

25^e
26
AGOSTO
2018



XII SESMA

SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE
SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

II WORKSHOP INTERNACIONAL DE
BIORREMEDIAÇÃO
DE ÁREAS CONTAMINADAS



Segurança Hídrica Global



XIISSEMA
SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE
SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

II WORKSHOP INTERNACIONAL DE
BIORREMEDIÇÃO
DE ÁREAS CONTAMINADAS

Segurança Hídrica Global

25 e 26 AGOSTO
2018

Remoção de Pesticidas em Sistemas Alagados Construídos

Prof. Alisson C. Borges

Universidade Federal de Viçosa

Agenda

- Pesticidas em ambientes aquáticos
- Alagados construídos: definições
- O usos de alagados construídos na remoção de pesticidas
- Eficiência dos sistemas

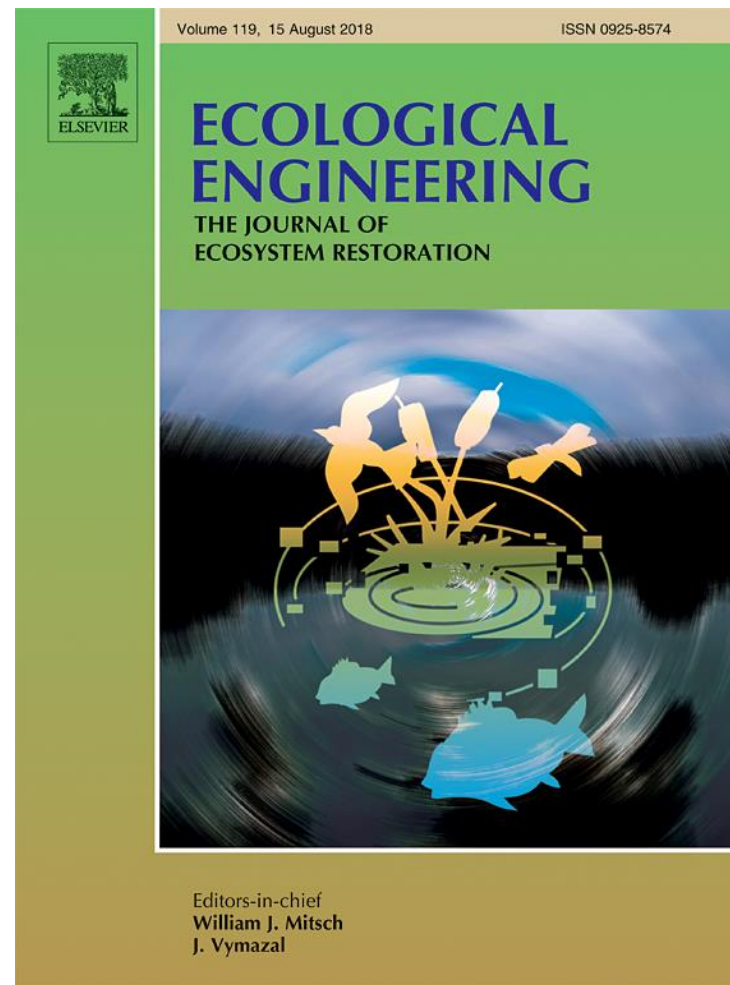
Pesticidas em ambientes aquáticos

- ➔ Pesticida, praguicida, agrotóxico ou defensivo?
- ➔ Formas de aporte de pesticidas em ecossistemas aquáticos
- ➔ Prevenção do aporte de pesticidas em corpos hídricos

SACs: Definição

- *Wetlands*: termo usado para designar áreas de solo hidromórfico inundado ou saturado por águas superficiais/subterrâneas onde crescem várias espécies vegetais
- Um sistema alagado construído (SAC) age como um filtro biológico onde os responsáveis pela remoção de poluentes são mecanismos físicos e químicos, reações de degradação biológica aeróbia e anaeróbia, evapotranspiração e infiltração.
- SACs foram criados para controlar o tratamento e otimizar a habilidade dos sistemas naturais em remover ou transformar os poluentes contidos nos efluentes, além de criar um ambiente esteticamente agradável.

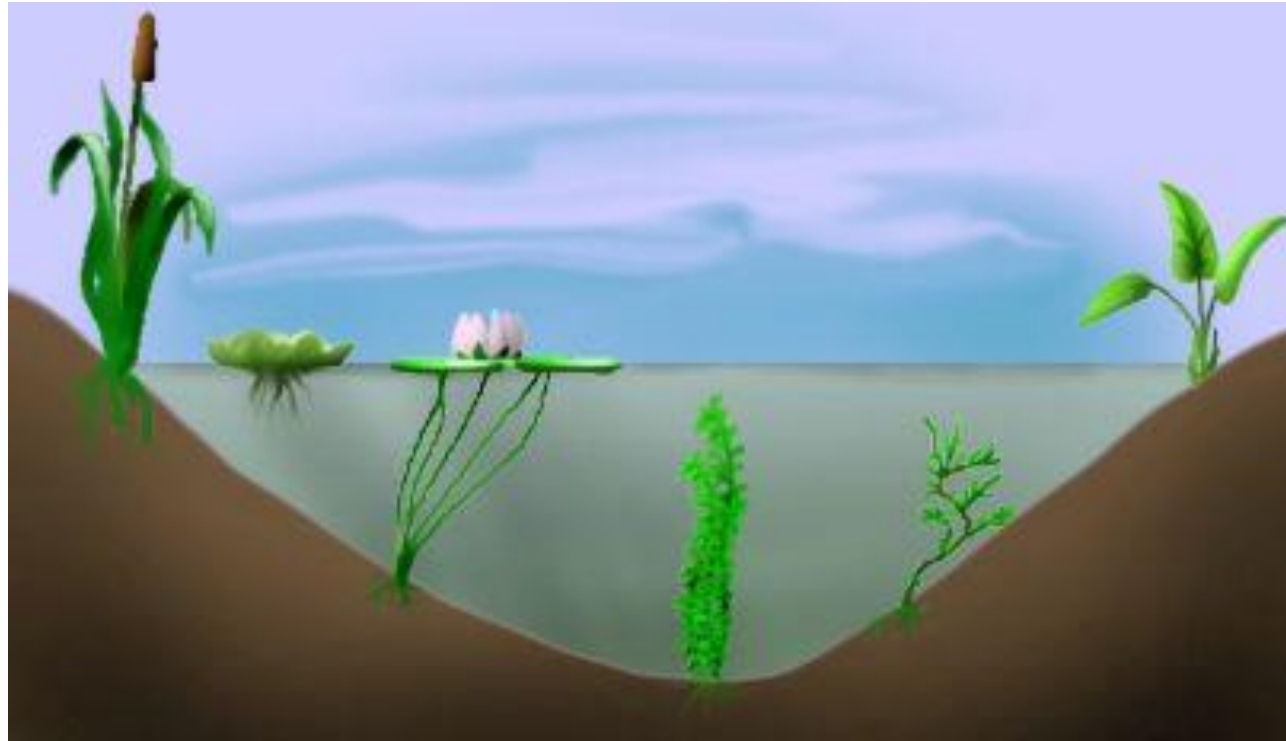
SACs: histórico



SACs: O papel da vegetação

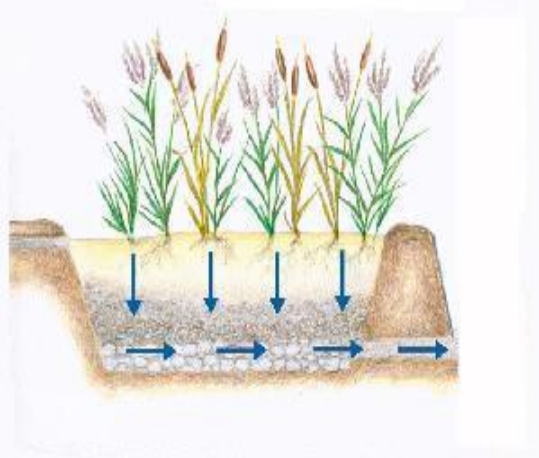
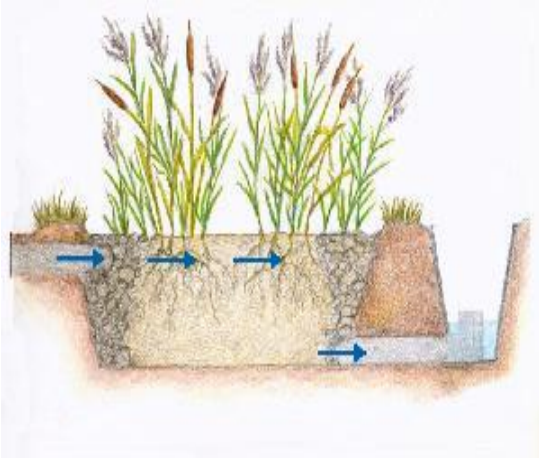
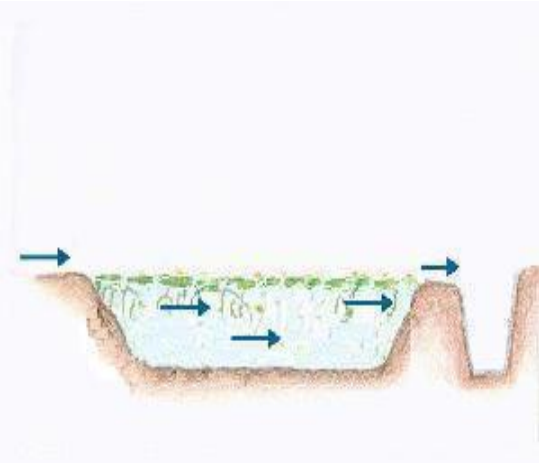
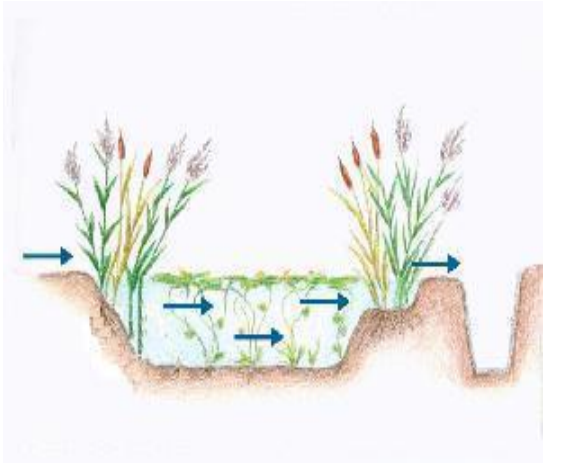
- ➔ Macrófitas: termo genérico para designar plantas aquáticas que vivem desde em brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos (incluindo os corpos de água doce, salobra e salgada).
- ➔ Incluem vegetais desde macroalgas até angiospermas.
- ➔ Emersas (Helophytes), como a *Eleocharis*. Submersas com folhas flutuantes (Amphiphytes), como a *Nymphaea*. Submersas (Limnophytes), como a *Ceratophyllum*. Flutuantes (Pleustophytes), como a *Pistia*.
- ➔ Últimos tempos: agregação de valor, usos de espécies de valor econômico.

SACs: O papel da vegetação



To plant or not to plant? Questions on the role of plants in constructed wetlands. Mara, D.D. (2004). 9th International Conference on Wetland Systems.

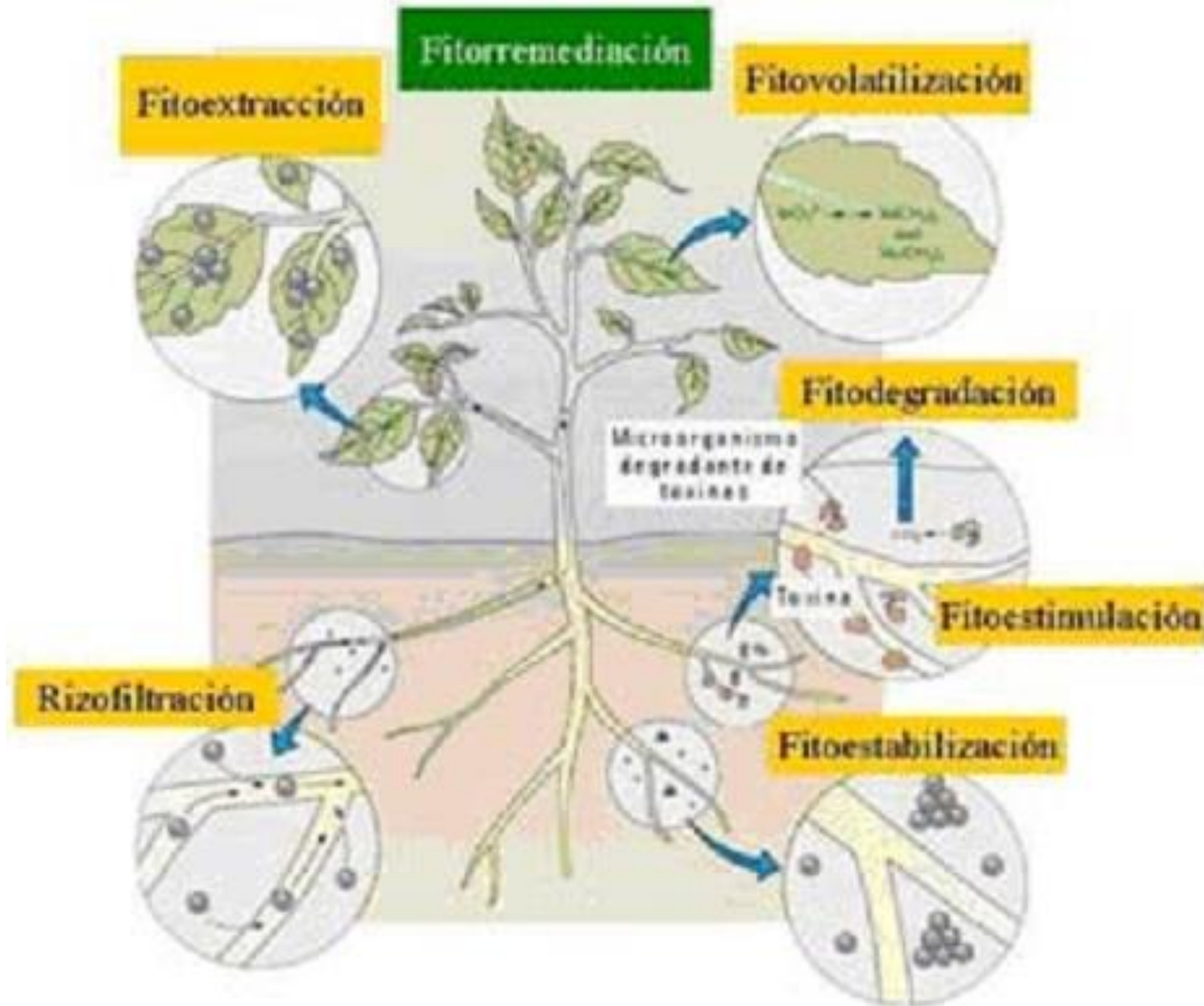
SACs: Hidrodinâmica



SACs: Mecanismos

Mecanismos	Contaminante	Descrição
Físico		
• Sedimentação	P – Sólidos sedimentáveis S – Sólidos coloidais I – DBO, nitrogênio, fósforo, metais pesados, orgânicos refratários, bactérias, vírus	Sólidos sedimentáveis por gravidade (e contaminantes) em terra úmida e lagoas.
• Filtração	S – Sólidos sedimentáveis, sólidos coloidais	Partículas sedimentáveis mecanicamente à medida que a água passa por meio do substrato, massa de raízes ou peixes.
• Adsorção	S – Sólidos coloidais	Força atrativa entre partícula (van der Waals).
Químico		
• Precipitação	P – Fósforo, metais pesados	Formação de co-precipitação com compostos insolúveis.
• Adsorção	P – Fósforo, metais pesados S – Orgânicos refratários	Adsorção no substrato e superfícies de plantas.
• Decomposição	P – Orgânicos refratários	Decomposição ou alteração de compostos menos estáveis por irradiação UV, oxidação e redução.
Biológico		
• Metabolismo microbiano ^a	P – Sólidos coloidais, DBO, nitrogênio, orgânicos refratários, metais pesados	Remoção de sólidos coloidais e orgânicos solúveis por bactérias suspensas, bênticas e epifíticas. Nitrificação/desnitrificação bacteriana. Oxidação de metais mediada por microrganismos.
• Metabolismo de plantas ^b	S – Orgânicos refratários, bactérias, vírus	Sob condições adequadas, quantidades significativas desses contaminantes serão tomadas pelas plantas.
• Decaimento natural	P – Bactérias e vírus	Decaimento natural ou organismos em um meio desfavorável.

SACs: Mecanismos



SACs remediando pesticidas

Herbicidas: Acetochlor, aclonifen, alachlor, ametryn, atrazine, bentazone, chlorotoluron, dicamba, dichlorprop, diflufenican, diuron (and its degradation product 3,4-DCA), ethofumesate, fluometuron, fluroxypyr, gluphosinate, glyphosate (and its degradation product AMPA), isoproturon, isoxaben, linuron, MCPA, mecoprop, mefenpyr-diethyl, metamitron, metazachlor, metolachlor, metribuzin, napropamide, pendimethalin, pentachlorophenol, propachlor, prosulfocarb, simazine, terbuthylazine, 2,4-D

Insecticidas: Aldicarb, azinphos-methyl, bifenthrin, chlorpyrifos, cyfluthrin, λ -cyhalothrin, cypermethrin, diazinon, dimethoate, endosulfan, esfenvalerate, fipronil, flufenoxuron, imidacloprid, indoxacarb, lindane, methyl parathion, mevinphos, omethoate, parathion, pentachlorophenol, permethrin, prothiofos, thiacloprid, triflumuron

Fungicidas: Azoxystrobin, carbendazim, chlorothalonil, cyazofamid, cymoxanil, cyproconazole, cyprodinil, difenoconazole, dimethomorph, epoxiconazole, fenpropidine, fenpropimorph, fludioxamine iprodione, kresoxim methyl, metalaxyl, penconazole, pencycuron, penflufen, pentachlorobenzene, pentachlorophenol, propiconazole, pyrimethanil, spiroxamine, tebuconazole, tetraconazole, trifloxystrobin

Reference	Location	Type	Size (m/ha)	Sediment/filter material	Plants	Pesticide	Type of runoff
Wolverton (1975)	USA, Mississippi	FWS		Soil	<i>Nymphaea odorata</i> , <i>Juncus repens</i> , <i>Paspalum distichum</i>	Merlinphos	Microcosm
Alvord and Kadlec (1996)	USA, Illinois	FWS	3 wetlands 1.86 ha, 2.22 ha, 2.33 ha		<i>Typha latifolia</i> , <i>Polygonum amphibium</i> , <i>Nymphaea tuberosa</i>	Atrazine	River water
McKinlay and Kasperik (1999)	UK	VF	3.4 × 0.7	Gravel, 20 mm and 6–11 mm	<i>Schoenoplectus lacustris</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>Phragmites australis</i>	Atrazine	Mesocosm study
Moore et al. (2000)						Atrazine	Simulated runoff
Moore et al. (2001b)	USA, Mississippi	FWS	14 × 59–73	84% sand, 16% silt	<i>Typha latifolia</i> , <i>Scirpus cyperinus</i> , <i>Zizania aquatica</i>	Metolachlor	
Moore et al. (2002)					<i>Juncus effusus</i> , <i>Leersia</i> sp., <i>Ludwigia</i> sp.	Chlorpyrifos	
Schulz et al. (2001b)	South Africa	FWS	36 × 134		<i>Typha capensis</i> (60%), <i>Juncus kraussii</i> (10%), <i>Cyperus diers</i> (5%)	Azinphos-methyl	Orchard runoff
Schulz and Peall (2001)						Azinphos-methyl, chlorpyrifos, prothiofos	
Moore et al. (2002)						Chlorpyrifos	
Schulz et al. (2003)					<i>Typha capensis</i> (80%), <i>Juncus kraussii</i> (15%), <i>Cyperus diers</i> (5%)	Azinphos-methyl	
Cheng et al. (2002)	Germany	VF	1.0 m ²	Gravel/sand 0–8 mm)	<i>Colocasia esculenta</i> , <i>Ischaemum aristatum</i> var. <i>glacum</i>	Parathion, omethoate, MCPA, dicamba	Mesocosm study
George et al. (2003)	USA, Tennessee	HF	4.9 × 1.2 (2.4)	Quartz gravel 1.1 cm and 1.9 cm fractions	<i>Scirpus validus</i>	Simazine, metolachlor	Container nursery runoff
Braskenud and Haarstad (2003)	Norway	FWS	840 m ² (100 m long)	18–37% LOI	<i>Sparganium erectum</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Myosotis scorpioides</i> , <i>Urtica dioica</i>	Propachlor, metribuzin, linuron, metamitron, metalaxyl, propiconazole, fenpropimorph, mecoprop, dicamba, MCPA, dichlorprop, bentazone, fluroxypyr	Agricultural watershed runoff
Runes et al. (2003)	USA, Oregon	FWS	3 × 200	10% sand, 70% silt, 20% clay, 2.13% TOC	<i>Typha latifolia</i>	Atrazine	Simulated runoff in container nursery
Kohler et al. (2004)	USA, Indiana	FWS	1.95 ha		Planted with 10,800 plants of 18 species	Mixture	Golfcourse runoff
Sherrard et al. (2004)	USA	FWS (barch)	1.85 × 0.63	Sand amended with compost	<i>Scirpus cyperinus</i>	Chlorothalonil, chlorpyrifos	Laboratory experiment
Bouldin et al. (2005)	USA, Arkansas	FWS	0.41 × 0.51	Ditch sediment	<i>Juncus effusus</i> , <i>Ludwigia peploides</i>	Atrazine, λ -cyhalothrin	Microcosm study
Moore et al. (2006)	USA, Mississippi	FWS	50 × 5.5		<i>Juncus effusus</i> , <i>Ludwigia peploides</i>	Methyl parathion	Simulated runoff
Rose et al. (2006)	Australia	FWS	20 × 10 vegetated 10 × 10 unvegetated		<i>Pennisetum spp.</i> , <i>Ludwigia peploides</i> , <i>Myriophyllum papillosum</i> , <i>Juncus ustulatus</i> , <i>Bolboschoenus medianus</i> , <i>Typha domingensis</i>	Fluorometuron, diuron, aldicarb, endosulfan	Cotton field tailwater
Matamonos et al. (2007)	Spain	HF	55 m ²	Gravel (3.5 mm)	<i>Phragmites australis</i>	Simazine, alachlor, chlorpyrifos, pentachlorobenzene, pentachlorophenol, endosulfan, lindane, diuron, mecoprop	Pilot plant (pesticide mixture injected to sewage)
Blanckenberg et al. (2007)	Norway	FWS	40 × 3		<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Glyceria fluitans</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>Sparganium erectum</i> , <i>Phragmites australis</i>	Metalaxyl, metamitron, metribuzin, propachlor, linuron, fenpropimorph	Simulated runoff
Moore et al. (2007)	USA, Mississippi	FWS	30 × 180		<i>Cyperus iria</i> , <i>Sorghum halepense</i> , <i>Digitaria ischaemum</i> , <i>Polygonum lapathifolium</i> , <i>Alternanthera philoxeroides</i>	Lambda-cyhalothrin, cyfluthrin	Simulated runoff
Moore et al. (2009)						Diazinon	
Lodge et al. (2011)					<i>Alternanthera philoxeroides</i> , <i>Cephalanthus occidentalis</i> , <i>Echinochloa colona</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i> (major species)	Atrazine, fluorometuron	Simulated runoff

Fonte: Vymazal
e Březinová
(2015)

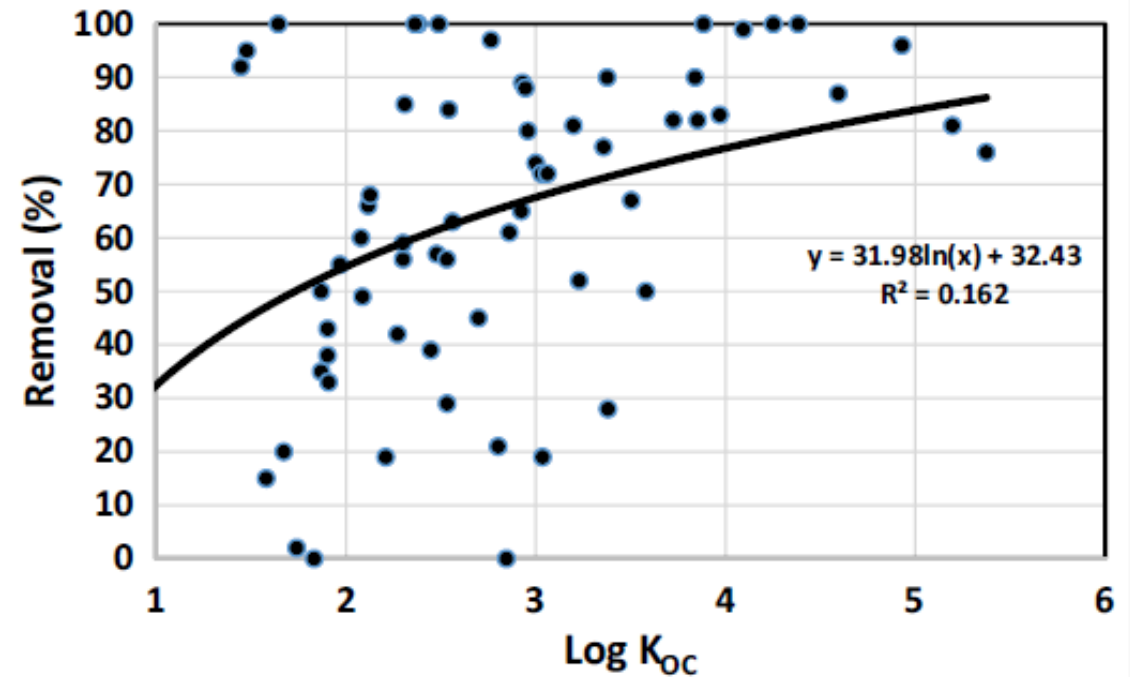
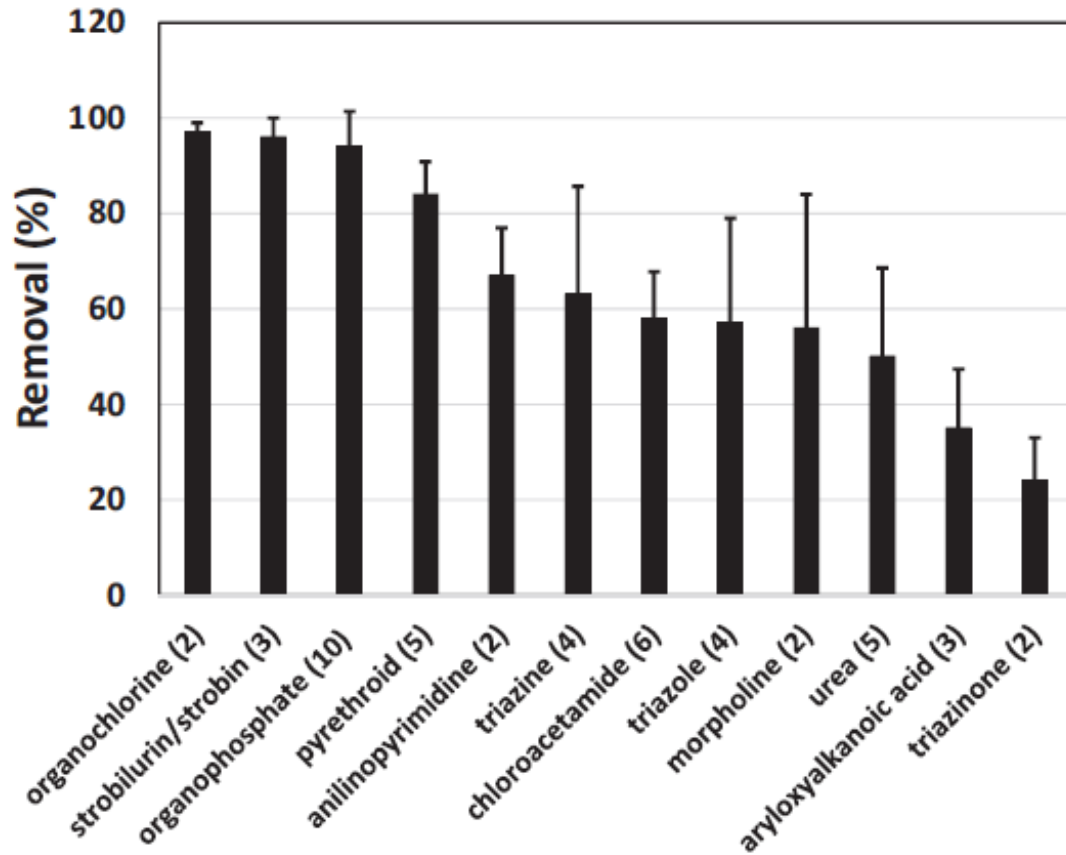
Rose et al. (2008)	Australia	FWS					Endosulfan, fluorometuron	Field runoff
Belbetov and Liess (2008)	Germany	FWS	20 × 0.32	Gravel/sand 0.2–3.7 mm	<i>Nasturtium officinale</i>		Thiacloprid	Mesocosm system
Lin et al. (2008)	China	VF (batch)	0.3 × 0.3	Gravel 8–15 mm	<i>Typha latifolia</i>		Atrazine	Laboratory experiment
Libotte et al. (2009)	USA, Mississippi	FWS	700 × 25	Modified natural wetland			Atrazine, S-metolachlor, sifoprol	Simulated runoff from 16 ha agricultural field
Borges et al. (2009)	Brazil	HF	24 × 1.0	Gravel ($D_{10} = 7$ mm)	<i>Typha latifolia</i>		Ametryn	Mesocosm study
Gregoire et al. (2009)	France	FWS	990 m ²				Glyphosate, penconazole	Demonstration system
Budd et al. (2009, 2011)	USA, California	FWS	2.3 ha and 2.5 ha		<i>Raspalum distichum</i> , <i>Polygonum lapathifolium</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i>		Bifenoxin, λ -cyhalothrin, cypermethrin, esfenvalerate, diazinon, permethrin, chlorpyrifos	Agricultural to river
Agudelo et al. (2010)	Colombia	HF	1.0 × 0.6	Igneous rock, 3.9–6.4 mm	<i>Phragmites australis</i>		Chlorpyrifos	Microcosm study
Page et al. (2010)	Australia	FWS	11 ha		<i>Phragmites australis</i> , <i>Eleocharis sphacelata</i> , <i>Schoenoplectus validus</i> , <i>Burkea articulata</i> , <i>Typha orientalis</i>		Simazine, diuron, atrazine	Stormwater runoff
Elsaesser et al. (2011)	Norway	FWS	40 × 3		<i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>Phragmites australis</i>		Dicamba, dimethoate, trifluroxystrobin, metolachlor, tebuconazole	Simulated runoff
Maillard et al. (2011)	France	FWS/HF	234/104	Clay 44%, fine silt 33%, coarse silt 10%, fine sand 5%, coarse sand 8%/gravel	<i>Phragmites australis</i> , <i>Schoenoplectus lacustris</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>Lolium perenne</i>		AMPA, azoxystrobin, cyromazine, cyprodimil, carbendazim, dimethomorph, diuron, flufenoxuron, glyphosate, glyphosate, isoxaben, imazethabenzil, metolachlor, pyrimethanil, simazine, terbutylazine, tebuconazole	Vineyard runoff
Imfeld et al. (2013)					<i>Phragmites australis</i> (90%), <i>Juncus effusus</i> , <i>Typha latifolia</i>		Glyphosate, AMPA	
Moore et al. (2013)	USA, Mississippi	FWS	1.3 × 0.7	Silt loam, sand	<i>Typha latifolia</i> , <i>Leersia oryzoides</i> , <i>Spartanum americanum</i>		Atrazine, diazinon, permethrin	Mesocosm study
Dordio and Carvalho (2013)	Portugal	Not specified	0.62 m ²	Gravel, LECA	<i>Phragmites australis</i>		MCPA	Mesocosm study
Tournebise et al. (2013)	France	FWS, in-stream	4165 m ²		<i>Agrostis stolonifera</i> , <i>Nasturtium officinale</i> , <i>Veronica hederifolia</i> , <i>Lysimachia nummularia</i>		Booprenone, metolachlor, S-metolachlor, chlorotoluron, iprodione, azoxystrobin, tebuconazole, napropamide, epoxiconazole, prothioconazole, pendimethalin, diflufenican, acifluorfen	Agricultural runoff
		FWS off-stream	1280 m ²		<i>Glyceria maxima</i> (53%), <i>Festuca arundinacea</i> (12%), <i>Phragmites australis</i> (10%), <i>Phalaris arundinacea</i> (9%)			
Passeport et al. (2013)							Acifluorfen, atrazine, chlorotoluron, cyproconazole, diflufenican, epoxiconazole, ethofumesate, fenpropidine, Booprenone, mefenpyr-diethyl, metolachlor, napropamide, prothioconazole, S-metolachlor, tebuconazole, Diuron, 3,4-DCA, glyphosate	
Bois et al. (2013)	France	FWS	0.39 × 0.24 m	Sand (0–4 mm), sediment	<i>Phragmites australis</i>		Atrazine, glyphosate, dicamba, 2,4-D	Laboratory experiment
Yang et al. (2013)	USA, Ohio	FWS/NF	6.8 m ² /7.1 m ²	Gravel/soil	<i>Eupatorium perfoliatum</i> , <i>Tradescantia virginica</i> , <i>Veronicastrum virginicum</i> , <i>Eragrostis spectabilis</i> , <i>Sorghastrum nutans</i> , <i>Echinacea purpurea</i>			Mesocosm experiment
					<i>Elymus nutans</i>		Indoxacarb, tebuconazole, thiacloprid, trifluroxystrobin	Mesocosm facility
Stang et al. (2014)	France	VF upflow	15 cm diameter	Gravel (0.1–2 mm), sand (0.4–0.63 mm)	<i>Phragmites australis</i>		Pencycuron, pendimethalin, trifluroxystrobin	Laboratory experiment
Elsayed et al. (2014)	France	VF upflow	15 cm diameter	Gravel (0.1–2 mm), sand (0.4–0.63 mm)	<i>Phragmites australis</i>		Metolachlor, a lachlor, acetochlor	Laboratory experiment
Mahabadi and Spanghe (2014)	Sudanese	FWS	0.6 × 0.3	Sandy loam sediment and potting soil	<i>Nymphaea amazonum</i> , <i>Eleocharis nutans</i>		λ -Cyhalothrin, imidacloprid	Mesocosm

Fonte: Vymazal e Březinová (2015)

Eficiência dos sistemas

- Distribuição dos pesticidas é afetada por suas características, como KOC, KOW, t50 em solo e água e fotólise
- Bouldin et al. (2006) já alertavam que as investigações deixavam a desejar quando da separação entre qual o papel de cada componente e também dos efeitos sinérgicos no processo
- Contudo, há de se registrar que isso não é uma tarefa fácil: os processos estão interconectados fortemente

Eficiência dos sistemas



O papel da vegetação no processo

- “There is strong evidence to suggest that the presence of vegetation enhances pesticide retention” (Vymazal e Brezinova, 2015)
- Em geral a remoção de pesticidas por mecanismos diretamente relacionados à planta é esperada para herbicidas sistêmicos
- Guo et al. (2014) observaram que organoclorados com menor KOW (menos hidrofóbicos) foram acumulados e transportados para os tecidos das plantas com mais facilidade
- Estudos com comparação paralela: Wolverton (1975), George et al. (2003), Dordio e Carvalho (2013, Moore et al. (2003), Beketov e Liess (2008)

25 e 26 AGOSTO
2018



27 3:28 AM





Sites recomendados

- <http://www.constructedwetlands.org>
- <http://www.epa.gov/owow/wetlands/watersheds/cwetlands.html>
- <http://www.constructedwetland.co.uk>
- <http://wetlandsconstruidos.blogspot.com/>
- <http://www.lqa.ufv.br>



25^e
26
AGOSTO
2018



XII SESMA

SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE
SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

II WORKSHOP INTERNACIONAL DE
BIORREMEDIÇÃO
DE ÁREAS CONTAMINADAS



borges@ufv.br



www.dea.ufv.br



 Segurança Hídrica Global