Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07407

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA EXPANDIDA PARA PFAS BASEADA NO MÉTODO EPA 1633A: UMA ABORDAGEM DO SANEAMENTO À SAÚDE PÚBLICA

LEONARDO CANUTO CAPPOBIANCO PAIVA
EP Engenharia do Processo Ltda

INTRODUÇÃO

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

“Produtos químicos eternos”

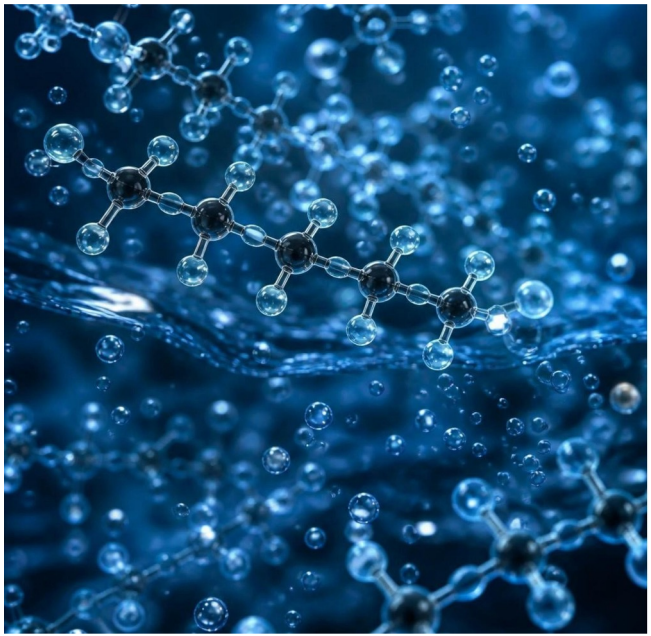
A ligação carbono-flúor resiste à degradação térmica, química e biológica.

Persistência e bioacumulação

A persistência ambiental e o potencial de bioacumulação ampliam a exposição ao longo do tempo.

Exposição e saúde pública

A exposição perene a concentrações traço é associada a desregulação endócrina, hepatotoxicidade e manifestações oncogênicas. O saneamento precisa detectar concentrações ultratraço antes que o contaminante se torne um problema sistêmico.



OBJETIVO

46

Compostos de PFAS

Método EPA 1633A — revisão de dezembro de 2024, como base técnica.

Validação via software Conflab — seletividade, linearidade, LOD, LOQ, precisão, exatidão e incerteza.

Aplicação no saneamento — conectar desempenho analítico, rastreabilidade e tomada de decisão.

Diferencial estratégico: Desempenho analítico, rastreabilidade e tomada de decisão no saneamento.

METODOLOGIA UTILIZADA

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Técnica analítica
LC-MS/MS em modo MRM, com ionização por eletrospray negativo (ESI−).

Frascos e contaminação
Frascos de PEAD com septos sem PTFE para mitigar contaminações cruzadas.

Extração da amostra
Extração em fase sólida (WAX); TSS > 50 mg ou matrizes sólidas: centrifugação + extração.

Diluição isotópica
Compensar flutuações do processo.

Validação estatística
Tratamento matemático dos dados para comprovação de parâmetros técnicos.

METODOLOGIA UTILIZADA

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

24

Diluição isotópica verdadeira

Aplicada a compostos com análogos isotópicos exatos.

16

Padrão interno extraído (EIS)

Quantificação para compostos sem análogos comerciais idênticos.

NIS

Padrão não extraído

Adicionado antes da injeção para monitorar a recuperação dos EIS.

Mecanismo de compensação analítica

Arquitetura de controle para compensar perdas e supressão ou aumento de sinal em matrizes complexas.

METODOLOGIA UTILIZADA

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Avaliação estatística

Dados foram tratados de acordo com os protocolos estatísticos para avaliação analítica com um software especializado *Conflab.*

- **LOD/LOQ**
- **Relação sinal/ruído (S/N)**
- **Linearidade**
- **Precisão**
- **Exatidão**
- **Incerteza de medição**

RESULTADOS OBTIDOS

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Parâmetro	Resultado
Compostos validados	**46**
LOQ (ng/L)	**4,0 a 100,0**
Faixa linear (ng/L)	**4,0 a 100,0 - 100,0 a 1.000,0**
Incerteza (U)	**13,57% a 19,79%**

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

A validação interna de uma metodologia capaz de identificar e quantificar mais de 46 compostos PFAS representa um avanço no monitoramento e na gestão de passivos industriais e ambientais.

Dificuldade de distinguir isômeros e compostos de cadeia curta.

Interações dos PFAS com materiais laboratoriais, que podem comprometer os resultados.

Necessidade de alta sensibilidade instrumental e rigoroso controle de qualidade.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Os resultados demonstram a importância das etapas de preparo e validação para garantir a confiabilidade da análise de PFAS.

Extração SPE com cartuchos WAX:
Contribui para mitigar os efeitos de matriz na espectrometria de massas.

Diluição isotópica:
Permite corrigir variações na resposta analítica e compensar percas durante o processamento.

Controle metrológico:
Acompanhamento das recuperações dos padrões internos marcados (EIS e NIS).

Conformidade analítica:
Avaliação das recuperações conforme os critérios (EPA e ISO 17025).

CONCLUSÃO

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

A validação do método analítico demonstrou viabilidade para o monitoramento quantitativo de PFAS, com suporte metrológico baseado no método EPA 1633A e no processamento estatístico pelo *Conflab*.

MONITORAMENTO ANALÍTICO

LC-MS/MS, extração SPE e diluição isotópica ampliam a capacidade de quantificação confiável de PFAS em diferentes matrizes ambientais (EPA, 2024).

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Acompanhar o PL 2.726/2023, e a ABNT NBR 10004-1:2024 e NBR 10004-2:2024.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Investir em PD&I para integrar monitoramento em níveis ultratraço a tecnologias de remoção e degradação de PFAS.

Obrigado!

Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

LEONARDO CANUTO CAPPOBIANCO PAIVA
leonardoccpaiva@gmail.com - leonardo.paiva@grupoep.com.br
+55 (11) 96633-7037
LinkedIn - Leonardo Paiva