

**Sessão:** 26 - Ensaio de Bancada e Piloto de Campo para Remediadores.

### Relação Entre Os Diferentes Tipos Texturais de Solo e a Demanda de Oxidantes nos Processos de Remediação ISCO – *In Situ Chemical Oxidation*

Ana Cecília Branco Sowinski<sup>1</sup>, Hermano Fernandes<sup>1</sup>, Murilo G. da Rocha<sup>2</sup>

<sup>1</sup> GEOAMBIENTE ® S/A, Fazenda Rio Grande/PR, Brasil

<sup>2</sup> LabGEO Laboratório e Pesquisa, Fazenda Rio Grande, Brasil

\*Autor correspondente: anacecilia@geoambiente.eng.br

**Palavras-chave:** SOD, ISCO, solos.

#### Resumo:

Quando se estuda a possibilidade de remediação de uma determinada área mediante a injeção de produtos oxidantes (*ISCO – In Situ Chemical Oxidation*), é necessário verificar qual é a quantidade dos mesmos que será naturalmente consumida pelo solo por meio de fatores como minerais reduzidos, matéria orgânica natural, baixa concentração de oxigênio dissolvido, dentre outros. Para tanto, é necessário fazer uma estimativa da demanda de oxidantes do solo, denominada SOD (*Soil Oxidant Demand*), sendo essa uma relação importante para o dimensionamento do projeto de remediação *full scale*. O valor dessa relação é reportado em termos de quantos gramas do oxidante são consumidos por quilograma de solo, ou seja, representando a quantidade de oxidante que deve ser suprida adicionalmente à quantidade estequiométrica necessária para se oxidar as substâncias químicas de interesse.

A fim de se estimar apropriadamente a quantidade de oxidantes a ser injetada, para além obviamente dos quantitativos de contaminantes "alvo" - sejam eles encontrados em fases dissolvida, retida ou livre, todas as reações que consomem oxidantes devem ser consideradas. Do contrário, a quantidade de produto remediador será subestimada e o projeto de remediação ISCO não alcançará seus objetivos. Em alguns casos, considerando a alta demanda de oxidantes, projetos ISCO podem revelar-se economicamente inviáveis pela enorme quantidade de remediadores a serem utilizados apenas para abater o SOD da área.

Tendo em vista que a determinação do SOD de uma área é crucial para o sucesso de uma remediação ISCO, o ideal é proceder com a execução de testes de bancada específicos para a determinação do SOD em um processo oxidativo. Porém, na ausência destes testes, algumas alternativas podem ser consideradas a fim de se obter resultados aproximados. Alguns parâmetros comumente avaliados em projetos de diagnóstico ambiental, como medições de pH, ORP (potencial de oxidação/redução) e OD (oxigênio dissolvido) podem ser utilizados para a caracterização biogeoquímica do meio, e conseqüentemente, utilizados para estimativas de SOD quando não se têm testes ou ensaios dedicados a este fim. Da mesma maneira, a caracterização cuidadosa e pragmática dos diferentes horizontes de solo pode contribuir para uma determinação aproximada dos valores de SOD esperados em uma área.

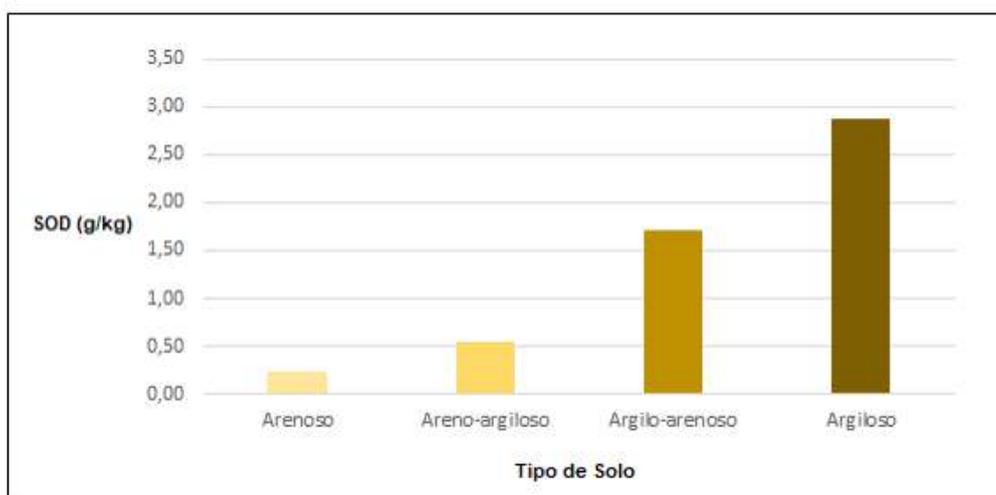
Este trabalho tem como objetivo expor as relações existentes entre os diferentes tipos texturais de solo e os valores de SOD comumente esperados para os mesmos. A partir da reunião e sistematização dos resultados de ensaios de bancada específicos para SOD realizados em dezenas de *sites* espalhados pelo Brasil, foi possível estabelecer correlações entre solos com determinadas texturas e valores de demanda de oxidantes. A **Tabela 1** e a **Figura 1**, a seguir, apresentam, de forma sucinta, a correlação entre 4 tipos texturais de solo (arenoso, areno-argiloso, argilo-arenoso e argiloso), com valores calculados para SOD em ensaios de bancada dedicados a este fim.

Alguns resultados, como podem ser observados principalmente pela observação da **Tabela 1**, divergem do valor médio esperado, como por exemplo, um solo arenoso, que apresentou um valor de SOD de 1,00 g/kg. O fato demonstra que a caracterização do tipo textural do solo não deve ser utilizada como fator isolado

para a determinação de SOD, devendo ser avaliada conjuntamente a outras variáveis, como índices físico-químicos do solo, e teor de matéria orgânica presente no meio. Corroborando também a necessidade de se executar um ensaio de bancada específico para cada área e se possível para cada horizonte hidroestratigráfico avaliado, a fim de se obter o melhor resultado para a remediação em questão.

| Tipo de solo   | SOD (g/kg) |
|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
| Arenoso        | 0,028      | Areno-argiloso | 0,386      | Argilo-arenoso | 0,800      | Argilo-arenoso | 1,956      |
| Arenoso        | 0,032      | Areno-argiloso | 0,429      | Argiloso       | 0,828      | Argiloso       | 2,507      |
| Arenoso        | 0,048      | Areno-argiloso | 0,481      | Areno-argiloso | 0,900      | Argiloso       | 3,058      |
| Arenoso        | 0,062      | Areno-argiloso | 0,495      | Argiloso       | 1,000      | Argilo-arenoso | 3,198      |
| Arenoso        | 0,159      | Areno-argiloso | 0,508      | Argiloso       | 1,000      | Argilo-arenoso | 3,200      |
| Arenoso        | 0,180      | Areno-argiloso | 0,558      | Areno-argiloso | 1,000      | Argiloso       | 3,330      |
| Arenoso        | 0,198      | Areno-argiloso | 0,576      | Arenoso        | 1,000      | Argiloso       | 3,642      |
| Arenoso        | 0,203      | Areno-argiloso | 0,609      | Argiloso       | 1,026      | Argiloso       | 3,670      |
| Arenoso        | 0,218      | Argilo-arenoso | 0,622      | Argiloso       | 1,407      | Argiloso       | 4,090      |
| Areno-argiloso | 0,261      | Areno-argiloso | 0,689      | Argiloso       | 1,408      | Argiloso       | 4,728      |
| Areno-argiloso | 0,275      | Areno-argiloso | 0,699      | Argiloso       | 1,408      | Argiloso       | 4,740      |
| Areno-argiloso | 0,283      | Argilo-arenoso | 0,700      | Argilo-arenoso | 1,479      | Argiloso       | 4,830      |
| Areno-argiloso | 0,298      | Areno-argiloso | 0,727      | Argiloso       | 1,530      | Argiloso       | 8,010      |
| Areno-argiloso | 0,301      | Areno-argiloso | 0,735      | Argiloso       | 1,604      | Argiloso       | 8,010      |
| Areno-argiloso | 0,326      | Argilo-arenoso | 0,800      | Argiloso       | 1,675      | Argiloso       | 8,020      |

**Tabela 1:** Correlação observada entre tipos texturais de solo e médias de SOD (g/kg) verificada a partir de dezenas de ensaios de bancada realizados em diversos sites espalhados pelo Brasil.



**Figura 1:** Correlação observada entre tipos texturais de solo e médias de SOD (g/kg) verificada a partir de dezenas de ensaios de bancada realizados em diversos sites espalhados pelo Brasil.

A massa de oxidantes necessária para atender a demanda natural do solo pode ser calculada por meio da multiplicação do SOD e a massa total de solo. Esta, por sua vez, pode ser obtida através do volume alvo a ser influenciado no ensaio piloto, que é função do raio de influência. Esse volume total de influência, multiplicado pela massa específica do solo, possibilita calcular a massa de solo total, conforme as equações:

$$\text{Massa de Oxidantes para Atender SOD (kg)} = \text{Massa de Solo Total (toneladas)} \times \text{SOD} \left( \frac{\text{kg}}{\text{toneladas}} \right)$$

$$\text{Massa de Solo Total (tonelada)} = \text{Volume Total (m}^3\text{)} \times \text{Massa Específica do Solo} \left( \frac{\text{tonelada}}{\text{m}^3} \right)$$

## Referências

Haselow, J. S. *et al.* (2003). Estimating the Total Oxidant Demand for In Situ Chemical Oxidation Design. *Remediation*, 2003. Wiley Periodicals, Inc.