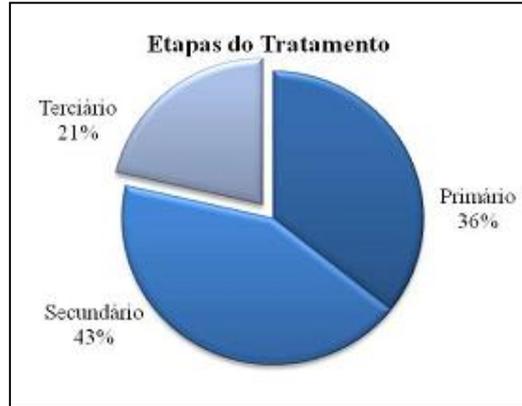


Tabela de estudos comparativos das eficiências entre as etapas de tratamento.

AUTOR	SISTEMA	°C	ST	DBO	DQO	NTK	N-NH4+%	P _T
ZERWES, F.V	terciário em série	-		63,73%	73,52%	58,70%		28,81%
		-		95,06%	83,39%	94,31%		54,76%
MELLO, D.	primário	18	89,8%		85,6%	97,01%	100,0%	100%
		28	87,0%		23,5%	97,88%	97,1%	98%
	secundário	18	66,7%		84,0%	89,18%	62,4%	100%
		28	93,0%		0,4%	87,50%	-	99%

No estudo de ZERWES (2015), com filtros construídos em série, o segundo filtro do tratamento terciário obteve maior percentual de eficiência para todos os parâmetros analisados (DBO, DQO, NTK e Pt) do que o primeiro filtro. Entretanto, se for contabilizar a quantidade de carga removida, o primeiro filtro retirou mais carga que o segundo, exceto para fósforo, que teve o maior número de carga retirada no segundo filtro.

Para MELLO (2013), com filtros construídos em paralelo, as eficiências foram bastante diversificadas. O sistema primário, no geral, se mostrou mais eficiente na remoção de ST, DQO e NTK que o secundário, segundo a autora isso prova que os *wetlands* funcionam muito bem como tratamento primário. Entretanto é preciso verificar o prazo de colmatação, pois tal estudo só foi monitoramento por apenas 4 meses.

- QUANTO A AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS NAS EXPERIÊNCIAS COM AS MACRÓFITAS

Tabela de macrófitas utilizadas nas pesquisas.

CÓD.	MEIO FILTRANTE	MACRÓFITA
1	Brita 4 e Brita 1	<i>Alternanthera philoxeroides</i>
2	Areia e Brita	<i>Cyperus Papyrus</i>
3	Areia grossa e Brita 3	<i>Typha sp</i>
4	Areia grossa	<i>Typha domingensis Pers</i>
5	Areia grossa	<i>Cyperus Papyrus</i>
6	N/I	<i>Echinochloa polystachya; Alternanthera philoxeroides; Eichhornia crassipes; Hydrocotyle bonariensis; Ipomea cairica; Echinochloa crus-gavonis; Typha domingensis; Cyperus difformis; N/I</i>
7	Brita 2	<i>Typha</i> <i>Arroz IAC 103</i>
8	N/I	<i>Typha domingensis Pers</i>
9	Brita e Areia Grossa	<i>Cyperus Papyrus</i>
10	Brita 2	<i>Cyperus Papyrus Nanus</i>
11	Brita e Areia grossa	<i>Typha domingensis Pers</i>
12	brita gnáissica 0	<i>Chrysopogon zizanioides</i> <i>Cynodon sp.</i>
13	areia média; brita 1 e brita 0	<i>Chrysopogon zizanioides</i>
14	brita rachão; brita 4; brita 3 e areia grossa	<i>Typha domingensis Pers</i>
15	N/I	<i>Chrysopogon zizanioides</i>
16	Areia e Brita	<i>Pontederia Parviflora Alexander</i>



Cyperus Papyrus

Papiro

11,5%

- QUANTO A AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS NAS EXPERIÊNCIAS COM AS MACRÓFITAS

Em Flutuação:



Ilustrativa

Vetiver:

- Eficiência para P total 8,7%; DQO (16%); NTK (20,7%) (GIRARDELLO, 2015)

Chrysopogon zizanioides

Capim Vetiver

11,5%

Autora ressalta que os resultados estão ligados ao crescimento da planta.



Ilustrativa

Typha sp

Taboa

27%

Tabôa:

- Gênero mais utilizado
- Melhor retenção do atributo fósforo e dos metais como Pb e Ni . Em torno de 70% (Costa, 2015).

- QUANTO A AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS NAS EXPERIÊNCIAS COM AS MACRÓFITAS

Fixadas em Meio de suporte:

Tabela de estudos comparativos entre filtros plantados e de controle (não plantados).

AUTOR	SISTEMA	ST %	SS %	DBO %	DQO %	NTK %	N-NH4+ %	P _T %	ÓLEOS E GRAXAS (%)
OLIVEIRA, C.L.B.	typha	-	-	-	-	-	-	79	-
	arroz	-	-	-	-	-	-	20	-
	controle	-	-	-	-	-	-	5	-
JESUS, F.L.F.	vetiver	92,1	-	85,0	85	37,6	-	40,9	-
	tifton 85	90,4	-	84,0	84	37,2	-	36,1	-
	controle	88,9	-	82,0	84	34,1	-	37,8	-
SIQUEIRA, E.R.,	vetiver	65,3	98,7	86,8	-	-	35,87	38,10	82,62
	controle	51,5	97,2	-65,94	-	-	39,44	-25,66	63,97

RFTS – Primário – ABR/JUN 2014 – GO

Taxa de evapotranspiração:
64% Vetiver x 33% Controle

Possível causa, segundo a autora: o tipo de escoamento (WCFV).

* Seria necessário análise completa do ciclo do nitrogênio.

Entretanto ...



- QUANTO A AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS NAS EXPERIÊNCIAS COM AS MACRÓFITAS

Tabela de estudos comparativos entre fluxos.

AUTOR	FLUXO	SS	DBO	DQO	NTK	N-NH4+	NO ₂	NO ₃ ⁻	P-PO ₄	OD
PELISSARI, C.	WCFH	81%	62%	74%	51%	59%	35%	42%	35%	27%
	WCFV	68%	49%	68%	17%	80%	10%	-615%	10%	-209%
MONTEIRO , V.R.C.	WCFH			82,7%		55,8%	-	-	73,6%	
	WCFV			88,0%		97,5%	-	- 1400,0 %	75,4%	

Tabela de estudos comparativos entre filtros plantados e de controle (Coliformes)

Autor	Sistema	Coliformes totais	E-COLI
SIQUEIRA, E.R.	vetiver	99,09%	99,43%
	controle	96,45%	99,16%

CONCLUSÃO

Eficiência conforme suas finalidades (Etapas de tratamento).

- Os WCs funcionam muito bem como tratamento primário.
- Risco de colmatção. Necessário mais tempo de estudo.
- Os filtros que recebem maior número de carga orgânica. Tiveram maior capacidade de remoção.
- O tratamento em série dos filtros se mostrou com ótima eficiência na remoção de fósforo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Maior integração e discussão sobre o tema.
- O desenvolvimento de mais pesquisas comparativas entre macrófitas emergentes utilizando filtros plantados e de controle ou com o uso de flutuadores, para que se possa saber a real eficiência deste elemento na eficiência de remoção de parâmetros.
- Utilização de macrófitas emergentes nativas, a fim de identificar o meio de suporte apropriado.
- Monitoramento do desenvolvimento das plantas. Capacidade extratora das plantas, pré e pós-poda.
- As pesquisas em curto período de tempo são importantes para que só possa ter uma noção da capacidade do conjunto de elementos, porém, para aplicação em escala real e para que se possa chegar a um projeto ótimo, elas se tornam inconclusivas. É necessário que tais experimentos se estendam por períodos maiores, para que seja possível a análise comportamental do sistema em temperaturas altas e baixas e em períodos secos e chuvosos e ainda, o tempo médio de colmatação dos WCs conforme o dimensionamento, o fluxo, o tipo de efluente tratado e todas outras variáveis existentes.

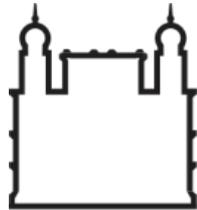
REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil e Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil, Brasília,124 p , 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas, p. 52, 2017.
- ALBIZZATI, EC. *et al.* Comparativo entre estações de tratamento de efluentes convencionais e jardins filtrantes, BE_310 Ciências do Ambiente, disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/dep_biolgia_animal/BE310> UNICAMP, 2012.
- BARROS, R. T. D. V. ., et al. Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, v. 2, 221 p., 1995.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, Política Nacional de Saneamento Básico, 2007.
- BRASIL. Lei nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. > Acesso em: 17 jan. 2018.
- BRASIL, Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014, Brasília, SNSA/MCIDADES, 212 p. : il, 2016.
- CONAMA. Resolução no. 357, de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, Ministério do Meio Ambiente. Brasília, p. 89. 2011. (DOU nº 053, de 18/03/2005).
- CONAMA. Resolução no. 396, de 03 de abril de 2008: Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 89. 2011. (DOU nº 66, de 07/04/2008).
- CONAMA. Resolução no. 430, de 13 de maio de 2011: dispõe sobre s condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no. 357 de 17 de março de 2005, Ministério do Meio ambiente, Brasília, p. 89. 2011. (DOU nº 92, de 16/05/2011).
- CNRH. Resolução no. 91, de 05 de novembro de 2008: dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, (DOU de 0/02/2009).
- DOTRO, G. LANGERGRABER, G. MOLLE, P. NIVALA, J. PUIGAGUT, J. STEIN, O. VON SPERLING, M. *Biological Wastewater Treatment Series*. IWA Publishing, v.7, 2017.
- ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA – ENSP. Avaliação Final da disciplina BISA - Busca de Informação em Saúde Ambiental do Curso de Gestão e Tecnologias do Saneamento, FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2017.
- GIORDANO, Gandhi. Tratamento e controle de efluentes industriais, Revista ABES, v. 4, n. 76, 2004.
- JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos, 6. Ed, Rio de Janeiro, ABES, 2011.
- NEVES, Flávia Maria Chami et al. Avaliação da qualidade da água do rio Bacacheri, Curitiba, PR, Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 8, n. 4, p. 81-98, 2015. ISSN 2316-2856. Disponível em: <<https://www.uninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/425/265>>, Acesso em: 19 jan. 2018.
- PELLIZZON, R. D. F. D. Pesquisa na área da saúde. Base de Dados DeCS (Descritores em Ciências da Saúde). Acta Cirúrgica Brasileira, v. 19, n. 2, p. 153, 2004. Disponível em: [<http://www.scielo.br/pdf/acb/v19n2/v19n2a13.pdf>]; acesso em 05 de dezembro de 2017.
- SILVA, S.C., *Wetlands* construídos de fluxo vertical de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos, Tese Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD-003/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. UNB, Brasília, DF, 205 p, 2007.

OBRIGADA!

apeixoto@monaengenharia.com.br

monã
ENGENHARIA E CONSULTORIA AMBIENTAL



FIOCRUZ



ENSP

