

CONCEITOS DE SUSTENTABILIDADE NA REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS POR MEIO DA TÉCNICA ISCO

Julia Gonçalves¹; Miguel Lafuente²; Tais Vita³; André Souza⁴; Patricia Lupi⁵

Resumo

A utilização de processos oxidantes em projetos de remediação de áreas contaminadas é aplicável para uma ampla variedade de contaminantes orgânicos em fase aquosa. Denominada de *In Situ Chemical Oxidation* (ISCO), consiste basicamente na adição de oxidantes químicos no subsolo a fim de promover reações de oxidação dos contaminantes presentes na água subterrânea, e sua transformação em espécies químicas menos perigosas. A aplicação de ozônio (O₃) como agente oxidante é uma das técnicas utilizadas nos processos de remediação por ISCO, sendo chamada de *Ozone Sparging*, a qual apresenta resultados expressivos para degradação de BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos), entre outros compostos, podendo alcançar uma eficiência na redução de BTEX na ordem de 79 a 100%. Essa técnica reduz os prazos e o custo total da remediação. Do ponto de vista sustentável, este estudo conclui que a técnica *Ozone Sparging* é capaz de unir os pilares ambiental, social e econômico através da redução da massa de contaminantes em subsuperfície de forma acelerada, o que diminui o risco à saúde humana e ao meio ambiente da recuperação de recursos naturais debilitados para uso benéfico, como a restauração de água subterrânea e áreas contaminadas, o que permite a revitalização de áreas para diferentes usos sem geração de resíduos

Palavras-chave: Ozônio, Sustentabilidade, Benzeno, Remediação

Abstract

The use of oxidative processes in remediation projects is applicable to a wide variety of organic contaminants in the aqueous phase. Called In Situ Chemical Oxidation (ISCO), it basically consists of the addition of chemical oxidants in the subsurface in order to promote oxidation reactions of contaminants present in groundwater, and their transformation into less hazardous chemical species. The application of ozone (O₃) as an oxidizing agent is one of the techniques used in ISCO remediation processes, being called Ozone Sparging,

¹ Consultora Ambiental na Cetrel SA. Rua Adolfo Bastos, 598, salas 61/62, Vila Bastos, Santo Andre SP - juliagoncalves@cetrel.com.br

² Consultor Ambiental na Cetrel SA. Rua Adolfo Bastos, 598, salas 61/62, Vila Bastos, Santo Andre SP - miguellafuente@cetrel.com.br

³ Consultora Ambiental na Cetrel SA. Rua Adolfo Bastos, 598, salas 61/62, Vila Bastos, Santo Andre SP - taisvita@cetrel.com.br

⁴ Especialista em Gestão de Áreas Contaminadas na Cetrel SA. Rua Adolfo Bastos, 598, salas 61/62, Vila Bastos, Santo Andre SP - andresouza@cetrel.com.br

⁵ Especialista em Gestão de Áreas Contaminadas na Cetrel SA. Rua Adolfo Bastos, 598, salas 61/62, Vila Bastos, Santo Andre SP - patricia.lupi@cetrel.com.br

which presents expressive results for the degradation of BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylenes), among other compounds, being able to achieve an efficiency in the reduction of BTEX in the order of 79 to 100%. This technique reduces the time and total cost of remediation. From a sustainable point of view, this study concludes that the Ozone Sparging technique is able to unite the environmental, social and economic pillars through the reduction of the mass of contaminants in the subsurface in an accelerated way, which reduces the risk to human health and the environment of the recovery of weakened natural resources for beneficial use, such as the restoration of groundwater and contaminated areas, which allows the revitalization of areas for different uses without generation of waste.

Keywords: Ozone, Sustainability, Benzene, Remediation

Introdução

A utilização de processos oxidantes em projetos de remediação de áreas contaminadas é aplicável para uma ampla variedade de contaminantes orgânicos em fase aquosa, os quais são oxidados *in-situ*, com custos de operação, monitoramento e tempo de tratamento reduzidos quando comparados com os métodos convencionais de remediação, como *Pump and Treat* (P&T), *Multi Phase Extraction* (MPE) entre outros. Denominada de *In Situ Chemical Oxidation* (ISCO), esta técnica consiste na adição de oxidantes químicos no subsolo a fim de promover reações de oxidação dos contaminantes presentes na água subterrânea, e sua transformação em espécies químicas menos perigosas (MORAES, 2014).

A aplicação de ozônio (O₃) como agente oxidante é uma das técnicas utilizadas nos processos de remediação por ISCO, sendo chamada de *Ozone Sparging*. Quando injetado na água subterrânea, o O₃ é dissolvido e reage com os contaminantes presentes, sem a geração de subprodutos tóxicos. Quando a concentração de O₃ é elevada, podem ser gerados também como subprodutos calor e compostos orgânicos voláteis (VOC) em decorrência da degradação destes, facilitando os processos de parcionamento dos contaminantes para fase gasosa, que podem ser capturados através da associação de técnica de remediação conjugada para captura e tratamento de gases voláteis. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar as características da técnica *Ozone Sparging* atreladas aos conceitos de sustentabilidade.

Métodos

O estudo foi desenvolvido com base na consulta bibliográfica a casos com aplicação da técnica de *Ozone Sparging* e conceitos de sustentabilidade aplicados ao gerenciamento de áreas contaminadas.

Resultados

O Ozônio (O_3) é injetado no subsolo impactado, na zona vadosa ou na zona saturada, através de poços de injeção. Esta técnica apresenta resultados expressivos para degradação de BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos), entre outros como Metil terc-butil éter, terc-butil álcool, hidrocarbonetos totais de petróleo, organoclorados, bifenilas policloradas, fenóis e pesticidas orgânicos. A remediação por injeção de ozônio pode alcançar uma eficiência na redução de BTEX na ordem de 79 a 100% (EBELING, 2020). O uso deste oxidante reduz drasticamente o tempo, os prazos e o custo total da remediação, tendo em vista que o O_3 , quando comparado a outros agentes oxidantes, possui o segundo maior potencial de oxidação, sendo apenas menor que o flúor (MORAES, 2014).



Figura 1: Sistema de Geração de Ozônio (Fonte:

<http://www.reconditecsistemas.com.br/ozone-sparging>)

Do ponto de vista sustentável, a técnica *Ozone Sparging* é capaz de unir os pilares ambiental, social e econômico através da redução da massa de contaminantes em subsuperfície de forma acelerada, o que diminui o risco à saúde humana e ao meio ambiente e da recuperação de recursos naturais debilitados para uso benéfico, como a restauração de água subterrânea e áreas contaminadas, o que permite a revitalização de áreas para diferentes usos. Adicionalmente, não há geração de resíduos e exposição de pessoas à manipulação de produtos químicos, por ser um processo automatizado e

fechado. O *Ozone Sparging* favorece assim, a biodegradação aeróbica através da disponibilização de um meio rico em oxigênio.

É possível tornar a operação de sistemas de remediação do tipo *Ozone Sparging* ainda mais sustentável através do uso de uma menor quantidade do oxidante ao final do processo de remediação, com utilização do oxidante com uma abordagem mais direcionada ou otimizada, como barreiras reativas permeáveis em zonas de menores concentrações das Substâncias Químicas de Interesse (SQIs). Desde a geração do ozônio à sua distribuição no meio com uso de fontes de energia alternativas que utilizem energia renováveis e com menor produção de gases de efeito estufa como painéis solares.

Conclusão

Com base na bibliografia consultada, a técnica de remediação *Ozone Sparging* converge com os pilares de sustentabilidade, promovendo benefícios para a sociedade nas esferas social, ambiental e econômica.

Referências Bibliográficas

EBELING, Jonas. **Avaliação da eficiência de processo oxidativo avançado, através da injeção de ozônio, na remediação da área contaminada por gasolina**. 2020. 1 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2020. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/d650019b-2c36-48da-99dd-dfe2db0c0bd3/content>. Acesso em: 19 maio 2023.

MAXIMIANO, Alexandre Magno de Sousa. **Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas**. São Paulo: Páginas & Letras, 2014. 395p.

SIEGRIST, L. R.; CRIMI, M.; SIMPKIN, J. T.; ***In situ Chemical Oxidation for Groundwater Remediation***. Berlin. 2011. 723p

EPA United States Environmental Protection Agency. ***How To Evaluate Alternative Cleanup Technologies For Underground Storage Tank Sites: a guide for corrective action plan reviewers***. 2004.

EPA United States Environmental Protection Agency. ***In situ chemical oxidantion***. 2006.