

6. CONCLUSÕES

Considerando as condições experimentais deste trabalho pode-se concluir:

Tratamento oxidativo:

Para o estudo dos tratamentos oxidativos foram estudados os reagentes oxidantes: permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio, reagente de Fenton ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{+2}$) e pseudo-reagente de Fenton ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{solução de nutrientes}$) em condições simulando aplicação *in-situ*.

1. Os tratamentos com peróxido de hidrogênio apresentaram reação exotérmica e liberação de oxigênio, dificultando a aplicação do reagente. Este fator pode ser uma limitação para o uso de tratamento oxidativo baseado em peróxido de hidrogênio.
 2. O acerto do pH do solo não interferiu na degradação do benzeno por nenhum dos reagentes testados, para os pHs estudados. Durante a aplicação de tratamentos oxidativos a etapa de correção de pH pode ser eliminada para argissolos com pH próximo ao neutro.
 3. Os tratamentos oxidativos foram mais efetivos que o processo espontâneo.
 4. A capacidade dos reagentes testados de degradar benzeno foi equivalente.
-

5. A degradação do benzeno nos tratamentos oxidativos seguiu uma cinética com perfil sigmoidal, segundo o modelo proposto por Johnson-Mehl-Avrami.
6. A presença de etanol retarda a degradação de benzeno no primeiro dia de aplicação dos tratamentos para todos os reagentes, porém sem alterar o tempo necessário para a degradação total do benzeno.
7. A degradação do benzeno nos tratamentos oxidativos seguiu uma cinética com perfil sigmoidal, a qual foi descrita pela Equação de Johnson-Mehl-Avrami.
8. O parâmetro 'n' da Equação de Johnson-Mehl-Avrami mostrou variações significativas que foram correlacionadas com a velocidade de degradação do benzeno.
9. A degradação de benzeno foi mais lenta para todos os reagentes oxidantes quando em solo contaminado também por metais em relação ao solo sem metais. O tempo total para a degradação de benzeno em solo normal foi de cinco dias e no solo contaminado com metais o tempo foi de seis dias.
10. Após os tratamentos, os resultados mostraram que a lixiviação do chumbo aumentou para todos os ensaios, e em especial para tratamento com reagente de Fenton, quando foi quatro vezes maior.
11. O cádmio sofreu efeito oposto ao do chumbo, tendo reduzido a sua lixiviação em cerca de 50 % em todos os casos.

Biorremediação:

12. Para o estudo de biorremediação, o sistema de colunas desenvolvido permitiu o estudo do tratamento de solo por biorremediação simulando condições *in-situ*.
-

13. Nas condições estudadas verificou-se que os métodos tradicionais para a dosagem dos fluxos de gás carbônico não foram eficientes na dosagem do gás emitido durante o tratamento.
 14. A biorremediação foi atingida para todos os ensaios com adição de nutrientes em um período máximo de 19 dias.
 15. Para os oito primeiros dias do tratamento, a cinética do processo de biodegradação de benzeno pode ser expressa por uma cinética de pseudo-primeira ordem dependente da concentração de benzeno.
 16. Nas condições estudadas, o processo de biorremediação não sofreu interferência da variação da aeração.
 17. Todos os ensaios com microorganismos com adição de nutrientes exibiram constantes k de velocidade de degradação maiores que a constante de desaparecimento do benzeno por evaporação, sendo até quatro vezes maiores para os ensaios com até 15000 ppm de benzeno.
 18. A adição de nutrientes acelerou a constante de biodegradação do benzeno para todos os casos estudados, aumentando em até 2,5 vezes a constante de velocidade de degradação do benzeno e em até 11 vezes a contagem de bactérias heterotróficas totais (BHT) do solo durante o tratamento. Por estes motivos, a adição de nutrientes foi considerada uma etapa essencial do tratamento de biorremediação.
 19. A partir dos resultados de contagem de BHT inferiu-se que a degradação do benzeno ocorreu por bioestimulação.
 20. Constatou-se que a constante de velocidade de biodegradação do benzeno em solo varia em função da concentração de benzeno inicial, mantendo-se aparentemente constante para concentrações abaixo 15000 ppm e com menor valor para 25000 ppm.
-