



## Extração de Compostos Orgânicos Voláteis de Águas Subterrâneas Através de Air Strippers.

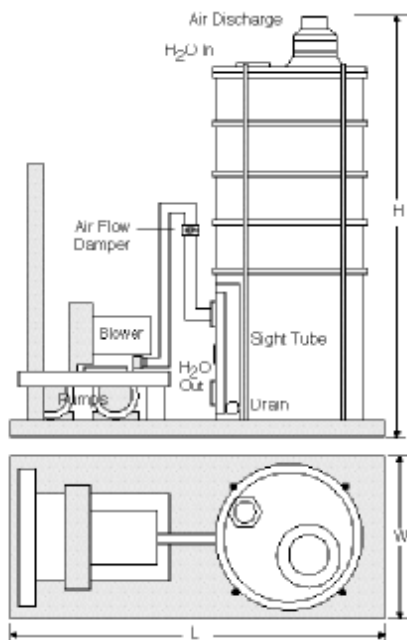
por Paulo Negrão, eng.

### Introdução

A tecnologia de *air strippers* consiste em aumentar a área de contato da água subterrânea contaminada proveniente dos poços de extração com o ar, resultando no particionamento dos compostos voláteis presentes na água contaminada. Os métodos de aeração incluem *packed towers*, aeração por difusão, aeração por bandejas e por jateamento.

### Descrição

A tecnologia de *air strippers* consiste em particionar os compostos orgânicos voláteis presentes em águas subterrâneas contaminadas através do aumento da área de contato da água contaminada com o ar. Os métodos de aeração incluem *packed towers*, aeração por difusão, aeração por bandejas e por jateamento.



O princípio do *air stripper* é a transferência de massa dos contaminantes voláteis da água para o ar. Em projetos de remediação de águas subterrâneas, este processo é tipicamente realizado através de colunas de stripping ou de tanques de aeração. O modelo padrão de *air stripper* de coluna inclui um jato no topo da coluna para a distribuição da água contaminada sobre o material de enchimento (*packer*). Um ventilador força um fluxo de ar no sentido contrário ao escoamento da água e a água descontaminada é armazenada num tanque na base da coluna. Equipamentos auxiliares podem ser adicionados ao *air stripper* padrão, incluindo: aquecedores de ar para aumentar a eficiência da remoção de gases; sensores de nível no tanque de armazenamento de água para automatização do sistema; de dispositivos de segurança, tais como

medidores diferenciais de pressão; sensores de nível crítico para o tanque d'água; componentes a prova de explosão; controladores de emissão de gases e sistemas de tratamento de gases, tais como unidade de carvão granulado ativado, oxidadores catalíticos ou catalisadores térmicos. *Air strippers* de torres com packers podem ser instalados tanto em bases fixas de concreto, como em bases móveis tipo palete ou *trailer*.

Já os tanques de aeração retiram os compostos voláteis através da introdução de bolhas de ar no tanque aonde a água contaminada é armazenada. Um sistema de ventiladores e manifolds de distribuição das bolhas de ar são projetados para garantir um ótimo contato água-ar, de maneira que não seja necessário nenhum material de preenchimento (*packers*). As chicanas e as unidades múltiplas garantem um tempo de residência adequado para que o fracionamento ocorra. Os tanques de aeração são tipicamente oferecidos em unidades de operação contínua. Uma das vantagens do tanque de aeração é a altura reduzida da unidade (menos de 2m de altura) em comparação com os strippers de torre (5 a 12 metros de altura). Os strippers de coluna convencionais normalmente limitam as possibilidades de alterações da configuração do sistema quanto à adição ou remoção de câmaras ou bandejas. A emissão de gases dos tanques de aeração pode ser tratada pelas mesmas tecnologias disponíveis para os strippers de coluna.

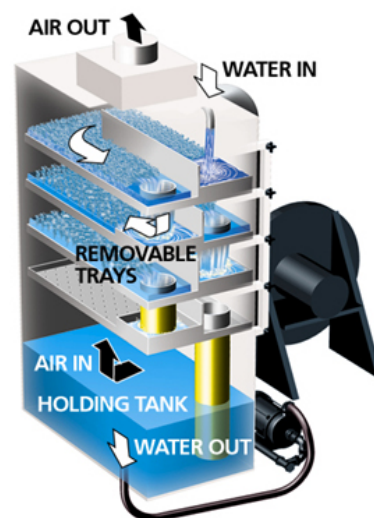
A habilidade de poder modificar as configurações dos sistemas de air strippers aumenta significativamente a eficiência de remoção dos gases. Uma das mais recentes inovações são os chamados Low Profile Air Strippers (Tamanho Reduzido). Essas unidades acomodam várias bandejas numa única câmara de tamanho reduzido, de maneira a maximizar a área de contato ar-água, além de reduzir o espaço ocupado pelo stripper. Devido ao seu tamanho reduzido, essas unidades tem sido utilizadas amplamente em projetos de remediação de águas subterrâneas.

Os *air strippers* podem ser operados de maneira contínua, ou de maneira intermitente, na qual a unidade é alimentada em ciclos através de um tanque de armazenamento. A operação intermitente proporciona uma performance mais consistente do *air stripper* do que a operação contínua, além de consumir menos energia. Esta melhor performance deve-se ao fato de que a mistura da água no tanque de armazenamento elimina qualquer inconsistência na introdução da água na unidade.

O tempo necessário de operação de um sistema de remediação com air strippers depende da captura de toda a pluma presente na água subterrânea, o que pode chegar a dezenas de anos.

## Aplicação

O processo de *air stripping* é utilizado para separar VOC's da água. Este processo não é eficiente para contaminantes inorgânicos. Para determinar a eficácia do uso de *air stripping*, utiliza-se a constante da Lei de Henry. Geralmente, compostos orgânicos com constantes maiores que 0.01 atmosferas m<sup>3</sup>/mol são candidados ao *air stripping*. Alguns dos compostos que são separados da água eficientemente por *air stripping* incluem: BTEX, Cloroetano, TCE, DCE e PCE.



## Limitações

Os seguintes fatores podem limitar a aplicabilidade e eficiência do processo:

- Potencial para existência de compostos orgânicos (ex: ferro acima de 5ppm, dureza acima de 800ppm) ou incrustações de matérias biológicas no equipamento, exigindo pré-tratamento ou limpeza periódica do sistema.
- Eficiente somente para água contaminada por compostos orgânicos voláteis (VOC) ou semivoláteis (SVOC) com constantes de Henry maiores que 0.01
- Deve se considerar a quantidade e tipo de material de preenchimento (*packer*) que deve ser usado na torre.
- Custos com energia para operar o sistema são tipicamente elevados
- Compostos de baixa volatilidade a temperatura ambiente podem exigir pré-aquecimento da água subterrânea.
- Emissão de gases pode exigir tratamento dependendo das taxas de emissão.

## Dados Necessários

Os dados necessários para a especificação de um air stripper para uma determinada aplicação incluem: vazões de alimentação de água, volumes de água e faixas de temperaturas do ar, operação contínua ou intermitente do air stripper, sistema de alimentação e descarga d'água (por gravidade ou bombas), restrições de altura, identificação dos contaminantes no afluente e concentrações, conteúdos minerais, pH, concentrações exigidas para o efluente de água e regulamentações para a emissão de gases da torre.

## Performance

Em torres convencionais de 4.5 a 6m de altura operando com compostos indicados para fracionamento por air stripping, as taxas de remoção podem chegar à ordem de 99%. A eficiência de remoção pode ser melhorada com a adição de mais unidades de stripping em série com a primeira, aquecendo-se a água contaminada, ou mudando-se a configuração do material de enchimento. Unidades térmicas para tratar as emissões de gases de um air stripper podem ser utilizadas como uma fonte de calor. A performance dos tanques de aeração pode ser aumentada com a adição de mais câmaras ou bandejas, ou ainda através do aumento da vazão de ar, dependendo do tamanho do tanque.

O maior problema verificado nos *air strippers* de torre (*packed towers*) é a incrustação do material de enchimento, o que causa a redução na vazão do ar. A incrustação é causada pela oxidação de minerais contidos na água subterrânea, tais como ferro, magnésio, precipitação de cálcio, ou pelo crescimento de materiais biológicos no material de enchimento.

## Custos Operacionais

Os maiores custos operacionais dos *air strippers* estão associados à energia necessária para o funcionamento das bombas de remediação (eletricidade para alimentar o compressor), eletricidade para a bomba do tanque do *stripper*, e pelo sistema de ventilação. A determinação do consumo de ar das bombas de remediação deve ser feita através das curvas de performance das bombas, considerando-se a altura manométrica de bombeamento e as perdas de carga nas tubulações. O compressor que alimenta o sistema de bombeamento nos poços deve ser dimensionado em função da demanda de ar do sistema. A potência do motor do ventilador pode ser estimada grosso modo como 4.5HP's para cada metro de diâmetro do *air stripper*.

## Bibliografia

[Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report \(ASR\), Tenth Edition, EPA 542-R-01-004](#)

[Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America, 2nd Edition](#)

Dietrich, C., D. Treichler, and J. Armstrong, 1987. "An Evaluation of Rotary Air Stripping for Removal of Volatile Organics from Groundwater", USAF Environmental and Service Center Report ESL-TR-86-46.

[DOE, 1994. Technology Application Analysis: In Situ Air Stripping of Contaminated Groundwater at U.S. Department of Energy Savannah River Site Aiken, South Carolina, prepared by Stone & Webster Environmental Technology & Services.](#)

Elliott, M.G. and E.G. Marchand, 1990. "USAF Air Stripping and Emissions Control Research," in *Proceedings of the 14th Annual Army Environmental Symposium*, USATHAMA Report CETHA-TE-TR-90055.

Shukla, H.M. and R.E. Hicks, 1984. "Process Design Manual for Stripping of Organics", Water General Corporation for EPA, EPA/600/12-84/139, NTIS PB 84 232628.

Singh, S.P., 1989. "Air Stripping of Volatile Organic Compounds from Groundwater: An Evaluation of a Centrifugal Vapor-Liquid Contractor", USAF Environmental and Service Center Report ESL-TR-86-46.

Wilson, J.H., R.M. Counce, A.J. Lucero, H.L. Jennings, and S.P. Singh, 1991. "Air Stripping and Emissions Control Technologies: Field Testing of Counter Current Packings, Rotary Air Stripping, Catalytic Oxidation, and Adsorption Materials", ESL TR 90-51.



**Paulo Negrão** ([p.negrao@clean.com.br](mailto:p.negrao@clean.com.br)) é engenheiro civil, formado pela PUC-Campinas e especializações pela University of California, Berkeley e Stanford University.

---

Clean News é uma iniciativa do Departamento de Marketing da Clean Environment Brasil

Reprodução autorizada desde que mencionada a fonte e o autor

Endereço para contato: rua Rággio Nóbrega, 129 • Campinas, SP 13025-310 • (019) 3255-6301 • Fax: (019) 3294-2701  
[www.clean.com.br](http://www.clean.com.br) • [cleannews@clean.com.br](mailto:cleannews@clean.com.br)