

BIORREMEDIAÇÃO EM SOLOS FERRUGINOSOS: ANÁLISE DO CRESCIMENTO MICROBIANO E DA DISPONIBILIDADE DE METAIS NO SOLO DE CANGA APÓS UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTES

Fabiana da Conceição Pereira Tiago ¹

Bárbara Laender Teles de Freitas ²

Brisa Lourenço Braga ³

Erick Braiam Pereira Silva ⁴

Gustavo Augusto Pacheco dos Santos ⁵

Rayssa Tomaz Bicalho ⁶

Conservação de solos e Recuperação de Áreas degradadas (RAD);

Resumo

O presente artigo propõe-se a analisar a técnica e os resultados da biorremediação, caracterizada pela injeção de bioestimuladores (orgânico e inorgânico), que visam analisar a proliferação da microbiota existente em solo característico de canga. A metodologia se divide em: (i) revisão bibliográfica; (ii) coleta do solo; (iii) preparação do solo; (iv) análise do crescimento da microbiota das amostras; (v) análise química do solo; (vi) compilação dos dados das análises; (vii) resultados e conclusão. Dentre os resultados, observou-se a microbiota dos solos que receberam os bioestimulantes NPK e churume apresentaram quantidades similares de UFC (Unidade Formadora de Colônia). Ademais, referente a análise química, a maioria dos metais apresentou um aumento da concentração no solo após a bioestimulação. Conclui-se que a utilização dos bioestimuladores provocou aumento da mobilidade dos metais no solo, tornando-os mais susceptíveis ao processo de lixiviação e ao aumento da pluma de contaminação, e permitindo dessa forma, a quantificação na análise final de metais no solo.

Palavras-chave: Bioestimulação; Microbiota do solo; Metais

¹Orientação: Prof. Dra. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Departamento de Ciência e Tecnologia ambiental, fabianatiago@cefetmg.br.

²Aluno (s) do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Instituição Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, departamento de Ciência e Tecnologia ambiental, barbaralaendertf@gmail.com.

³Aluno (s) do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Instituição Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, departamento de Ciência e Tecnologia ambiental, brisa.louren@gmail.com.

⁴Aluno (s) do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Instituição Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, departamento de Ciência e Tecnologia ambiental, erickbraiamrs@gmail.com.

⁵Aluno (s) do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Instituição Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, departamento de Ciência e Tecnologia ambiental, gapasantos@gmail.com.

⁶Aluno (s) do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Instituição Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, departamento de Ciência e Tecnologia ambiental, rayssatb1999@gmail.com.

INTRODUÇÃO

As práticas relativas à mineração foram essenciais para o processo de ocupação e desenvolvimento socioeconômico do Brasil, estando presente no país desde o século XVII (BITTENCOURT, 2014). De acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), em 2019, o país tinha cerca de 18.040 minas e unidades produtoras em operação, sendo Minas Gerais o estado com a maior concentração de unidades extratoras. Além disso, o setor foi responsável por gerar 174.719 empregos diretos.

Entretanto, o setor da mineração é responsável por diversos impactos sociais e ambientais no Brasil, sendo os casos mais emblemáticos registrados: a corrida pelo ouro em Serra Pelada (1979-1992); o rompimento da Barragem do Fundão em Mariana (2015); e o rompimento da Barragem do Córrego do Feijão em Brumadinho (2019).

Frente a um crescimento do número de áreas contaminadas por passivos de atividades minerárias, a busca por técnicas e alternativas de remediação tem aumentado. De acordo com Leonel *et al.* (2018), a biorremediação é um conjunto de técnicas, que a partir da utilização de organismos vivos, objetiva a remediação de ambientes contaminados. A bioestimulação é uma das técnicas de biorremediação, que se baseia na otimização das condições ambientais para favorecer a atividade microbiana (BAPTISTA; CAMAROTA; FREIRE, 2003).

A canga constitui substrato com características particulares em relação à formação de solos e desenvolvimento de plantas. São formações caracterizadas pela concentração de compostos ferruginosos, como resultado da atuação intensa de fatores climáticos sobre o material geológico. Tais formações são comumente encontradas em substratos geológicos ricos em ferro, que no Brasil ocorrem principalmente nas regiões do Quadrilátero Ferrífero (MG), Carajás (PA) e Urucum (MS) (REIS *et al.*, 2014).

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da utilização de compostos orgânicos e inorgânicos, sendo respectivamente chorume de composteira e NPK 10-10-10, no processo de bioestimulação em solo de canga, a partir

Realização



Apoio



da análise do crescimento microbiano e da disponibilidade de metais no solo.

METODOLOGIA

ÁREA DE COLETA DO SOLO

A coleta do solo foi realizada em Ecossistema de Canga, a aproximadamente 38 Km de distância a leste de Belo Horizonte, em uma área de mineração na região. O solo foi coletado em área próxima as plantas em uma profundidade de 5 cm e com uso de uma peneira de 2mm.

MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Inicialmente, o solo foi pesado e dividido em amostras com 50 g, as amostras foram colocadas em recipientes plásticos de 50 mL. Para a realização deste experimento, definiu-se três grupos: as amostras de solo inoculado com chorume de composteira, as amostras de solo inoculado com NPK e as amostras de solo de controle. Cada grupo possuía três amostras de solo, totalizando nove amostras. Cada recipiente recebeu uma identificação com base no grupo que pertencia e uma numeração que variava de 1 a 3, representando cada amostra. As amostras que continham chorume foram denominadas de “CHO”, as amostras que possuíam NPK foram denominadas de “NPK” e as amostras do grupo controle foram denominadas de “CON”.

Para a preparação do solo inoculado com chorume, 10 mL de chorume foram diluídos em 100 mL de água destilada e autoclavada, e 5 mL da diluição foram adicionados em 50 g de solo. No solo inoculado em NPK, 0,12 g foram inseridos no solo e em seguida 5 mL de água destilada e autoclavada foram adicionados em 50 g de solo, de acordo com a preparação descrita pelo fabricante na embalagem do produto. E no solo controle foram adicionados 5 mL de água destilada e autoclavada em 50 g de solo. Após a preparação das amostras, foi colocada uma cobertura plástica em cima de cada recipiente com intuito de diminuir a quantidade de água perdida por meio da evaporação.

ANÁLISE DO CRESCIMENTO MICROBIANO

Realização



Apoio



A análise do crescimento microbiano foi conduzida no laboratório de Microbiologia do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, campus Nova Suíça. Para a avaliação do crescimento microbiano foram realizadas duas análises, sendo que a primeira ocorreu após 7 dias da inoculação e a segunda 21 dias após a inoculação.

Inicialmente, pesou-se 5g de solo de cada grupo que foram diluídos em 45 mL de água destilada. Em seguida foram feitas quatro diluições 1:10, 1:100, 1:1000 e 1:10000 em água salina (0,95% NaCl). Realizou-se as seguintes diluições de solo, 1:100, 1:1000 e 1:10000 de modo a facilitar a visualização e a contagem das colônias. Prontamente, foram inoculados 0,1 mL de cada diluição de cada grupo em placas de Petri, uma com meio de cultura Sabouraud e uma com meio de cultura PCA. Por fim, foi realizado o procedimento de semeadura por espalhamento com alça de Drigalski, técnica que consiste em espalhar o material (suspensão de células) com o auxílio de uma alça (para obtenção de colônias isoladas após diluição), fazendo a semeadura por toda a superfície da placa de Petri. Os resultados foram contabilizados 4 dias após cada experimento. Utilizou-se como métodos de contagem, a do tipo direta, que consiste na somatória de cada uma das colônias individualmente e a contagem por quadrantes, onde a placa de Petri é dividida em quatro quadrantes, em um deles é feito o processo de contagem direta e o valor é multiplicado por quatro, esse método foi utilizado quando o número de colônias impossibilitava a quantificação na área total da placa.

ANÁLISE DO QUÍMICA DO SOLO

As análises químicas foram realizadas pelo Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental CAMPO Análises, localizada no município de Paracatu. Para quantificação dos metais optou-se pela utilização do método EPA 3051A para leitura de metais. O método EPA 3051A (USEPA, 2007) descreve os procedimentos para a digestão de solo, sedimentos, lamas e óleos, sendo este uma readequação do método EPA 3051 (USEPA, 1994) pela adição de HCl concentrado para melhorar a recuperação dos elementos Ag, Fe, Al, e Sb. Esse método é classificado como um método de extração pseudototal de metais

Realização



Apoio



executado sob sistema fechado em equipamento micro-ondas (USEPA, 2007). No método, a solução extratora empregada é a combinação entre ácido nítrico e ácido clorídrico na proporção 3:1 (HNO₃:HCl) em forno de micro-ondas em condições controladas de temperatura e pressão. Por se tratar de um sistema fechado apresenta maior dissolução da amostra, tempo reduzido de digestão e menor perda por volatilização (apud TORRERO, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DO CRESCIMENTO MICROBIOLÓGICO

Análise do crescimento microbiológico nas amostras de solo controle

Conforme presente na Tabela 1, os maiores números de unidades formadoras de colônias (Log₁₀ UFC) foram observados nas placas que continham o meio de cultura de *Plate Count Agar* (PCA). Sendo um indicativo de que o crescimento bacteriano foi maior do que o crescimento fúngico. Percebeu-se também que a quantidade de UFC aumentou entre a primeira análise e a segunda análise, indicando uma tendência de crescimento microbiano ao longo do tempo.

As amostras revelaram um baixo valor de desvio padrão, o que indica um baixo distanciamento dos dados observados da média, ou seja, apresenta homogeneidade na distribuição dos dados.

Durante a primeira análise das amostras do solo, a amostra “CON1” com a concentração de 10⁻³ apresentou avarias, que impossibilitaram o desenvolvimento de colônias, desta forma essa amostra foi classificada como “Erro”.

Tabela 1 - Contagem das UFCs (Log₁₀ UFC) para as amostras de solo controle

| | Meio de Cultivo de Sabouraud | | | | | | | | | |
|-------------|--|-------|-------|-------|---------------|--|-------|-------|-------|---------------|
| | 1º Análise - Amostras de solo controle | | | | | 2º Análise - Amostras de solo controle | | | | |
| | CON 1 | CON 2 | CON 3 | Média | Desvio Padrão | CON 1 | CON 2 | CON 3 | Média | Desvio Padrão |
| 10-2 | 17 | 19 | 20 | 18,7 | 1,5 | 24 | 22 | 23 | 23 | 1 |

Realização

Apoio



| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|----------|----------|-------|------------------|---|----------|----------|-------|------------------|
| 10-3 | Erro | 6 | 5 | 5,5 | 0,7 | 20 | 19 | - | 19,5 | 0,7 |
| 10-4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | - | - | 4 | - |
| Meio de Cultivo de PCA | | | | | | | | | | |
| | 1º Análise - Amostras de solo controle | | | | | 2º Análise - Amostras de solo controle | | | | |
| | CON 1 | CON 2 | CON 3 | Média | Desvio Padrão | CON 1 | CON 2 | CON 3 | Média | Desvio Padrão |
| 10-2 | 33 | 27 | 31 | 30,3 | 3,1 | 75 | - | - | 75 | - |
| 10-3 | 16 | 13 | 14 | 14,3 | 1,5 | 20 | 17 | 20 | 19 | 1,7 |
| 10-4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1,7 | - | 5 | 6 | 5,5 | 0,7 |

Fonte: Autoria Própria

Análise do crescimento microbiológico nas amostras de solo com chorume

Como pode ser observado na Tabela 2, os maiores números de UFC foram observados nas placas de PCA. Tornando evidente que, o crescimento bacteriano foi maior do que o fúngico. Ademais, percebeu-se que a quantidade média de UFC permaneceu estável ao longo do tempo, nos dois meios de cultivo.

Notou-se que as amostras tiveram um baixo valor de desvio padrão, principalmente a partir dos dados da segunda análise. Sendo esse um indicativo de distribuição homogênea dos dados. A única amostra que apresentou alto valor de desvio padrão foram as amostras cultivadas no PCA na dissolução de 10^{-3} , durante a primeira análise. Isso ocorreu, principalmente, por causa dos dados observados na amostra “CHO 1”, posto que ela apresenta um valor díspar quando comparado com as demais, indicando uma possível contaminação da amostra.

Durante a primeira análise das amostras do solo, a amostra “CHO2” com a concentração de 10^{-3} apresentou avarias que impossibilitaram o desenvolvimento de colônias, desta forma essa amostra foi classificada como “Erro”.

Tabela 2 - Contagem das UFCs (Log10 UFC) para as amostras de solo com chorume

| | 1º Análise - Amostras de solo com chorume | 2º Análise - Amostras de solo com chorume |
|--|--|--|
| | Sabouraud | |

Realização

Apoio





| | CHO 1 | CHO 2 | CHO 3 | Média | Desvio Padrão | CHO 1 | CHO 2 | CHO 3 | Média | Desvio Padrão |
|------------------------|----------|----------|----------|-------|------------------|----------|----------|----------|-------|------------------|
| 10⁻² | 24 | 17 | 19 | 20 | 3,6 | 17 | 16 | 17 | 16,7 | 0,6 |
| 10⁻³ | 1 | Erro | 7 | 4 | 4,2 | 3 | 6 | 6 | 5 | 1,7 |
| 10⁻⁴ | 0 | 2 | 0 | 0,7 | 1,2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| PCA | | | | | | | | | | |
| | CHO 1 | CHO 2 | CHO 3 | Média | Desvio Padrão | CHO 1 | CHO 2 | CHO 3 | Média | Desvio Padrão |
| 10⁻² | 26 | 24 | 29 | 26,3 | 2,5 | 25 | 26 | 30 | 27 | 2,6 |
| 10⁻³ | 21 | 7 | 8 | 12 | 7,8 | 13 | 12 | 15 | 13,3 | 1,5 |
| 10⁻⁴ | 3 | 1 | 1 | 1,7 | 1,2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 |

Fonte: Autoria Própria

Análise do crescimento microbiológico nas amostras de solo com NPK

De acordo com a Tabela 3, os maiores números de UFC foram observados nas placas que continham o meio nutritivo de PCA, evidenciando o maior crescimento bacteriano, observou-se que a quantidade média de UFC reduziu com o passar do tempo para o meio nutritivo de PCA, já no meio de Sabouraud os resultados médios apresentaram estabilidade.

Notou-se que as amostras revelaram um baixo valor de desvio padrão, principalmente a partir dos dados da segunda análise, indicando a homogeneidade de distribuição. Porém, as amostras observadas na primeira análise no grupo PCA com concentração de 10⁻³, apresentaram um alto valor de desvio padrão. Isso ocorreu, principalmente, por causa dos dados observados na amostra nomeada de NPK 3, visto que ela apresenta um valor muito díspar com relação aos demais, evidenciando uma possível contaminação dos dados.

Além disso, durante a segunda análise ocorreu a falta de meios de cultivo de PCA, desta forma não sendo possível realizar o cultivo e a contagem para todas as amostras.

Tabela 3 - Contagem das UFCs (Log10 UFC) para as amostras de solo com NPK

Realização

Apoio



| 1º Análise - Amostras de solo com NPK | | | | | | 2º Análise - Amostras de solo com NPK | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|------------|-------|---------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|
| Meio de Cultivo de Sabouraud | | | | | | | | | | |
| | NPK 1 | NPK 2 | NPK 3 | Média | Desvio Padrão | NPK 1 | NPK 2 | NPK 3 | Média | Desvio Padrão |
| 10⁻² | 12 | 10 | 16 | 12,7 | 3,1 | 13 | 12 | 17 | 14 | 2,6 |
| 10⁻³ | 9 | 4 | 3 | 5,3 | 3,2 | 3 | 3 | 5 | 3,67 | 1,2 |
| 10⁻⁴ | 7 | 1 | 1 | 3 | 3,5 | 1 | 2 | 1 | 1,3 | 0,6 |
| Meio de Cultivo de PCA | | | | | | | | | | |
| | NPK 1 | NPK 2 | NPK 3 | Média | Desvio Padrão | NPK 1 | NPK 2 | NPK 3 | Média | Desvio Padrão |
| 10⁻² | 50 | 40 | Incontável | 45 | 7,1 | - | - | - | - | - |
| 10⁻³ | 14 | 16 | 50 | 26,7 | 20,2 | 16 | 18 | 20 | 18 | 2 |
| 10⁻⁴ | 20 | 14 | 21 | 18,3 | 3,8 | Incontável | 6 | 14 | 10 | 7 |

Fonte: Autoria Própria

Análise do comparativo entre os solos analisados

Como pode ser observado na Tabela 4 os maiores valores médios de UFCs em meio de Sabouraud após a primeira análise foram evidenciados nas amostras de solo com chorume para as amostras com dissolução de 10⁻², nas amostras do grupo controle para a dissolução de 10⁻³, e nas amostras de NPK para as dissoluções de 10⁻⁴. Já na segunda análise, o grupo controle apresentou os maiores valores médios de UFCs independentemente da dissolução da amostra.

Tabela 4 - Comparação do número de UFCs (Log10 UFC) observadas no meio nutritivo de Sabouraud

| 1º Análise - Meio nutritivo de Sabouraud | | | |
|--|--|---|---|
| | Valores médios observados nos solos controle | Valores médios observados nos solos com chorume | Valores médios observados nos solos com NPK |
| 10⁻² | 18,7 | 20 | 12,7 |
| 10⁻³ | 5,5 | 4 | 5,3 |

Realização

Apoio



| | | | |
|---|--|---|---|
| 10⁻⁴ | 0 | 0,7 | 3 |
| 2º Análise - Meio nutritivo de Sabouraud | | | |
| | Valores médios observados nos solos controle | Valores médios observados nos solos com chorume | Valores médios observados nos solos com NPK |
| 10⁻² | 23 | 16,7 | 14 |
| 10⁻³ | 19,5 | 5 | 3,67 |
| 10⁻⁴ | 4 | 1 | 1,3 |

Fonte: Autoria Própria

Diante da Tabela 5 podemos observar que os maiores valores médios de UFCs em meio de PCA após a primeira análise foram evidenciados nas amostras de solo com NPK independente da dissolução feita. Já na segunda análise, o grupo controle apresentou os maiores valores médios de UFCs para as dissoluções de 10⁻² e 10⁻³, e no grupo do NPK para a dissolução de 10⁻³.

Tabela 5 - Comparação do número de UFCs (Log10 UFC) observadas no meio nutritivo de PCA

| | | | |
|---|--|---|---|
| 1º Análise - Meio nutritivo de PCA | | | |
| | Valores médios observados nos solos controle | Valores médios observados nos solos com chorume | Valores médios observados nos solos com NPK |
| 10⁻² | 30,3 | 26,3 | 45 |
| 10⁻³ | 14,3 | 12 | 26,7 |
| 10⁻⁴ | 1 | 1,7 | 18,3 |
| 2º Análise - Meio nutritivo de PCA | | | |
| | Valores médios observados nos solos controle | Valores médios observados nos solos com chorume | Valores médios observados nos solos com NPK |
| 10⁻² | 75 | 27 | - |
| 10⁻³ | 19 | 13,3 | 18 |
| 10⁻⁴ | 5,5 | 3 | 10 |

Realização

Apoio

Fonte: Autoria Própria

ANÁLISE DO SOLO

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos a partir da análise do solo. Sendo possível observar que para a maior parte dos metais os solos tratados apresentam maiores concentrações de metais do que o período anterior ao tratamento. Sendo possível observar isso para os metais: Cromo, Manganês, Ferro, Cobre, Zinco, Cádmio, Boro, Fósforo, Prata e Molibdênio. Sendo destacado o aumento observado na concentração de ferro, que já apresentava grandes concentrações, mas que após o tratamento quase que dobrou a concentração.

Já com relação ao Bário, Cobalto e Vanádio, as concentrações decresceram após os tratamentos. Sendo a maior redução observada na disponibilidade de Vanádio, que reduziu de 35,89 mg/L para valores próximos de 0,003 mg/L.

No caso do Níquel, observou-se que as concentrações pós-tratamento aumentaram na amostra com chorume e NPK, mas reduziu na amostra do solo controle. E para o Alumínio, as concentrações reduziram para as amostras chorume e NPK, e aumentaram na amostra de solo controle.

Tabela 6- Resultado da análise do solo

| Amostra | | Análise inicial 1 | Análise inicial 2 | Média | Solo com chorume | Solo com NPK | Solo controle |
|----------|--------|-------------------|-------------------|----------|------------------|--------------|---------------|
| Digestão | | 200 | 200 | | 200 | 200 | 200 |
| Diluição | | 4 | 4 | | 1 | 1 | 1 |
| As | (mg/L) | 12 | 16,8 | 14,4 | ERRO | ERRO | ERRO |
| Se | (mg/L) | <0,002 | <0,002 | <0,002 | ERRO | ERRO | ERRO |
| Sb | (mg/L) | <0,005 | <0,005 | <0,005 | - | - | <0,005 |
| Cr | (mg/L) | 9,38 | 10,38 | 9,88 | 11,36 | 10,92 | 12,4 |
| Mn | (mg/L) | 21,52 | 24,3 | 22,91 | 27,38 | 25,7 | 25,13 |
| Fe | (mg/L) | 39396,7 | 39086,46 | 39241,58 | 77315,28 | 75179,64 | 41159,05 |
| Ni | (mg/L) | 4,48 | 4,84 | 4,66 | 7,44 | 5,7 | 4,2 |

Realização

Apoio



| | | | | | | | |
|----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Cu | (mg/L) | <0,006 | <0,006 | <0,006 | 1,7 | 1,46 | 2,02 |
| Zn | (mg/L) | 22,4 | 17,78 | 20,09 | 23,68 | 25,36 | 22,16 |
| Cd | (mg/L) | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 5,7 | 4,72 | 3,9 |
| B | (mg/L) | 45,84 | 57,54 | 51,69 | 74 | 150,22 | 58,9 |
| Al | (mg/L) | 1636,62 | 1961,64 | 1799,13 | 1458,96 | 1394,44 | 1873,5 |
| Ba | (mg/L) | 2,92 | 2,76 | 2,84 | 2,6 | 2,78 | 2,24 |
| Co | (mg/L) | 12,28 | 13,8 | 13,04 | 1,36 | 2,1 | 2,4 |
| P | (mg/L) | 712,84 | 779,8 | 746,32 | 894,8 | 900,62 | 801,09 |
| Pb | (mg/L) | 10,16 | 12 | 11,08 | 12,72 | 12,08 | 12,52 |
| Ag | (mg/L) | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,48 | 0,28 | <0,02 |
| Mo | (mg/L) | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,8 | 0,46 | 0,5 |
| V | (mg/L) | 32,88 | 38,9 | 35,89 | <0,002 | <0,002 | <0,003 |

Fonte: Autoria Própria

CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que a microbiota dos solos que receberam os bioestimulantes NPK e chorume (oriunda de composteira), apresentaram resultados análogos, pois a quantidade de UFC foi semelhante. Contudo, a longo prazo, as amostras de solo controle, cultivadas no meio de Sabouraud, apresentaram maior quantidade de UFCs quando comparadas com os demais grupos.

Ademais, houve o aumento da concentração de metais poluentes no solo. Existem duas hipóteses para esse resultado. A primeira hipótese é o processo de degradação dos complexos pela atividade microbiana, que auxilia na mobilidade e na disponibilidade dos metais. A segunda hipótese se baseia na alteração de características do solo pela introdução dos diferentes estimulantes. De acordo com Matos (1995), variações de características como a temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), capacidade de troca catiônica (CTC), quantidade e tipo de minerais na fração argila, quantidade de matéria orgânica e competição iônica, são capazes de alterar a retenção e a mobilidade dos metais

Realização

Apoio

no solo. Mas, de modo geral, o processo observado é responsável por maior mobilidade dos metais no solo, tornando-o mais susceptível ao processo de lixiviação e ao aumento da pluma de contaminação.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, Sandro J.; CAMMAROTA, Magali C.; FREIRE, Denise DC. Avaliação da bioestimulação em solos argilosos contaminados com petróleo. In: Congresso Brasileiro de PandD em Petróleo and Gás. 2003. p. 267.

BITTENCOURT, Carlos. Mudança no marco legal da mineração no Brasil Tensão entre regulamentação e desregulamentação. Brot für die Welt, 2014.

FARIAS, Carlos Eugênio Gomes. Mineração e meio ambiente no Brasil. Relatório do CGEE/PNUD, v. 76, p. 2, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. **Infográfico – Mineração em Números – 2021**. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/?txtSearch=&checkbox-section%5B%5D=161&checkbox-section%5B%5D=1236#publication>. Acesso em: 10 jul. de 2022.

LEONEL, Lillian Vieira et al. Biorremediação do solo. Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa, v. 26, n. 51, p. 37-52, 2018.

MATOS, A.T. Fatores de retardamento e coeficiente de dispersão-difusão do zinco, cádmio, cobre e chumbo, em solos do Município de Viçosa, MG. Viçosa: UFV, 1995.

PLANALTO. **LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em: 9 jul. 2022.

REIS, J. S. et al. Solos ferruginosos em áreas de canga, sinclinal do gandarela, quadrilátero ferrífero (MG). In: **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 20.; CONGRESSO PERUANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 16., 2014, Cusco. Educar para preservar el suelo y conservar la vida en la tierra: trabajos. Cusco: Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo, 2014., 2014.

TORRERO, Alessandra Mundy. **Otimização das condições de dissolução parcial de sedimentos em sistema fechado assistida por micro-ondas**. 2017. Tese de Doutorado. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/17644/1/diss_torrero_alessandra.pdf. Acesso em: 9 de jul. de 2022.

Realização

Apoio