



III-113 - USO DO SOLO DE RIO DAS OSTRAS COMO ETAPA DE TRATAMENTO DE LIXIVIADOS DE ATERROS SANITÁRIOS

Monica Bomilcar Albano⁽¹⁾

Mestre em Engenharia Ambiental, 2008 Licencianda em Química, 1994 e Engenheira Química pela UFRJ, 1979. Assessora de Gabinete de Conselheiro do Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro – TCE-RJ.

Gandhi Giordano, D.Sc

D.Sc. em Engenharia Metalúrgica – PUC/RIO e M.Sc. em Ciência Ambiental – UFF. Professor Adjunto do Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia - UERJ

Elisabeth Ritter

D.Sc. em Engenharia Civil – PEC/COPPE/UFRJ e M.Sc. em Engenharia Civil – PUC/RIO. Professora Adjunta do Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia - UERJ

Endereço⁽¹⁾: Praça da República 54/56 3º andar – Centro R – CEP. 20211-351- Brasil -Tel. (21) 3231-5691 - e-mail: monicaba@tce.rj.gov.br

RESUMO

Este trabalho investiga a utilização do solo do Aterro Sanitário de Rio das Ostras no Estado do Rio de Janeiro, como etapa de tratamento de lixiviado, de modo a quantificar a redução de cor e valores de DQO. A atividade do solo argiloso para redução de cor e valores de DQO foi estudada através de ensaios de sorção usando três lixiviados diferentes: do Aterro Sanitário de Rio das Ostras, do Aterro de Morro do Céu (Niterói), e um de aterro de grande porte. A avaliação do uso do solo foi feita através da realização de ensaios de sorção (Batch Tests) pelos Métodos *Constant Soil:Solution Ratio Isotherm* (CSI) e *Environmentally Conservative Isotherm* (ECI). Os resultados indicaram uma redução de cor que variou de 45 a 73% e de valores de DQO entre 40 e 65%, usando ensaios de equilíbrio em lote, razão solo:solução constante, para os três lixiviados. Outros ensaios pelo Método ECI indicaram uma redução de cor entre 65 e 80%, para o lixiviado do aterro de grande porte, indicando que com uma relação solo lixiviado de 5 g/L pode se obter uma eficácia muito próxima de 70%. Os resultados indicam que o solo de Rio das Ostras tem potencial para ter sua utilização considerada como parte de um processo integrado de tratamento de lixiviado, principalmente na etapa final de polimento.

PALAVRAS-CHAVE: Sorção. Solo como Tratamento. Lixiviado. Redução de cor. Valores de DQO.

INTRODUÇÃO

No Brasil, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, coleta-se cerca de 228.413 toneladas de resíduos sólidos diariamente, sendo 125.258 toneladas referentes aos resíduos domiciliares. Mais de 80% dos municípios vazam seus resíduos em locais a céu aberto, em cursos d'água ou em áreas ambientalmente protegidas, e a maioria com a presença de catadores (IBGE, 2000).

Grande parte dos locais de disposição de resíduos no Brasil não possui nenhum tipo de tratamento para o líquido percolado ou o trata de maneira ineficiente. Desta forma, é relevante o desenvolvimento de técnicas de tratamento eficientes na redução da carga poluidora do lixiviado e compatíveis com a realidade técnica e econômica dos municípios (FERREIRA, 2000).

O tratamento do líquido percolado, o lixiviado, através da massa de lixo mostra-se um desafio nos projetos de aterros sanitários, uma vez que suas características são alteradas em função dos tipos de resíduos vazados no aterro e, sobretudo, com a idade deste. Pela magnitude do problema e por sua complexidade, o tratamento do lixiviado é um desafio do saneamento ambiental, considerando-se as viabilidades técnicas e econômicas das diversas técnicas conhecidas (GIORDANO, 2003).

Várias formas de tratamento do lixiviado “*in situ*” são encontradas: o sistema de tratamento por filtros biológicos, lagoas de sedimentação, floculação, ozonização, os de separação com membranas, os sistemas naturais, como os *wetlands* formados por leitos de plantas aquáticas, ou a recirculação de lixiviado no próprio Aterro (MANNARINO, 2003). Esses processos são utilizados de forma combinada devido à variabilidade das características do lixiviado. Muitas pesquisas são definidas com o objetivo de estabelecer novas tecnologias e a custos compatíveis para o tratamento de lixiviado. Nesse sentido, alguns estudos utilizam argilas para



descoramento de lixiviados e óleos (ROSSI et al., 2003, FOLETTO et al., 2006 e COELHO e SANTOS, 2007).

O objetivo do trabalho é apresentar a avaliação da utilização de um determinado solo argiloso como processo alternativo de etapa de tratamento de lixiviado de aterro sanitário, especialmente para redução da cor (ALBANO, 2008). Especificamente foi avaliado o uso do solo do Aterro de Rio das Ostras como forma de tratamento parcial de três lixiviados de Aterros: de Rio das Ostras, de Morro do Céu (em Niterói) e de um aterro grande porte. A avaliação da remoção de cor foi realizada através de ensaios de equilíbrio em lote (*batch tests*).

TRATAMENTO DE LIXIVIADO

A variabilidade das características do lixiviado exige que os métodos de tratamento sejam adaptáveis às diferenças de qualidade e de volume de aterros com idades diferentes. A Tabela 1 apresenta os lixiviados de alguns aterros brasileiros. A variação de valor de DQO, por exemplo, é de 12.0000 mg/L, do Aterro Sanitário Delta em Campinas, em operação desde 1993 (um aterro maduro), até 818 mg/L, encontrado no Aterro Sanitário de Pirai (um aterro jovem).

Tabela 1: Lixiviados de alguns aterros brasileiros

Locais/ Parâmetros	Unidade	Belo Horizonte - MG	Gramacho RJ	Bandeirantes SP	Muribeca Recife - PE	Bangu / RJ	Marambaia RJ	Campinas - SP	Pirai - RJ
DQO	mg/L	818	2.541	7.775	4.000	3.789	1.605	12.000	818
DBO ₅	mg/L	215	370	1.421	2.170	453	1.429	7.500	215
Condutividade	mS/cm	7,6	16,5	-	143,7	10,9	7,2	8	761
pH	mg/L	7,0	8,13	-	8,3	7,9	8,7	11	7,04
P	mg/L	0,7	5	-	-	3,8	-	-	0,71
SST	mg/L	201	215	-	-	-	56	-	351
Cl ⁻	mg/L	1.146	3.380	-	1.700	2.499	1.413	-	1.146
N-NH ₃	mg/L	351	974	2.009	78	1.787	173	-	351
Alcalinidade	mg/L	2.817	5.360	-	5.600	-	-	-	2.817

Fonte: in Lange et al, 2006; Ritter & Campos, 2006; Moser & Sobrinho, 2004; Beltrão & Jucá 2004; Ritter et al, 2006; Bertazzoli & Peligrini, 2002; Campos et al., 2004.

O tratamento do lixiviado pode se dar no próprio aterro ou através da descarga do mesmo em um sistema externo de tratamento. As tecnologias utilizadas são similares às de tratamento de esgotos. As diferenças estão nos valores dos parâmetros envolvidos, que, na composição do lixiviado, têm concentrações significativamente mais altas do que nos esgotos domésticos. Em virtude da alta recalcitrância a biodegradação do lixiviado o mais usual é a utilização de uma combinação de processos. A decomposição de ácidos húmicos pode deixar os lixiviados amarelos, marrons ou pretos; sendo assim, são usuais combinações de tratamentos físicos, químicos e biológicos para melhorar a eficiência da remoção da cor de lixiviado de aterros (FERREIRA, 2000).

Os tratamentos físico-químicos são amplamente utilizados como pós-tratamento de lixiviados pré-tratados biologicamente. Os processos oxidativos avançados têm sido considerados uma alternativa para efluentes com as características apresentadas pelos lixiviados, ou seja, volumes relativamente pequenos, elevados valores de DQO, reduzidos valores de DBO e presença de espécies coloridas recalcitrantes e tóxicas.

Um exemplo de especial interesse é o do efluente tratado do Aterro Metropolitano de Gramacho – Duque de Caxias/RJ, que após processo biológico, é bombeado através de um filtro de areia para um tanque-pulmão, sendo então encaminhado para a última etapa do tratamento, que é a redução da cor. Deste tanque o efluente é bombeado para um pré-filtro de celulose e daí para a membrana de nanofiltração. O valor de DQO do efluente



é normalmente inferior a 200 mg/L, o que garante uma boa eficiência para o sistema. A vazão do rejeito da nanofiltração é de 20% do total, e o rejeito é retornado para a lagoa de equalização, servindo para a preparação do leite de cal (suspensão de cal na concentração m/v de 10%). O efluente tratado escoou para a baía de Guanabara, apresentando aspecto incolor e inodoro, além de estar compatível com todos os parâmetros da legislação ambiental, inclusive no que se refere à toxicidade a peixes. O lodo gerado é disposto no próprio aterro (GIORDANO 2003).

Aziz et al (2007) investigaram a eficiência de processos de coagulação e floculação para remoção de sólidos em suspensão, redução de cor e determinação de valores de DQO, em diferentes valores de pH, realizado com o lixiviado gerado no Aterro Podal Burung, Malásia. O lixiviado estudado apresentava características alcalinas; alta concentração de matéria orgânica recalcitrante, valores de cor e nitrogênio amoniacal muito alto. Os resultados levaram à conclusão que valores de pH entre 4 e 12 propiciaram ótimos resultados para remoção dos parâmetros estudados por processos de coagulação e floculação. O cloreto férrico, entre os coagulantes, foi superior aos outros sais metálicos e combinado com pH igual a 4 atingiu uma remoção de cor de 94%.

A utilização de solos como forma de tratamento vem sendo pesquisado (ROSSI et al., 2003, FOLETTO et al, 2006 e MUMIM et al., 2007). Dentre os tipos de solos existentes, as argilas tem propriedades adequadas para essa utilização. Elas são solos compostos por argilominerais caulinitas, ilitas e montmorilonitas. A característica mais importante dos argilo-minerais é carregar cargas negativas residuais, que são expressas pelo déficit no número de elétrons por unidade de célula. A taxa de troca iônica em solos é dependente do tipo, da quantidade de componentes orgânicos e inorgânicos, da carga e raio do íon. A carga dos íons também afeta a cinética das trocas iônicas. Os íons da fase sólida são substituídos por quantidades equivalentes de outros íons em solução na fase líquida. Assim a capacidade de troca catiônica (CTC) define a quantidade de cátions que são adsorvidos reversivelmente por massa de material seco (YONG et al., 1992).

A utilização das argilas para descolorimento é descrita por Foleto, Volzone & Porto (2006) como uma etapa importante no refino de óleos vegetais. A clarificação é geralmente um processo de adsorção e estudos com 2 tipos de argilas bentoníticas, com alto teor de montmorilonita, mostraram bons resultados quando tratados previamente com ácido clorídrico e ácido sulfúrico.

Rossi et al (2003) apresentaram os resultados de estudos de clareamento físico-químicos de óleo de palmeira cru, através de argilas branqueadoras ativadas ou não, na remoção de pigmentos de caroteno e fósforo. As argilas ativadas se mostraram mais eficientes.

Em Mumin et al (2007) são apresentados resultados de estudo da capacidade de adsorção de solo argiloso coletado em Bangladesh na remoção do corante Vermelho do Congo de soluções aquosas. Os resultados obtidos chegam a 40% de remoção de cor, indicando que argila queimada remove razoavelmente a cor. Numa comparação com carvão ativo se verifica cerca de 100% de remoção de cor para este, porém com as seguintes desvantagens: custos mais altos, dificuldade de disposição final e impossibilidade de dessorção para o caso de uso em larga escala.

MATERIAIS E MÉTODOS

O solo pesquisado provém da área do Aterro Sanitário de Rio das Ostras. É uma argila arenosa com pedregulhos de coloração amarela clara que contém 59% de fração argila (fração < 5 µm) e um índice de plasticidade de 31%. O argilo-mineral predominante é a caulinita com capacidade de troca catiônica de 2,9 cmol/Kg e o pH é de 6,2 (PIRES, 2007).

Os lixiviados estudados são provenientes de três Aterros: Sanitário de Rio das Ostras (ASRO), Controlado de Morro do Céu (AMC), e de um aterro controlado de grande porte (AGP).

A Tabela 2 apresenta as análises efetuadas nos lixiviados dos três aterros. Os principais íons pesquisados foram NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Cl^- , além de valores DQO, unidades de cor, pH e condutividade. Os valores de pH nos seis lixiviados variaram entre 7 e 8, a condutividade foi muito próxima de 8 mS/cm nos três lixiviados de Rio das Ostras e cerca de 25 mS/cm para os dois lixiviados do aterro de grande porte (ALBANO et al, 2008). A relação DBO_5/DQO para o lixiviado de Rio das Ostras foi de 0,81, indicando um aterro jovem e para os dois lixiviados do aterro de grande porte foi de 0,061, indicando um aterro consolidado. A cor apresentou valores acima de 5.000 mg Pt/L no aterro de grande porte e valores abaixo de 150 mg Pt/L para o ASRO.



Tabela 2: Lixiviados dos três aterros utilizados nos ensaios de sorção e difusão

Amostra	Lixiviado de Rio das Ostras			Lixiviado de Morro do Céu	Lixiviado de Aterro de Grande Porte	
Data da coleta	29/05/07	14/08/07	30/11/07	15/05/07	28/08/07	6/11/07
pH	8,05	8,19	7,62	7,68	8,45	8,0
Turbidez	-	-	193	5,5	-	-
Nitrito (mg/L)	0,17	-	< 0,01	< 0,001	-	-
Alcalinidade (mg/L)	3.695	-	3.670	5.155	-	-
Condutividade (mS/cm)	8,6	8,8	7,8	-	24,5	21,1
Cloreto (Cl ⁻) (mg/L)	1.275	1.452	1.190	1.666	5.348	9.975
DBO ₅ (mg/L)	-	-	2.421	-	218	208
DQO (mg/L)	511	633	2.994	1.143	3.592	3.403
Na ⁺ (mg/L)	700	1.032	883	-	2.346	-
K ⁺ (mg/L)	700	1.091	776	-	2.382	-
N-NH ₃ (mg/L)	445	494	536	779	1.302	965
Ca ⁺² (mg/L)	60	67	308	-	44	-
SST (mg/L)	83	70	-	60	-	-
SDT (mg/L)	1.832	-	-	4.737	-	-
ST (mg/L)	3.470	-	-	4.780	-	-
Cor (mg Pt-Co/L)	85	122	-	256	7.125	5.106

- não determinado

Os Ensaios de Equilíbrio em Lote (*Batch Test*) fornecem uma estimativa da sorção, que é a capacidade de uma substância química “soluto” (íon presente em uma solução) ser retida por um solo até atingir o equilíbrio. O uso desta técnica permite a obtenção de isotermas de sorção que indicam a quantidade de massa sorvida do soluto pelo solo em concentrações de equilíbrio.

Duas técnicas de ensaios de Equilíbrio em Lote (*Batch Test*) foram utilizadas, visando conhecer de forma mais completa o processo de sorção de contaminantes e de descolorimento de lixiviados (EPA,1992), quais sejam:

- Isoterma razão solo: solução constante (CSI): a partir de uma solução matriz que contenha o(s) soluto(s) investigado(s), preparam-se várias diluições da mesma, obtendo-se, assim, uma variedade de soluções com concentrações de solutos diferentes. Volumes iguais dessas soluções são colocados em recipientes com a massa de adsorvente (solo) fixa, sob agitação durante um período de tempo estabelecido, e logo após essas misturas são filtradas procedendo à análise dos solutos nas soluções filtradas;
- Isoterma conservativa (ECI): volumes iguais da solução matriz são colocados em contato com diferentes quantidades de massa de adsorvente num recipiente sob agitação por um tempo definido. Em seguida a mistura é filtrada e procede-se à determinação da concentração dos solutos nas diversas soluções filtradas.

Nessa pesquisa com a técnica CSI, solo constante: solução variando, foram adotados lixiviados puros e com diluições de 75%, 50%, 35%, 15%; a razão solo: solução foi de 1:10, sendo utilizados 25 g de solo seco para 250 mL de lixiviado dos três aterros; o tempo de agitação foi de 48 horas. Para a técnica com quantidades de solo variando, foram adotados 200 mL de lixiviado (somente do aterro de grande porte) para 0,2; 0,4; 1; 3,5; 5; 7,5 e 10 g de solo seco, variando a razão solo: solução de 1:1000 até 1:20. O tempo de duração do ensaio foi de 22 horas.

RESULTADOS

Os resultados do ensaio com razão solo: solução constante para redução de cor são apresentados na figura 1. A partir dos resultados das absorvâncias foram calculadas as concentrações em mg Pt/L de cor dos três lixiviados nas três amostras, com 100%, 75% e 50% de lixiviado dos ensaios de sorção. Os valores indicam uma redução de cor entre 40% e 70%, com melhores resultados para o lixiviado do Aterro de Morro do Céu.

Observando a Figura 1, o lixiviado de Rio das Ostras apresentou um comportamento mais homogêneo nas concentrações 100 e 75%, não havendo muita variação na redução de cor, mas mantendo-se com valores superiores a 50%. Para o lixiviado do aterro de grande porte, verifica-se uma tendência de maior redução de



cor, cerca de 50%, na amostra de menor concentração (50%). Para a concentração de 100%, a redução de cor ficou próxima de 40%. No caso do lixiviado de Morro do Céu a tendência foi inversa: com o aumento da concentração de lixiviado, a redução da cor também foi maior (cerca de 70%), ficando próximo de 50% com menor concentração. A Figura 2 (a) (b) e (c) permite uma avaliação visual na redução de cor dos três lixiviados em todas as concentrações estudadas.

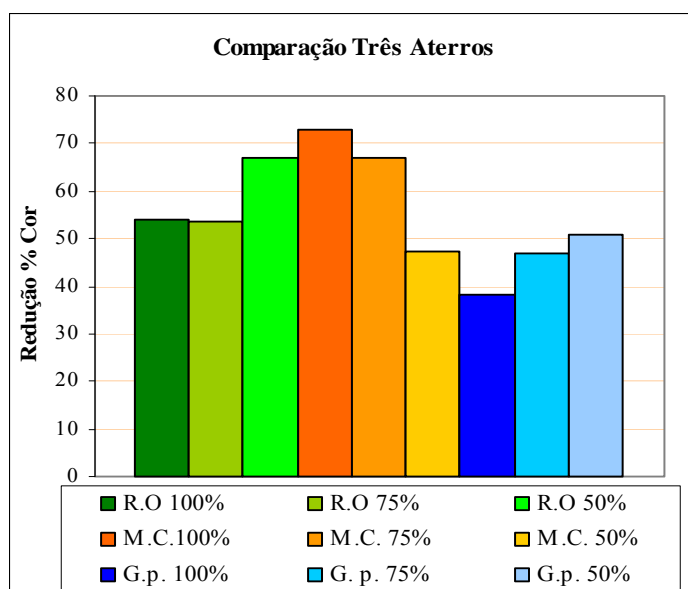


Figura 1: Redução de cor dos lixiviados dos três aterros variando a concentração

A partir da análise dos valores de DQO nos três lixiviado verifica-se, na Figura 2, que o lixiviado de Rio das Ostras apresentou uma redução entre 40% e 65%. O lixiviado de Morro do Céu apresentou um comportamento mais homogêneo nas concentrações 100, 75 e 50 % com uma redução de DQO, em torno de 30% a 35%. O aterro de grande porte mostrou a mesma tendência de Rio das Ostras, porém com redução máxima de 30%. Numa avaliação global se verifica a menor redução de DQO para as amostras do lixiviado do aterro de grande porte.

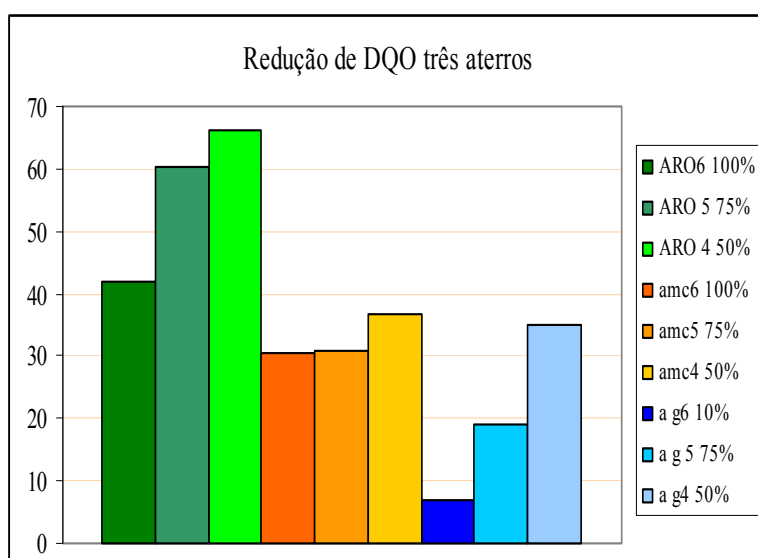


Figura 2: Redução dos valores de DQO nos lixiviados dos três aterros variando a concentração



Devido à necessidade de uma avaliação mais aprofundada do comportamento dos parâmetros estudados foram realizados os ensaios de sorção pelo método de lixiviado constante e solo variando (ECI), contemplando apenas a redução de cor. A escolha do lixiviado do aterro de grande porte deveu-se aos resultados mais críticos encontrados pelo método lixiviado variando e solo constante para este lixiviado.

A capacidade de sorção do solo do ASRO, com relação às misturas de substâncias que conferem cor ao lixiviado ensaiada pelo Método de ECI utilizando o lixiviado AGP, é apresentada na Figura 3 com os pontos experimentais e a isoterma de ajuste. O coeficiente angular da reta, representado pela linha de tendência, é a capacidade de sorção do solo em mg-Pt/g, sendo o valor encontrado de 29,5 mg Pt ou unidades de cor por grama de solo.

Os resultados de redução de cor pelo método ECI estão apresentados na Figura 4. A redução de cor apresentou um padrão de aumento com a concentração de solo. Na solução preparada com 1 g de solo por litro de lixiviado a redução de cor foi da ordem de 66%, no outro extremo dos ensaios a remoção de cor foi de 76 % para 50 g de solo /L de lixiviado do aterro de grande porte, indicando que com cerca de 5 g/L pode se obter uma eficácia muito próxima de 70%.

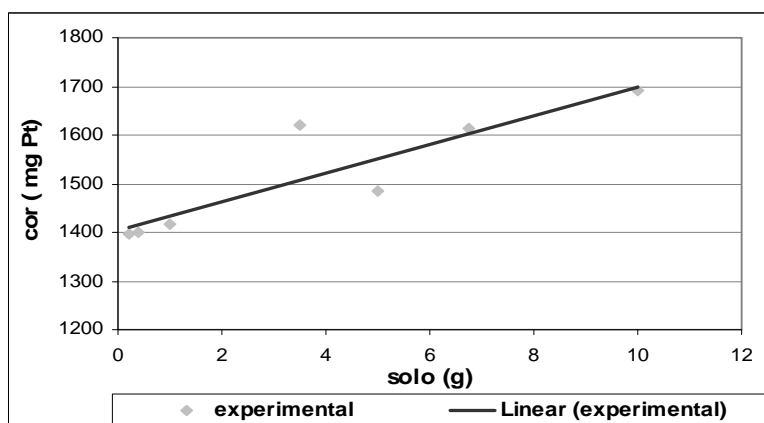


Figura 3: Capacidade de Sorção do Solo do ASRO

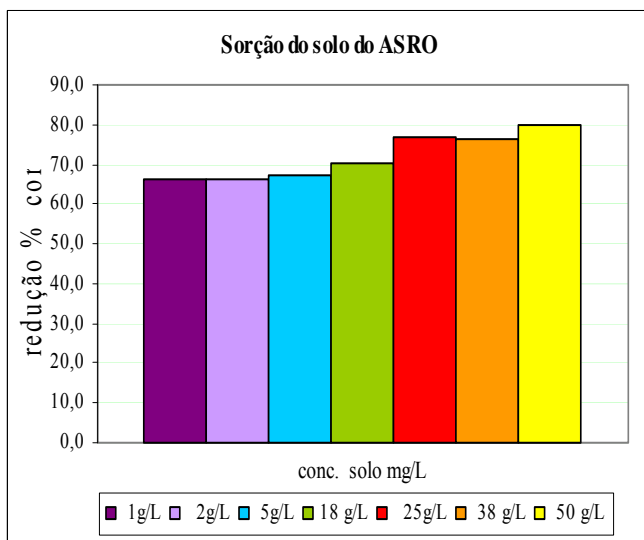


Figura 4: Redução da Cor pelo Método ECI



Os ensaios de sorção promoveram uma redução de cor sugerindo que as moléculas presentes no lixiviado, responsáveis pela cor, foram adsorvidas pelo solo argiloso precipitando na superfície dos grãos. O solo ligeiramente ácido favorece o comportamento dos contaminantes devido à provável expansão do espaçamento basal do mineral argiloso, conforme observado por COELHO E SANTOS (2007).

CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios de sorção de contaminantes (equilíbrio em lote ou Batch Test) pelo Método CSI indicaram a capacidade do uso do solo argiloso do Aterro Sanitário de Rio das Ostras como tratamento dos três lixiviados para redução de cor e de valores de DQO. Os valores de redução de cor ficaram entre 40 e 70% para os lixiviados das três localidades. Os maiores valores de redução de cor, em média 60%, puderam ser observados nos ensaios utilizando o lixiviado do Aterro de Morro do Céu.

A redução de valores de DQO pelo Método CSI no lixiviado de Rio das Ostras variou de 50 a 65 %, em Morro do Céu cerca de 30%, e o Aterro de grande porte apresentou como média cerca de 20%.

A redução de cor e dos valores de DQO para o caso do aterro de grande porte foi avaliada pelo Método ECI de sorção de contaminantes. Nesse procedimento, a redução de cor variou de 65 a 80%, apresentando uma tendência ao uso de concentrações de solo na faixa de 1 a 5 g/L.

Os resultados indicam que um solo argiloso como do Aterro de Rio das Ostras pode ser parte de um processo de tratamento de lixiviado integrado, principalmente na etapa final de polimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBANO; M. B. Uso do solo do Aterro de Rio das Ostras em processos de sorção como etapa de tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. UERJ. 126 p., 2008.
2. ALBANO; M. B., GIORDANO, G. e RITTER, E. Uso do solo de Rio das Ostras com etapa de tratamento de lixiviado de aterros sanitários. Mundo & Vida vol 9 (1) 51-56. 2008.
3. AZIZ, H. A.; ALIAS, S.; ADLAN, M. N.; ASAARI, F. A. H.; ZAHARI, M. S. Colour removal from landfill leachate by coagulation and flocculation processes. Bioresource Technology, 98(1): 218-220, 2007.
4. BELTRÃO, K. G. Q. de B. e JUCÁ, J. F. T. Alternativa de tratamento terciário para chorume em aterros sanitários: sistema de barreira bioquímica. XI SILUBESA – SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Anais. Rio Grande do Norte, 2004.
5. BERTAZZOLI, R. e PELEGRINI, R. Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo fotoeletroquímico. Química Nova, 25(3): 477-482 2002.
6. CAMPOS, J. C., SILVA, U. A. da; VARGAS, A. B. Tratamento Biológico de Chorume Oriundo do Aterro Sanitário do Município de Pirai (RJ). XI SILUBESA – SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Anais. Rio Grande do Norte, 2004.
7. COELHO, A. C. V. e SANTOS, P. de S. Argilas Especiais e Argilas Quimicamente Modificadas – Uma Revisão. Química Nova, 30 (5): 1282-1294. 2007.
8. EPA – United State Environmental Protection Agency Batch – Type procedures for estimating soil adsorption of chemicals, in Technical Resource Document, 100 p., 1992.
9. FERREIRA, J. A. Resíduos sólidos: perspectivas atuais. In: Resíduos sólidos, ambiente e saúde – Uma visão multidisciplinar. SISINNO, Cristina Lúcia Silveira; OLIVEIRA, Rosália Maria de (Org). Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, p.19-40, 2000.
10. FOLETTO, E. L.; VOLZONE, C. E.; PORTO, L. M. Clarification of cottonseed oil how structural proprieties of treated bentonites by acid affect bleaching efficiency. Latin American Applied Research; Vol. 36 nº 1, Baia Blanca; 2006.
11. GIORDANO, G. Análise e formulação de processos para tratamento de chorumes gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos. Tese de Doutorado, Dep. de Ciências dos Materiais e Metalurgia. PUC/RIO, 2003.
12. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.



13. LANGE, L. C., ALVES, J. F.; AMARAL, M., C. S.; MELO JÚNIOR, W. R. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo oxidativo avançado empregando reagente de Fenton. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, V.11, n° 2. 2006.
14. MANNARINO, C. F.. Uso de Wetland sub-superficial no tratamento de efluente de estação de chorume por lodos ativados. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. UERJ. 2003.
15. MOSER, G. I. F.e SOBRINHO, P. A. Estudo de nitrificação de líquido percolado de aterro sanitário utilizando-se sistemas de lagoa aerada e lodos ativados. XI SILUBESA – SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Anais. Rio Grande do Norte. 2004.
16. MUMIN, M. A.; KHON, M. M. R.; AKHTER, K. F.; UDDIN, M. J. Potentiality of open burnt clay as an absorbent for the removal of Congo Red from aqueous solution. *Int. Journal Environmental Science*, 4(4): 525-532. 2007.
17. PACHECO, J. R., PERALTA-ZAMORA, P. G. Integrações de processos físico-químicos e oxidativos avançados para remediação de percolado de aterro sanitário (chorume). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol 9, n° 4, 2004.
18. PIRES, J. A. Estudo de Barreira de Proteção com solo compactado em célula experimental no Aterro Sanitário de Rio das Ostras (RJ). Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UERJ, 90 p., 2007.
19. RITTER, E. e CAMPOS, J. C. Avaliação de sorção e difusão molecular de íons inorgânicos de chorume e da argila orgânica do Aterro Metropolitano de Gramacho (RJ). *Solos e Rochas*, 29 (11): 77-88, 2006.
20. RITTER, E.; MOTA, M. F. P.; CAMPOS, J., C.; VENTURA, M. A. Soil contamination profiles at Marambaia, M.S.W. Landfill, Brazil., 5th INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL GEOTECHNICS PROCEEDINGS. cd-rom. 2006.
21. ROSSI, M.; GIANAZZA, M.; ALAMPRESE, C.; STANGA F. The role of bleaching clays and synthetic silica in palm oil physical refining. *Food Chemistry*, 2003; 82: 291-296.
22. YONG, R., MOHAMED, A.M.O. and WARKENTIN, B.P. Principles of contaminant transport in soils, 1a ed., Amsterdam, Elsevier, 1992.