



TRATAMENTO AVANÇADO DE CHORUME DE ATERROS SANITÁRIOS URBANOS E INDUSTRIAIS PARA REMOÇÃO DE POLUENTES EMERGENTES



Stefan Löblich

Luís Marinheiro

www.ast-ambiente.com

POLUENTES EMERGENTES

Contaminantes previamente desconhecidos (identificados a partir dos anos 90).

“Emergentes” especialmente por causa do potencial de impacto na saúde humana.

Contaminantes de preocupação emergente.

Convenção de Estocolmo – *Persistent Organic Pollutants* (POP) <http://chm.pops.int/>

Farmacêuticos e Drogas

Analgésicos, Hormonas
artificiais, Antibióticos, Drogas.

Toxinas Bacterianas

Produção excessiva de
cianobactérias devido a
eutrofização. Cianotoxinas: tem
efeitos agudos e crônicos em
humanos.

Químicos Industriais

Exemplos: Bisfenol A, PFOS,
Aldrina, Endrina ,...
Hexachlorobenzeno,
.....

Micro e Nanoplásticos



PROBLEMÁTICA

Difícil detecção/análise.

Persistentes - não são eliminados ou tem limitada remoção nos processos tradicionais de tratamento de água.

Bioacumulação e bioativos a longo prazo.

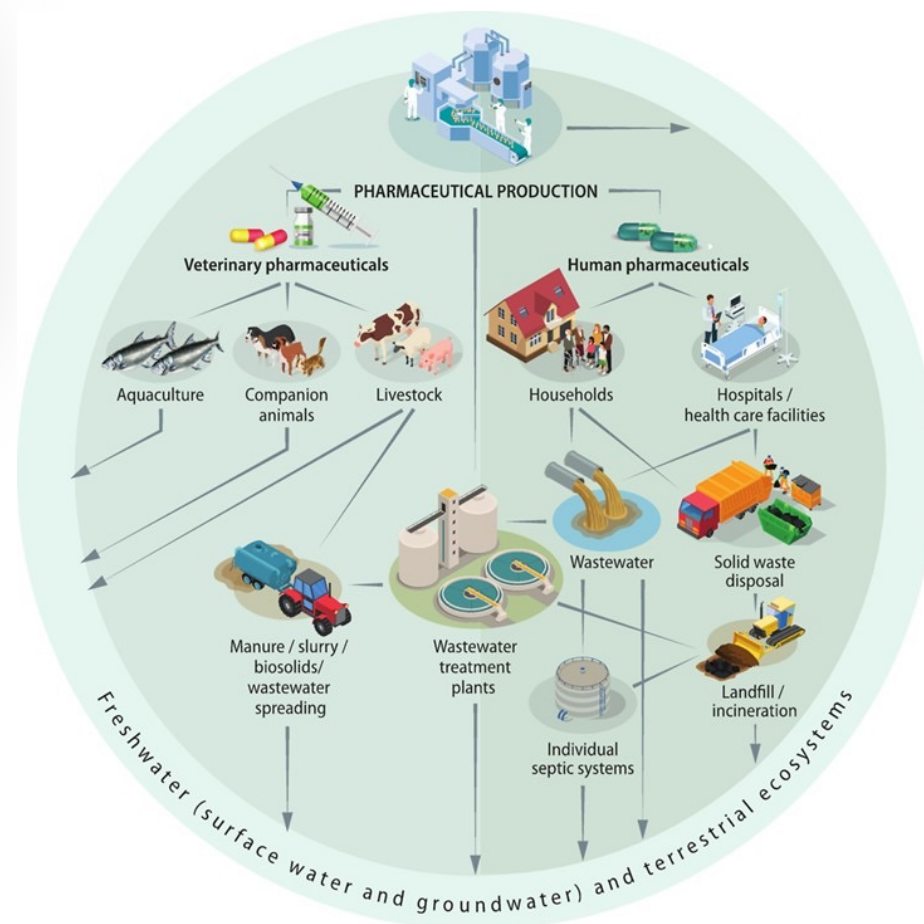
Têm efeito mesmo em quantidades traço.

POLUENTES EMERGENTES

A crescente presença de poluentes emergentes em águas superficiais, como são exemplo os produtos farmacêuticos, representa uma nova ameaça à qualidade da água mundial, devido aos potenciais efeitos adversos e/ou persistentes na saúde humana e nos ecossistemas.

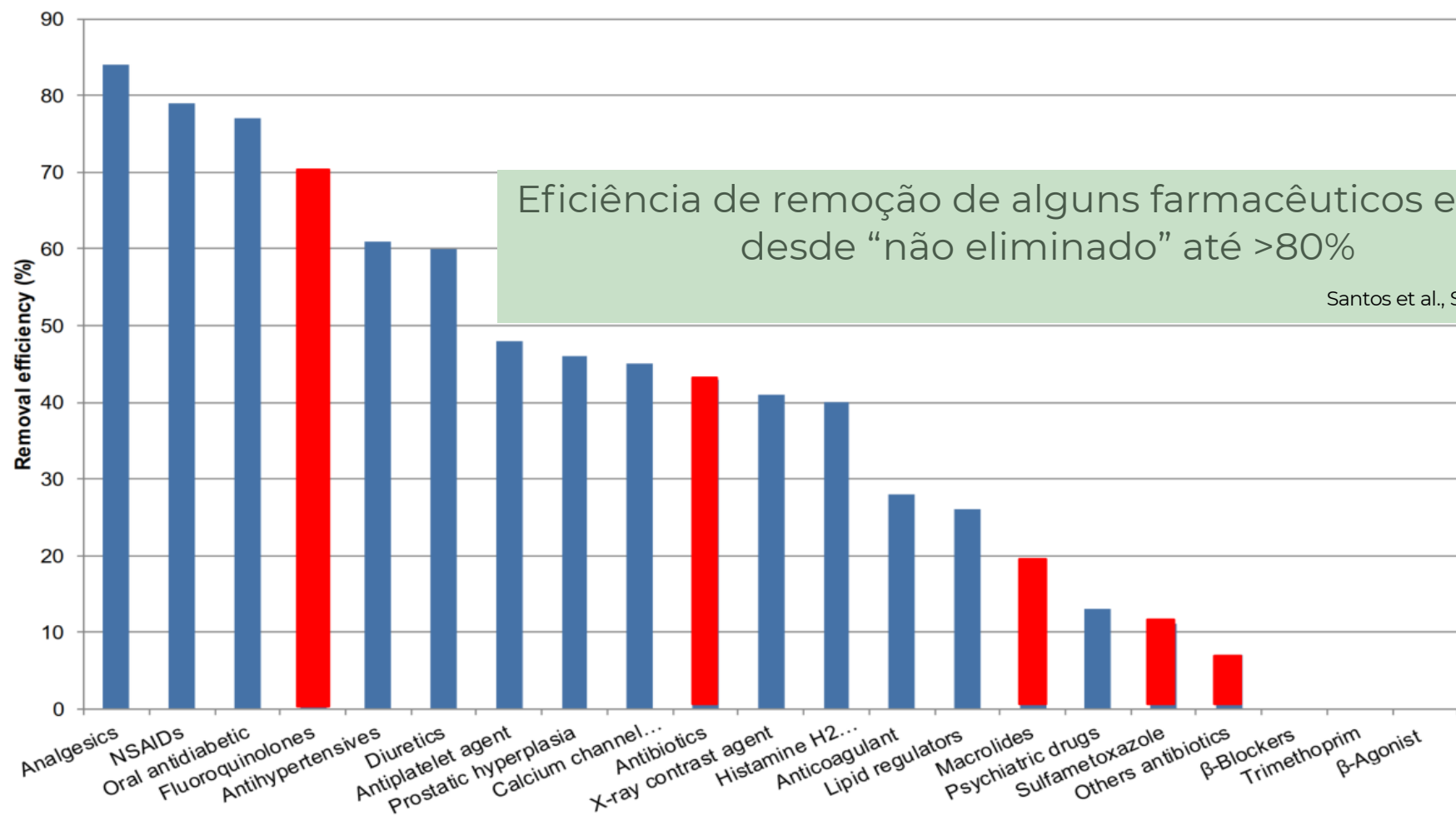
Esta realidade impõe novos desafios no campo do tratamento de águas para consumo e na produção de e águas de reuso:

1. As ETEs não foram dimensionadas nem estão tecnicamente equipadas para lidar com estes desafios e não conseguem eliminar eficientemente esses poluentes.
2. Para serem tratados, esses poluentes devem ser monitorados e quantificados, e faltam métodos rápidos, sensíveis e acessíveis para o monitoramento de fármacos em efluentes e águas superficiais



OCDE, 2019 -Pharmaceutical Residues in Freshwater

EXEMPLO I: FARMACÊUTICOS

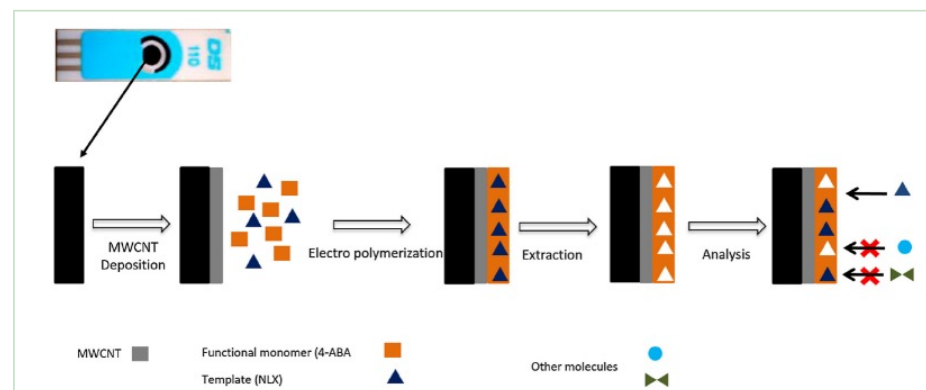


Inovações na deteção e tratamento de fármacos em águas residuais

OBJETIVOS

Desenvolvimento de metodologia analítica para deteção e screening de produtos farmacêuticos em águas residuais, com base em elétrodos de Polímero de Impressão Molecular (MIP)

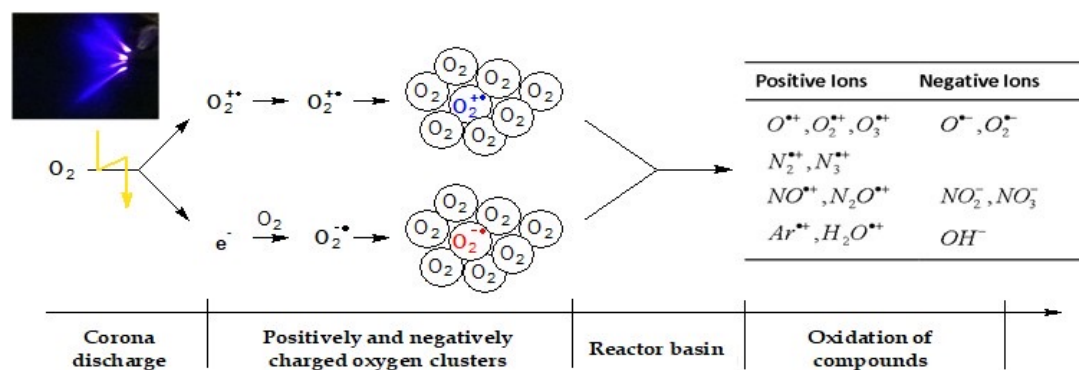
Investigação de novas aplicações de tecnologia de plasma não térmico para remoção de fármacos como tratamento terciário de águas residuais



Tecnologia de Plasma Não-Térmico

Os processos convencionais de oxidação avançada (POA) operam com uma faixa específica e restrita de radicais que podem ser limitadas para o tratamento de diversos poluentes presentes em matrizes complexas, como efluentes de ETE.

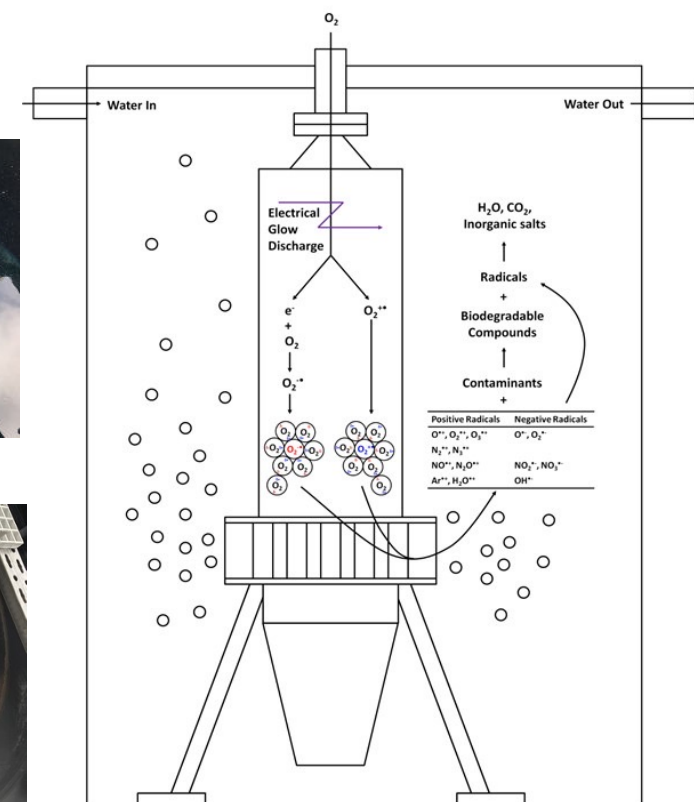
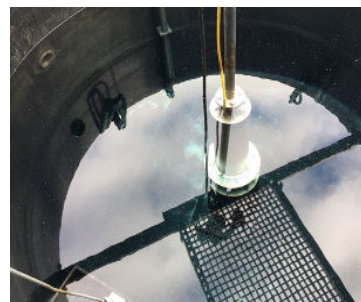
A aplicação de plasma não térmico POA ganhou visibilidade como tecnologia de tratamento de efluentes devido ao seu potencial para formar um amplo espectro de fenômenos físicos e químicos, com uma gama de íons sendo formados:



PROJETO FARMASENSE

Vantagens da Tecnologia de Plasma não-térmico

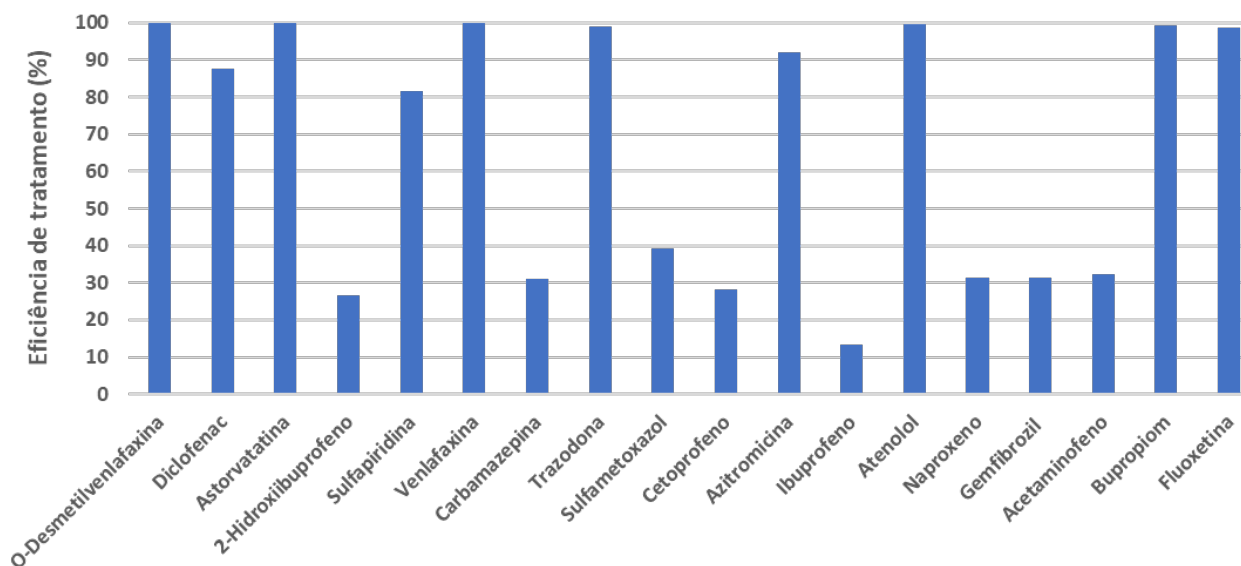
- Usa ar atmosférico > sem necessidade de oxigénio puro
- Sem tratamento de ar de alimentação
- Sem tratamento do *off-gas*
- Sem consumíveis ou reagentes
- Sem resíduos
- Nenhuma contenção especial necessária
- Sistema simples e confiável
- Menor demanda de energia em comparação com AOP convencional



PROJETO FARMASENSE

Resultados dos estudos realizados

- Testes realizados em batch demonstram o potencial da tecnologia de PNT para o tratamento de poluentes emergentes em águas residuais;
- Melhores condições testadas permitiram eliminação superior a 80% em massa dos fármacos presentes no efluente secundário, com análise por LC-MS/MS:



PROJETO APR-TEC

Mix de Tecnologias em Demonstração

ULTRAFILTRAÇÃO



NANO FILTRAÇÃO



OSMOSE REVERSA



PLASMA NÃO-TÉRMICO (PNT)



FILTROS DE AREIA + UV



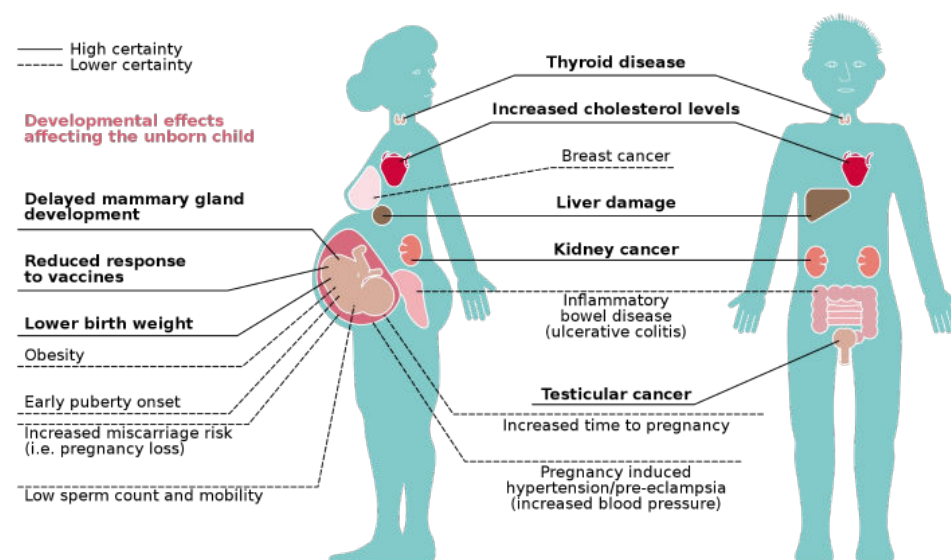
Químicos para sempre !!!

PFAS - O QUE SABEMOS SOBRE OS IMPACTOS NA SAÚDE

Estudos científicos atuais revisados por pares mostraram que a exposição a certos níveis de PFAS pode levar a:

- Efeitos reprodutivos, tais como **diminuição da fertilidade** ou aumento da pressão arterial elevada em mulheres grávidas.
- **Efeitos sobre o desenvolvimento ou atrasos nas crianças**, incluindo baixo peso ao nascer, puberdade acelerada, variações ósseas ou mudanças comportamentais.
- **Aumento do risco de alguns cânceres**, incluindo câncer de próstata, renal e de testículo.
- **Redução da capacidade do sistema imunológico** do corpo de combater infecções, incluindo a redução da resposta vacinal.
- **Interferência com os hormônios** naturais do corpo.
- **Aumento dos níveis de colesterol e/ou risco de obesidade.**

Cancerogénico Teratogénico Mutagénico



PFAS EM CHORUME

**Chorume de aterro sanitário
contem entre outros poluentes
de difícil tratamento, MAIORES
concentrações de poluentes
emergentes**



Contents lists available at ScienceDirect

Chemosphere

journal homepage: www.elsevier.com/locate/chemosphere

Investigating landfill leachate as a source of trace organic pollutants

Bradley O. Clarke^{a,b}, Tarun Anumol^a, Morton Barlaz^c, Shane A. Snyder^{a,d,e}

^a Chemical and Environmental Engineering, Bios Institute, University of Arizona, 1607 E. Helen St., Tucson, AZ, USA

^b RMIT University, School of Applied Sciences, GPO Box 2476, Melbourne 3001, Australia

^c Department of Civil, Construction, and Environmental Engineering, North Carolina State University, Campus Box 7908, Raleigh, NC 27695-7908, USA

^d National University of Singapore, NUS Environmental Research Institute (NUS-ERI), 5A Engineering Drive 1, 7 Lab Building, #02-01, Singapore 117411, Singapore



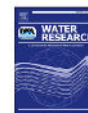
Water Research 210 (2022) 117963



Contents lists available at ScienceDirect

Water Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres



Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances (PFAS) cycling within Michigan: Contaminated sites, landfills and wastewater treatment plants

Ross W. Helmer^{a,b}, Donald M. Reeves^{a,*}, Daniel P. Cas

^a Department of Geological and Environmental Sciences, Western Michigan University, 1903FW, 1

^b Water Resources Division, Michigan Department of Environment, Great Lakes, and Energy, 320

Case Studies in Chemical and Environmental Engineering 3 (2021) 100072



Contents lists available at ScienceDirect

Case Studies in Chemical and Environmental Engineering

journal homepage: www.editorialmanager.com/cseee/default.aspx



Microplastics in landfill leachates: The need for reconnaissance studies and remediation technologies

Ana L.P. Silva^{a,*}, Joana C. Prata^{a,b,1}, Armando C. Duarte^b, Amadeu M.V.M. Soares^a,
Damià Barceló^{c,d}, Teresa Rocha-Santos^b

^a Centro for Environmental and Marine Studies (CESAM) & Department of Biology, University of Aveiro, 3810-930, Aveiro, Portugal

^b Centre for Environmental and Marine Studies (CESAM) & Department of Chemistry, University of Aveiro, 3810-930, Aveiro, Portugal

^c Catalan Institute for Water Research (ICRA), 1220 Building, Scientific and Technological Park of the University of Girona, Emili Graells 101, 17003, Girona, Spain

^d Water and Soil Quality Research Group, Department of Environmental Chemistry, Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Jordi Girona 183B, 08036, Barcelona, Spain

Water Research & Technology

PAPER

View Article Online
View Journal



Cite this DOI: 10.1039/c9ew00015k

Landfill leachate contributes per-/poly-fluoroalkyl substances (PFAS) and pharmaceuticals to municipal wastewater†

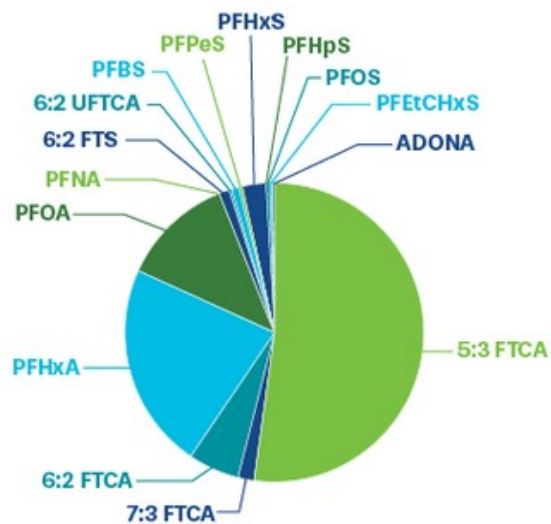
Jason R. Masoner^{a,*}, Dana W. Kolpin^{a,b}, Isabelle M. Cozzarelli^{a,c},
Kelly L. Smalling^{a,d}, Stephanie C. Bolyard^{a,e}, Jennifer A. Field^{a,f},
Edward T. Furlong^{a,g}, James L. Gray^{a,h}, Duncan Lozinski^{a,i}, Debra Reinhart^{a,j},
Alix Rodowa^{a,k} and Paul M. Bradley^{a,l}

Mais de 200 compostos orgânicos já foram identificados em lixiviados de aterros de RSU (PAXÉUS, 2000)

As concentrações de PFAS no chorume dos aterros canadenses e chineses variaram de 27 a 21.300 ng/L e 7.280 a 290.000 ng/L

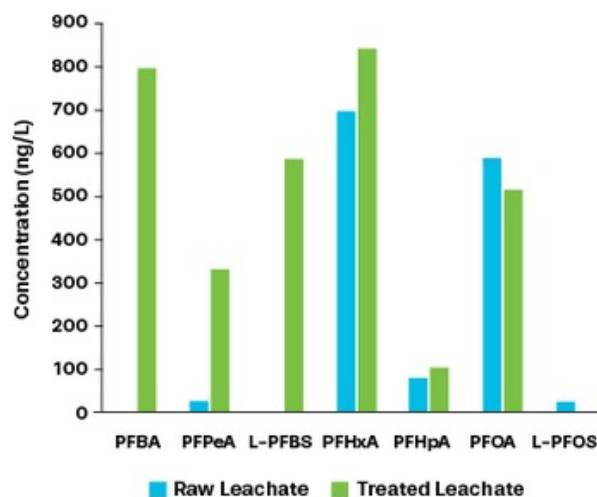
PFAS EM CHORUME

PFAS Chemicals in Landfill Leachate

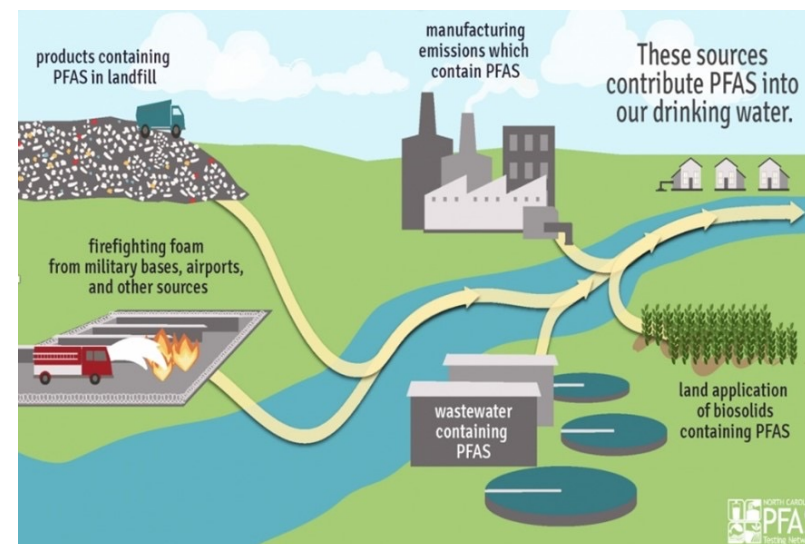


PFAS in MSW Landfill Leachates

(Fuertes et al, 2017)



PFAS Sources in Landfills

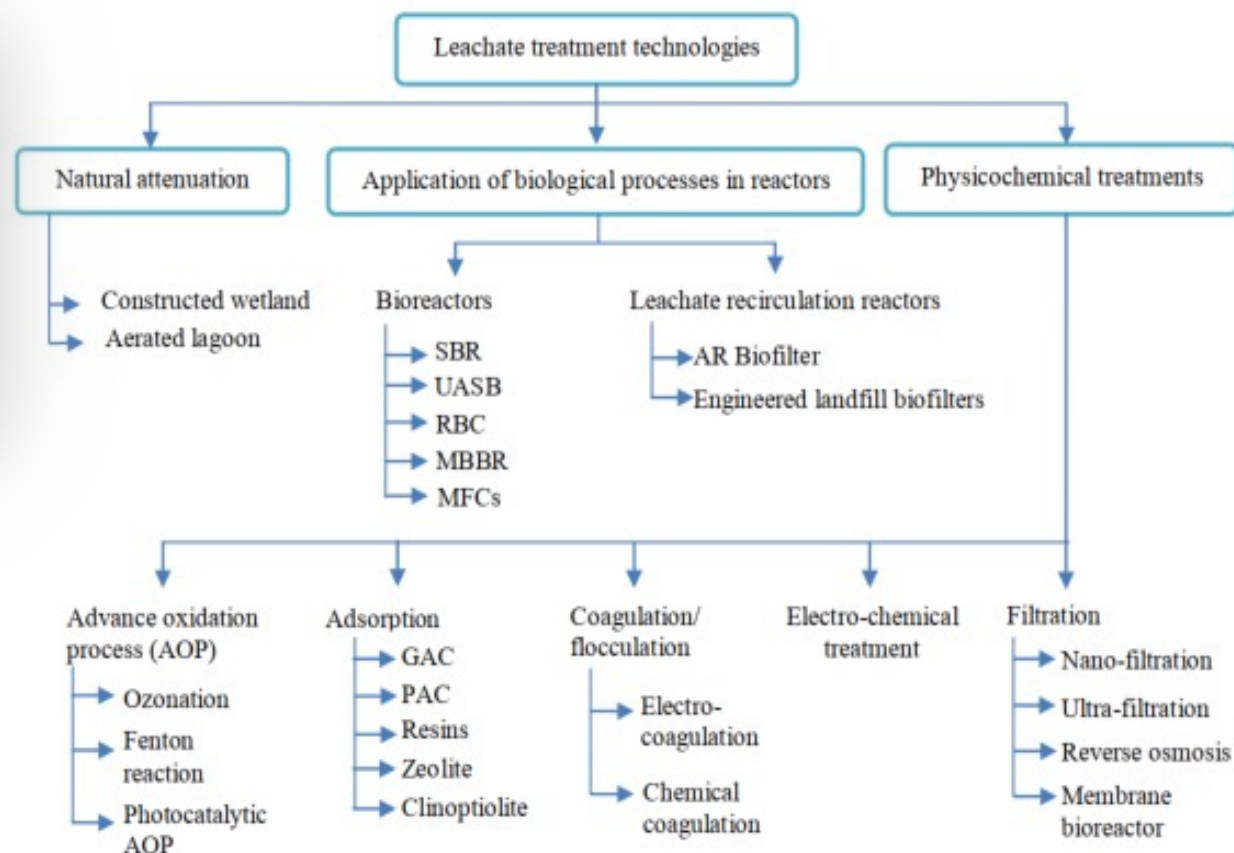


O QUE É O CHORUME?

Chorume (ou lixiviado) é o efluente complexo de aterros sanitários e que resulta, fundamentalmente, da percolação de água através do maciço de resíduos. O chorume é caracterizado por elevada carga orgânica e de amônia, e transporta os materiais dissolvidos e suspensos presentes na massa de resíduos.



Classificação de tecnologias de tratamento de chorume



Source: Mukherjee et al. (2015)

CO-TRATAMENTO DE CHORUME EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO (ETE)

VANTAGENS

- Barato a curto prazo

Custos da inação:

Os custos totais anuais relacionados à saúde associados à exposição humana aos PFAS foram estimados em pelo menos **52 a 84 bilhões de euros nos países do Espaço Econômico Europeu (EEE)**.

Fonte: Nordic Council

DESVANTAGENS/RISCOS

- Risco e custo do transporte dos efluentes até à ETE
- ETE's não preparadas para tratar chorume ou efluentes industriais (NH_4 , substâncias recalcitrantes e POPs)
- Dificuldades de operação da ETE - inibição biológica
- Recombinação de substâncias precursoras para substâncias mais perigosas (ex. PFAS)
- Liberação de poluentes emergentes e persistentes no meio ambiente e com impactos significativos e não controláveis na saúde humana.

Tratamento por diluição !!!

SOLUÇÕES EFETIVAS PARA O TRATAMENTO DE PFAS

Passo I – Separação e Concentração

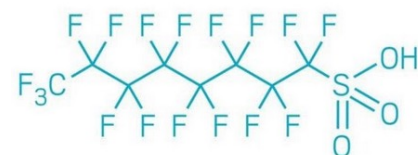
Osmose Reversa

Adsorção (CA) - CAG em filtro

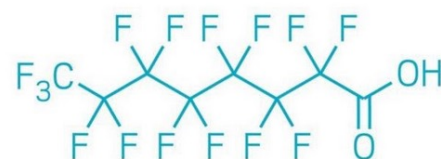
pressurizado

Permuta de Iões

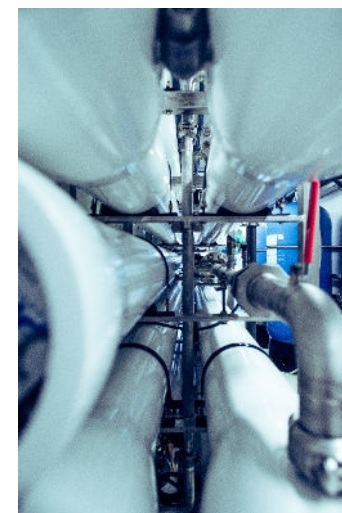
Fracionamento por espuma



PFOS



PFOA



Passo II – Destruição ou Inertização

Tratamento térmico

Plasma

Oxidação avançada (*completa!!!*)

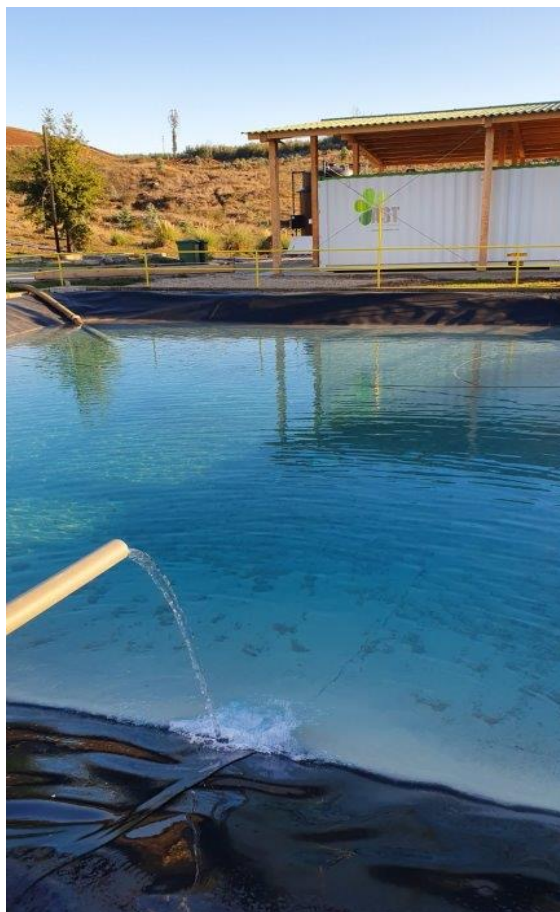
Oxidação em água supercrítica

Solidificação

PFBS
Solução?
Mais
problemas



TRATAMENTO POR OSMOSE REVERSA



Os Sistemas de Osmose Reversa para tratamento de chorume são **modulares, simples e compactos**.

São também **altamente automatizados** e são dotados de um conjunto de instrumentação que permitem que as alterações do processo tenham efeitos imediatos.



Simplicidade de operação

Arranque e paragem imediatas

Reação e adaptação rápida a alterações da composição do efluente a tratar

Melhor qualidade do efluente tratado, incluindo remoção dos poluentes emergentes

PFAS - LEGISLAÇÃO



A UE delineou um conjunto abrangente de ações para tratar tanto do uso do PFAS quanto da contaminação que eles causam no meio ambiente -> eliminar gradualmente na UE o seu uso a menos que se prove ser essencial para a sociedade.

A Agência Europeia de Produtos Químicos (ECHA) está desenvolvendo um dossiê de **restrições para todos os PFAS em espuma de combate a incêndios.**

A Comissão também analisará os PFAS com uma abordagem de grupo, sob a legislação relevante sobre água, produtos sustentáveis, alimentos, emissões industriais e resíduos. Isto inclui :

- estabelecer diretrizes técnicas sobre **métodos analíticos para a medição do "PFAS total"** e grupos de PFAS sob a Diretiva de Água Potável.
- estabelecimento de **valores-limite para PFAS** sob a Diretiva de águas subterrâneas, a Diretiva de padrões de qualidade ambiental e o Regulamento de Contaminantes Alimentares.
- **tratamento de emissões** e relatórios de PFAS sob a Diretiva de Emissões Industriais e o Registro Europeu de Emissões e Transferências de Poluente.

PFAS - LEGISLAÇÃO



Têm havido ações de vários estados e do governo federal dos EUA quanto às substâncias classificadas como PFAS. Alguns estados propuseram novas leis e outros, assim como a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA), já promulgaram leis regulamentando PFAS.

A EPA restaurou a integridade científica nesta matéria e **acelerou o ritmo das pesquisas e ações necessárias para enfrentar a crise da PFAS** e proteger as comunidades americanas.

Em 18 de outubro de 2021, a EPA anunciou o roteiro estratégico da Agência para os PFAS, estabelecendo uma abordagem de toda a agência para lidar com a PFAS.

O roteiro estabelece prazos para os quais a EPA planeja tomar ações específicas e se compromete com **novas políticas mais ousadas para salvaguardar a saúde pública, proteger o meio ambiente e responsabilizar os poluidores.** As ações descritas no roteiro da PFAS representam passos importantes e significativos para salvaguardar as comunidades da contaminação pela PFAS. Cumulativamente, essas ações se desenvolverão umas sobre as outras e levarão a soluções mais duradouras e protetoras.

PFAS - LEGISLAÇÃO



No Brasil existe um vazio de enquadramento legal em matéria de PFAS. A legislação brasileira é vaga no que se refere a este assunto, sendo apenas vedado o seu lançamento sem estabelecer um quadro legal / regulatório a respeito.

Resolução CONAMA N° 430 DE 13/05/2011 – art.º 8.º: *É vedado, nos efluentes, o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes- POPs, observada a legislação em vigor*

No Brasil falta legislar e implementar e monitorizar soluções eficazes de tratamento de PFAS, salvaguardando a saúde pública, protegendo o meio ambiente e responsabilizando os poluidores.



PROJETO FARMASENSE



Agradecimentos

Projeto **FARMASENSE** (NORTE-01-0247-FEDER-039957)

Projeto **ApR-TEC** (NORTE-01-0247-FEDER-047207)

Financiados pelo Programa Operacional do Norte (NORTE 2020) e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), ao abrigo do Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico do Portugal 2020.



Obrigado
Gracias
Thank you

Stefan Löblich

Luís Marinheiro

AST – Soluções e Serviços de Ambiente

www.ast-ambiente.com

stefan@ast-ambiente.com

lmarinheiro@ast-ambiente.com



Especializada no tratamento
de Águas e efluentes.
Líder de mercado no
tratamento de chorume
de Aterros Sanitários.



BRASIL



PORTUGAL



MÉXICO



ANGOLA



ESPANHA