



Fitorremediação de solos contaminados com óleos lubrificantes usados: a identificação precoce de espécies capazes de fitoextração e acumulação de metais

Andressa Moreira de Souza¹, Sérgio Machado Corrêa², Marcia Marques Gomes³, Christiane Rosas Chafim Aguiar³

¹Embrapa Agroindústria de Alimentos (andressa@ctaa.embrapa.br)

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro (sergiomc@uerj.br)

³ Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (marciam@uerj.br)

Resumo

No Brasil, a logística de coleta de óleo lubrificante usado é regulamentado pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). No entanto, há risco de contaminação ambiental durante o transporte, armazenamento, reciclagem e disposição final de resíduos. Este estudo teve como objetivo verificar se a capacidade de fitoextração e acumulação de metais em solos contaminados com óleo lubrificante usado pode ser avaliada em estágio inicial de desenvolvimento de mudas, como um método de triagem para futuros estudos de fitorremediação. Foram estudadas espécies com potencial fitorremediador e tolerante com a presença de óleo em estudos anteriores segundo andar do grupo de pesquisa de Bioprocessos - girassol, soja, mamona e acácia -, além de amendoim e nabo forrageiro. O girassol teve um desempenho aparentemente superior de remoção para a maioria dos metais testados, como previsto na literatura. A forragem nabo, da mesma forma que a germinação, obtiveram melhores resultados na remoção de metais, em comparação com amendoins. A acácia, uma espécie de desenvolvimento lento, produziu pouca biomassa no período inicial de crescimento, o que dificulta a quantificação de metais. Somente a biomassa produzida em meio com óleo de 0,5% foi utilizado. O girassol e nabo forrageiro parecem ser tolerantes com a presença de óleo lubrificante usado e mostraram as melhores taxas de remoção de metais em concentrações de 4-8% nos estágios iniciais de crescimento da planta, o que sugere que é de espécies com grande potencial para fitorremediação de áreas multicontaminadas.

Palavras-chave: Fitorremediação. Solo contaminado. Óleo lubrificante usado.

Área Temática: Tecnologias Ambientais



1 Introdução

A questão da reciclagem de óleos lubrificantes usados, ganha cada vez mais espaço no contexto da conservação ambiental. Nos países desenvolvidos, a coleta de óleos usados é geralmente tratada como uma necessidade de proteção ambiental. Na França e na Itália, um imposto sobre os óleos lubrificantes custeia a coleta dos mesmos. Em outros países, esse suporte vem de impostos para tratamento de resíduos em geral. Nos Estados Unidos e Canadá, ao contrário do que ocorre no Brasil, normalmente é o gerador do óleo usado quem paga ao coletor pela retirada do mesmo.

Segundo McCutcheon & Schonoor (2003), as plantas podem remediar poluentes por meio de mecanismos básicos (Quadro 1):

Quadro 1 – Estratégias em fitorremediação

Tipo	Destino dos contaminantes
Fitoextração	Absorção do solo e armazenamento nas raízes ou em outros tecidos, sem modificação; o descarte do material contaminado é facilitado;
Fitotransformação	Absorção e bioconversão do contaminante em formas menos tóxicas nas raízes ou em outros tecidos vegetais (catabolismo ou anabolismo);
Fitovolatilização	Absorção e conversão do contaminante numa forma volátil, a qual é liberada na atmosfera;
Fitoestimulação ou rizodegradação	Estimulação da biodegradação microbiana através dos exudatos das raízes;
Rizofiltração	Absorção e concentração do contaminante nos tecidos vegetais e descarte eventual do material vegetal, apropriado para meios aquosos;
Fitoestabilização	Imobilização, lignificação ou humificação do contaminante no solo.

Fonte: Pletsch *et al.*, 1999.

O óleo lubrificante usado, que é recolhido nas operações de troca de óleo nos postos de combustíveis e transportado em caminhões para empresas recicladoras, sendo então processado e adicionado em parte ao óleo lubrificante novo, representa uma das possíveis fontes de contaminação de solos e lençóis freáticos por compostos orgânicos e metais. A fitorremediação é uma das possíveis estratégias de recuperação de áreas contaminadas que requer investigação mais detalhada.

O presente estudo teve como objetivo principal avaliar a tolerância de espécies vegetais selecionadas à presença de óleo lubrificante usado no solo e a capacidade de fitoacumular metais em um estágio ainda inicial do crescimento vegetal, características a serem utilizadas em *screening* para seleção de espécies em projetos de fitorremediação de áreas multicontaminadas (no presente caso metais). Ou seja, diagnosticar precocemente, espécies potencialmente fitoacumuladoras. Verificando se ocorre ou não, fitoacumulação em um estágio precoce, uma vez que, não há relatado na literatura, diagnósticos de investigação precoce.

Espécies avaliadas: acácia (*Acacia mangium*), amendoim (*Arachis hypogaea*), girassol (*Helianthus annuus*), mamona (*Ricinus communis*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e soja (*Glycine max*) frente a diferentes concentrações do contaminante óleo lubrificante usado (0 a 8%).

2 Metodologia

2.1 Planejamento Experimental

Foram definidas previamente, todas as tarefas e parâmetros de execução do experimento: local (Seropédica, RJ); início do experimento (15/05/08); solo (areia esterilizada); contaminante (óleo lubrificante usado); espécies (acácia, amendoim, girassol, mamona, nabo forrageiro e soja); concentrações do contaminante no experimento (7);



marmitex (vasilhames); quantidade de sementes por marmitex (30 sementes); número de repetições (6); tratamento das sementes antes da semeadura; datas de contagem de germinação precoce e tardia por espécie, coleta de material; separação das biomassas aérea e radicular; acondicionamento das biomassas em sacos de papel identificados; secagem das biomassas em estufa; término das atividades de campo (12/06/08).

2.2 Delineamento do Experimento

O Manual de Sementes, Regras Para Análise de Sementes (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1992), nos revela e elucida, questões como, escolha de substrato (no caso areia), quais procedimentos devem ser tomados para com o substrato, no caso da areia, esterilização. Contagem de dias, desde o 1º dia até a contagem final. Explicações para realização de quebra de dormência, de acordo com a espécie, como já citado ao longo do item materiais e métodos.

2.3 Escolha das Espécies

Com o objetivo de expandir o banco de dados de espécies fitorremediadoras tolerantes a petróleo e seus derivados, acácia, amendoim, mamona e nabo forrageiro, também foram selecionadas (i). Na seleção de espécies, sites como PhytoPet®, uma base de dados de plantas fitorremediadoras de petróleo, e EPA (Environmental Protection Agency) com o guia para fitorremediação, foram utilizados.

2.4 Cálculos de areia, óleo lubrificante usado e sementes

O experimento consistiu em sete concentrações de óleo lubrificante usado, contaminante, que foram 0% (controle), 0,1%, 0,5%, 2,0%, 4,0%, 6,0% e 8,0%. Foram realizadas repetições **n** (6) para cada concentração **c** (7) e espécie **i** (6).

Areia:

Utilizou-se 1,0 kg de areia em cada recipiente (**q**). Logo, foram utilizados 252 kg de areia em todo experimento (**Q**). Para garantir margem de perda de areia, os 252 kg foram acrescidos de 5%, o que levou a um total de 264,6 kg de areia contaminada expressa pela equação (1).

$$Q = (q \times i \times n \times c) + 5\% \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

Q – quantidade total de areia; q – quantidade de areia em cada recipiente; i – número de espécies; n – número de experimentos; c – concentrações de óleo.

Óleo lubrificante usado:

Foram calculadas as massas e volumes de óleo lubrificante para cada concentração (C). Logo, os 264,6 kg de areia foram divididos em 7 lotes (37,8 kg), para contaminação por concentração. Tendo o óleo lubrificante densidade (ρ) de $0,881 \text{ g cm}^{-3}$, os cálculos de massa e volume são expressos pelas equações (2) e (3), respectivamente.

$$\text{Óleo lubrificante}_{\text{massa}} = Q \times C \div 100 \text{ (percentual)} \quad \text{Equação (2)}$$

$$\text{Óleo lubrificante}_{\text{volume}} = \text{Óleo lubrificante}_{\text{massa}}(\text{g}) \div \rho (\text{g/cm}^3) \quad \text{Equação (3)}$$

Sementes:

As sementes foram cedidas pela Pesagro-Rio.

Foram semeadas 30 sementes por recipiente (s). Logo, foram utilizadas 1260 sementes por espécie, totalizando 7560 para as 6 espécies. Para casos de perda, adquirimos 5% a mais de sementes, totalizando 7938 sementes, levadas para tratamento térmico e ácido, para quebra de dormência. Os cálculos de quantidade de sementes utilizadas (S) e adquiridas foram realizados segundo as equações (4) e (5), respectivamente.

$$\text{Nº de sementes utilizadas (S)} = s \times i \times c \times n \quad \text{Equação (4)}$$



$$\text{N}^\circ \text{ de sementes adquiridas} = (s \times i \times c \times n) + 5\%$$

Equação (5)

Quebra de dormência

Quebra de dormência das sementes para: semear, conforme descrito em Regras para Análises de Sementes – Ministério da Agricultura (1992).

2.5 Montagem dos blocos

Os recipientes foram esterilizados com solução de hipoclorito de sódio a 2% e colocados para escorrer e secar. Após secagem, foram colocadas etiquetas de identificação, ex. (Gm_C0%_R1), sendo as duas letras iniciais, para identificar a espécie, a letra “C” seguida do número que indica a concentração, a letra “R” seguida do número que indica a repetição (bloco) e *underline* para separar os três parâmetros (espécie, concentração e repetição). As etiquetas foram escritas com grafite, por ser inerte, ou seja, não se apagou devido à irrigação e nem a irradiação solar. Alugou-se uma betoneira, para homogeneizar cada lote de areia, nas diferentes concentrações de contaminante (óleo lubrificante usado).

2.6 Quantificação de elementos inorgânicos

2.6.1 Método de digestão

Digestão nítrico-perclórica (DNP): utilizou-se a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995), com modificações. **Digestão em tubos com HNO₃ – HClO₄**: segundo Manual de métodos de análises de tecido vegetal, solo e calcário, Embrapa (2001).

2.6.2 Espectrofotometria de emissão ótica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)

Utilizou-se um espectrofotômetro de emissão ótica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), da Perkin-Elmer modelo OPTIMA 3000 e software ICP-Winlab. As condições de operação do aparelho foram: 1.500 w de potência, 15 L min⁻¹ de vazão de gás no plasma, 0,5 L min⁻¹ de vazão de gás auxiliar, 0,80 L min⁻¹ para nebulização, vazão de purga do gás normal, resolução normal, 3 leituras, tempo automático de leitura (1 a 10 segundos), 2,0 mL min⁻¹ de taxa de vazão da amostra, 4,0 mL min⁻¹ de taxa de fluxo de amostra, 55 segundos de intervalo de tempo de leitura.

2.7 Testes estatísticos

Os testes estatísticos foram realizados no *software STATSOFT STATISTICA Version8*.

Para realização do teste e entrada de dados no *software*, utilizou-se as seguintes identificações:

Concentração de óleo:

1 = 0%; 2 = 0,1%; 3 = 0,5%; 4 = 2,0%; 5 = 4,0%; 6 = 6,0% e 7 = 8,0%

Repetições por concentração:

(1, 2, 3, 4, 5 e 6)

3 Resultados e discussão

O óleo lubrificante arrasta todo tipo de impurezas geradas pelo desgaste dos componentes internos. Desta forma, faz-se necessário um acompanhamento das propriedades físico-químicas e dos teores de metais nos lubrificantes usados para determinar o momento apropriado de trocá-los. Além disso, pode-se monitorar o desgaste dos motores através dos teores de metais nos óleos usados.

A fluorescência de raio-X e ICP-OES, por exemplo, auxiliaram na escolha dos elementos inorgânicos a serem investigados na etapa de análise de remoção desses elementos. Verificou-se que alguns elementos inorgânicos como, enxofre, cálcio, zinco, ferro, fósforo e magnésio, apresentaram-se em altas concentrações. Ao passo que, elementos



inorgânicos como bário, cádmio e chumbo, ou foram encontrados em níveis menores do que esperados pela literatura, como já demonstrado anteriormente, ou não foram detectados. Em discussão posterior, no presente trabalho, verificam-se os níveis de remoção de elementos inorgânicos como, ferro, cádmio, níquel, cromo, cobre e chumbo que estão presentes no óleo em estudo, não foram detectados entre os elementos inorgânicos removidos. Para elementos inorgânicos, seguiu-se o método USEPA 6010B.

Não ocorreram diferenças significativas, no tratamento estatístico de elementos inorgânicos, entre as espécies ao longo das concentrações analisadas, 0,5 a 8%. Porém, quando avaliamos individualmente as espécies nas concentrações de 4 a 8%, no amendoim por exemplo, verifica-se diferença significativa para fósforo no teste de Tukey.

3.1 Caracterização do óleo lubrificante usado, utilizado no experimento

O óleo lubrificante usado, utilizado no presente estudo apresentou concentrações de elementos inorgânicos conforme Tabela 1.

Tabela 1- Concentrações de elementos inorgânicos encontrados no óleo lubrificante usado, utilizado no presente estudo e em diversos estudos.

Elementos inorgânicos (mg.kg ⁻¹)		Óleo lubrificante usado						
		Óleo A	Óleo B	Óleo C	Óleo D	Óleo E	Óleo F	
Metais	Micro-contaminantes ambientais	Al	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		Ba	9,3	4100	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		Cd	N.D.	9,4	N.A.	3	N.A.	N.A.
		Co	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		Cr	5,8	N.D.	24	6,5	10	21
		Cu	23,3*	N.A.	56	N.A.	28	17
		Fe	122,0*	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		Hg	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		Mn	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		Mo	5,0*	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		Ni	1,3	N.A.	N.A.	N.A.	1	N.A.
		Pb	26,6	110	13885	240	7000	7500
	Zn	465,0*	838	2500	480	1100	1500	
	Elementos essenciais	Ca	760,0*	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		K	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		Mg	281,4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		Na	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Semi-metal	Sb	N.D.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Ametais	P	440,8	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
S		4403	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	

N.A. = Não Analisado; N.D. = Não Detectado; * Média.

Onde:

Óleo A = Presente estudo

Óleo B = (DOMINGUEZ-ROSADO *et al.*, 2004)

Óleo C = (COTTON *et al.*, 1977)

Óleo D = (ATSDR, 1977)

Óleo E = (VAZQUEZ-DUHALT, 1989)

Óleo F = (RAYMOND *et al.*, 1975)

**3.2 Remoção de elementos inorgânicos e interpretação dos dados**

Foram analisadas 36 amostras, sendo que 6 delas, eram amostras controle. Ou seja, amostras de espécies não submetidas ao contaminante. Teoricamente, essas amostras não conteriam elementos inorgânicos, mas se caso apresentassem elementos inorgânicos devido à existência na própria semente ou solo não contaminado, foram descontados os valores encontrados nas amostras controle (Tabela 2), das amostras submetidas ao contaminante.

Tabela 2 – Resultado de análise das amostras controle.

Elementos inorgânicos mg.kg ⁻¹	Amostras (controle)						Certificada* (mg.kg ⁻¹)	Padrão** (mg.kg ⁻¹)	
	Ah 0%	Rc 0%	Ha 0%	Rs 0%	Ac 0%	Gm 0%			
Metais Micro-contaminantes ambientais	Al	204	394	513	640	315	307	233	214
	Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.A.	N.A.
	Co	2,36	5,94	13,2	10,9	10,9	3,44	N.A.	N.A.
	Cr	43	67,9	55,1	22,7	14,9	18,8	N.A.	N.A.
	Cu	11,1	9,99	29	13	15,7	16,6	4,42	4,3
	Fe	813	1491	2383	2657	1309	1073	55,8	55,9
	Mn	42,6	70,3	119	122	153	49,2	39,1	39,7
	Mo	4,29	1,91	1,97	1,08	N.D.	N.D.	N.A.	N.A.
	Ni	20,9	21,9	24,3	15,8	15,1	8,73	N.A.	N.A.
	Pb	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.A.	N.A.
Zn	54,7	44,3	103	84,4	63,2	38,3	8,43	8,7	
Elementos essenciais	Ca	736	1810	1830	2510	2790	1630	10200	10200
	K	5610	4008	5130	3780	10920	18120	N.A.	N.A.
	Mg	2000	3120	2900	2460	2400	2220	1920	1910
	Na	600	1110	2460	9120	3840	1032	N.A.	N.A.
Ametais	P	4200	4530	4010	3160	1670	4580	1130	1120
	S	2143	1713	2837	10315	2423	2223	N.A.	N.A.

Ac = acácia; Ah = amendoim; Gm = soja; Ha = girassol; Rc = mamona; Rs = nabo forrageiro; N.A. = Não Analisado; N.D. = Não Detectado; * Resultado da análise certificada através de padrão; ** Padrão utilizado na análise certificada.

Dados da remoção dos elementos inorgânicos

O amendoim apresentou os melhores índices de biomassa. Logo, observa-se maior quantidade de resultados entre repetições para essa espécie, como se demonstra na Tabela 3. Através da mesma tabela, observa-se que não existe uma linearidade na remoção dos elementos inorgânicos, com relação à concentração de óleo, mas existe uma tendência na presença de maior quantidade e variedade de elementos inorgânicos, nas concentrações intermediária e mais elevada. Apesar do fato de que nessas concentrações a biomassa se encontrar em menor escala. Esse fato, pode ser observado em amendoim 6%, para Cu, P, Ca e Mg com remoção de 1,1 mg.kg⁻¹, 1310 mg.kg⁻¹, 203 mg.kg⁻¹, 750 mg.kg⁻¹, respectivamente. E para amendoim 8%, para S, K e Na com remoção de 669 mg.kg⁻¹, 2100 mg.kg⁻¹, 683 mg.kg⁻¹, respectivamente. O mesmo pode ser observado para girassol 6%, em P, Mg e K 2910 mg.kg⁻¹, 1040 mg.kg⁻¹ e 2850 mg.kg⁻¹, respectivamente. Bem como, nabo forrageiro 6% com remoção de 1748 mg.kg⁻¹ (Al), 1,26 mg.kg⁻¹ (Mo), 1680 mg.kg⁻¹ (P), 630 mg.kg⁻¹ (Ca), 450 mg.kg⁻¹ (Mg), 4957 mg.kg⁻¹ (S) e 540 mg.kg⁻¹ (K). Já a mamona, não seguiu o mesmo comportamento. Ou seja, a mamona 4% removeu mais quantidade de elementos inorgânicos do que a mamona 6%, pressupõe-se que a própria tolerância a 4% fosse maior, devido ao número de repetições alcançados em 4%, 4 repetições, e o número de repetições alcançados em 6%, 1 repetição (SOUZA, 2009).



Tabela 3 – Remoção de elementos inorgânicos em diversas concentrações de contaminantes.

Espécies	Elementos inorgânicos (mg.kg ⁻¹)										
	Al	Cu	Mn	Zn	Mo	P	Ca	Mg	S	K	Na
Ah 4%	148	-	-	161,3	-	120	70	70	504	-	30
Ah 4%	613	1,2	-	195,3	-	150	70	60	126	-	-
Ah 4%	67	0,3	-	55,3	-	-	-	-	-	-	-
Ah 4%	209	-	-	104,3	-	370	43	80	344	-	92
Ah 4%	106	-	-	95,3	-	340	-	-	112	-	20
Ah 4%	195	0,6	-	85,3	-	-	-	-	-	-	-
Ah 6%	363	1,1	-	181,3	-	1310	203	750	310	-	24
Ah 6%	267	0,7	-	58,3	-	470	138	430	-	-	-
Ah 6%	324	0,1	-	100,3	-	620	5	60	179	1410	378
Ah 6%	336	-	-	96,3	-	400	-	30	378	-	97
Ah 6%	71	0,8	-	63,3	-	980	-	190	92	1800	394
Ah 6%	432	-	-	120,3	-	180	84	70	175	1170	343
Ah 8%	324	-	-	87,3	-	530	11	20	669	1020	519
Ah 8%	-	-	-	39,9	-	-	-	-	-	1080	163
Ah 8%	77	0,9	-	88,3	-	670	-	100	630	2100	683
Ah 8%	186	1,1	-	66,3	-	360	-	-	446	-	90
Rc 4%	600	-	-	212,7	-	130	310	-	-	-	-
Rc 4%	284	3,41	-	149,7	-	1470	830	310	217	294	-
Rc 4%	484	-	-	177,7	-	310	730	-	-	-	-
Rc 4%	335	0,31	-	96,7	-	760	1590	-	425	-	-
Rc 6%	30	-	-	74,7	-	80	20	-	3	-	-
Ha 4%	1320	-	25	1098	-	970	1670	800	-	1410	-
Ha 4%	2812	-	2	779	0,32	2060	1150	1020	213	2220	-
Ha 4%	1545	-	3	780	-	1540	1080	840	339	2130	-
Ha 6%	1171	-	-	518	-	2780	550	1040	-	2850	-
Ha 6%	1188	-	-	162	-	2910	70	480	-	2310	-
Rs 4%	1524	-	-	545,6	-	880	420	270	2776	522	-
Rs 6%	1748	-	-	437,6	1,26	1680	630	450	4957	540	-
Ac 0,5%	1747	-	15	117,8	-	380	-	-	1019	-	-
Gm 2%	285	-	-	50,3	-	660	-	-	783	-	1657

Ac = acácia; Ah = amendoim; Gm = soja; Ha = girassol; Rc = mamona; Rs = nabo forrageiro.

4 Conclusões

A fitorremediação é uma das possíveis estratégias de recuperação de áreas contaminadas com óleo lubrificante usado, que é recolhido nas operações de troca de óleo nos postos de combustíveis e transportado em caminhões para empresas recicladoras e requer investigação mais detalhada.

Nas espécies estudadas, os resultados sugerem uma superioridade do girassol em acumular elementos inorgânicos, como metais entre outros, seguido do nabo forrageiro quando comparadas às demais espécies (amendoim e mamona), na presença de concentrações semelhantes de óleo.

O presente estudo ilustrou o potencial de fitorremediação das espécies estudadas (acácia, amendoim, girassol, mamona, nabo forrageiro e soja), bem como o nível de tolerância a concentrações crescentes do contaminante em foco (de 0,5 a 8,0% de óleo lubrificante usado) e a possibilidade de diferenciação da capacidade de fitoacumulação de elementos inorgânicos, como metais entre outros, em fase inicial do crescimento vegetal.

Finalmente, conclui-se que assim como taxa de germinação e produção de biomassa, a fitoacumulação de elementos inorgânicos, como metais entre outros, em fase inicial do desenvolvimento da planta pode ser utilizada em programas de *screening* para seleção de espécies com maior potencial fitorremediador para remoção de metais e outros elementos inorgânicos, de solos contaminados com metais apenas ou solos multi-contaminados (ex: elementos inorgânicos, como metais entre outros e hidrocarbonetos de petróleo).



Referências

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). (1997). **Toxicological profile for used mineral-based crankcase oil**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service <www.atsdr.cdc.gov/tfacts102.html> apud DOMINGUEZ-ROSADO E.; PICHTEL J.; COUGHLIN M. Phytoremediation of soil contaminated with used motor oil: I. enhanced microbial activities from laboratory and growth chamber studies. **Environmental Engineering Science**, v.21, n. 2, 2004.

COTTON, FO.; WHISMSN, ML.; GOWTZINGER, SW.; REYNOLDS, JW. Analysis of 30 used motor oils. **Hydro. Proc.**, 131, 1977 apud DOMINGUEZ-ROSADO E.; PICHTEL J.; COUGHLIN M. Phytoremediation of soil contaminated with used motor oil: I. enhanced microbial activities from laboratory and growth chamber studies. **Environmental Engineering Science**, v.21, n. 2, 2004.

DOMINGUEZ-ROSADO E.; PICHTEL J.; COUGHLIN M. Phytoremediation of soil contaminated with used motor oil: I. enhanced microbial activities from laboratory and growth chamber studies. **Environmental Engineering Science**, v.21, n. 2, 2004.

MCCUTCHEON, S.C. & SCHONOR, J.L. **Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants**. John Wiley & Sons (Eds.). New Jersey, 2003, 987p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES**. Equipe Técnica de sementes e Mudanças. Impresso na seção de Produção da ABCAR, 1992.

PLETSCH M.; CHARLWOOD BV.; ARAÚJO BS. Fitorremediação da águas e solos poluídos. **Biociência**. 11, 26, 1999.

RAYMOND RL.; HUDSON JO.; JAMISON VW. Oil degradation in soil. **Appl. Environ. Microbiol.** 31, p.522, 1975 apud DOMINGUEZ-ROSADO E.; PICHTEL J.; COUGHLIN M. Phytoremediation of soil contaminated with used motor oil: I. enhanced microbial activities from laboratory and growth chamber studies. **Environmental Engineering Science**, v.21, n. 2, 2004.

SOUZA AM. **Fitorremediação de solos contaminados com óleos lubrificantes usados**. Dissertação de Mestrado, UERJ 2009.

TEDESCO MJ.; GIANELLO C.; BISSANI CA.; BOHNEN H.; VOLKWEISS SJ. **Análise de solo, plantas e outros materiais**, 2a ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia. 174p, (Boletim técnico 5), 1995.

U.S.EPA - **UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. METHOD 6010B** - Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

VAZQUEZ-DUHALT R. Environmental impact of used motor oil. **Sci. Total Environ.** 1, p.79, 1989 apud Dominguez-Rosado E.; Pichtel J.; Coughlin M. Phytoremediation of soil contaminated with used motor oil: I. enhanced microbial activities from laboratory and growth chamber studies. **Environmental Engineering Science**, v.21, n.2, 2004.