

## ***Efeitos associados ao descarte inadequado do óleo vegetal residual nas propriedades físico-químicas do solo***

Quando lançado diretamente no solo, o óleo vegetal residual (OVR) ocupa os espaços que naturalmente seriam ocupados pela água e pelo ar, provocando a sua impermeabilização. Adicionalmente, a fauna e a flora deste local ficam impedidas de absorver os nutrientes, bem como as sementes não conseguem germinar o que torna o solo impróprio para o cultivo. Dependendo das características físico-químicas do solo e outras características como relevo e regime pluviométrico, o OVR pode migrar deste e atingir corpos hídricos e até mesmo o lençol freático. O presente trabalho avaliou os impactos associados ao descarte inadequado do OVR em propriedades físico-químicas de dois solos com texturas distintas (um arenoso e outro argiloso) em colunas de lixiviação. Os resultados mostram que o tratamento com 20 mL de OVR em solo arenoso, provocou maior impacto em 50% dos parâmetros analisados. O tratamento com 26 mL do OVR, em solo argiloso, provocou maior impacto em 67% dos parâmetros analisados. Portanto, o OVR mostrou-se como um resíduo de potencial contaminante se for disposto indevidamente sobre os dois tipos de solo, o que pode provocar impactos negativos não só no solo, mas também nas plantas cultivadas e na água subterrânea.

**Palavras-chave:** Óleos vegetais residuais; Resíduos sólidos; Solo; Contaminação.

## ***Effects associated with incorrect disposal of residual vegetable oil on soil physical and chemical properties***

When released directly into soil, residual vegetable oil (OVR) occupies the spaces that would naturally be occupied by water and air, causing its waterproofing. Additionally, the fauna and flora of this place are prevented from absorbing nutrients, and the seeds cannot germinate which makes soil unsuitable for cultivation. Depending on the physicochemical characteristics of soil and other features such as relief and rainfall, OVR can migrate from it and reach water bodies and even the water table. The present work evaluated the impacts associated with improper disposal of OVR on some physicochemical properties of two soils with distinct textures (one sandy and the other clayey) in leaching columns. The results show that the treatment with 20 mL of OVR in sandy soil had greater impact in 50% of the analyzed parameters. Treatment with 26 mL of OVR in clay soil had a greater impact on 67% of the analyzed parameters. Therefore, OVR has proved to be a potentially contaminating residue if improperly disposed on both types of soil, which can have negative impacts not only in soil but also on cultivated plants and groundwater.

**Keywords:** Residual vegetable oils; Solid waste; Soil; Contamination.

Topic: **Química Agrícola e Ambiental**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **11/07/2020**

Approved: **22/10/2020**

**Sérgio Thode Filho** 

Instituto Federal do Rio de Janeiro, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7507840881897842>  
<http://orcid.org/0000-0001-6669-2677>  
[sergio.thode@ifrrj.edu.br](mailto:sergio.thode@ifrrj.edu.br)

**Mônica Regina da Costa Marques Calderari** 

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7254844415865063>  
<http://orcid.org/0000-0001-6906-8327>  
[monicamarques@uerj.br](mailto:monicamarques@uerj.br)

**Daniel Vidal Perez** 

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8006865596138564>  
<http://orcid.org/0000-0001-9603-2397>  
[daniel.perez@embrapa.br](mailto:daniel.perez@embrapa.br)

**Julieta Laudelina de Paiva** 

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4744351814824760>  
<http://orcid.org/0000-0003-3264-783X>  
[paivaj@gmail.com](mailto:paivaj@gmail.com)

**Paulo Sérgio Alves de Souza** 

Fundação Osorio, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4630686694329165>  
<http://orcid.org/0000-0003-1845-9330>  
[paulosouza.fo@gmail.com](mailto:paulosouza.fo@gmail.com)

**Alexandre Andrade Cerqueira** 

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2622295992000262>  
<http://orcid.org/0000-0003-0099-1273>  
[alancer40@gmail.com](mailto:alancer40@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2237-9290.2020.003.0004

### **Referencing this:**

THODE FILHO, S.; CALDERARI, M. R. C. M.; PÉREZ, D. V.; PAIVA, J. L.; SOUZA, P. S. A.; CERQUEIRA, A. A.. Efeitos associados ao descarte inadequado do óleo vegetal residual nas propriedades físico-químicas do solo. **Natural Resources**, v.10, n.3, p.25-37, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2020.003.0004>

## **INTRODUÇÃO**

No Brasil, estima-se que são produzidas 209.280 toneladas de lixo diariamente. Deste total, 90,4% é coletado, entretanto apenas 58,26% tem destinação adequada e aterros sanitários. O restante é encaminhado a lixões ou aos chamados aterros controlados (ABRELPE, 2014; IPEA, 2012). O óleo vegetal pós-consumo, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei nº 12.305/10) é caracterizado como resíduo sólido (BRASIL, 2010).

No Brasil são produzidos cerca de três bilhões de litros de óleo vegetal comestível por ano. Deste total, apenas 2,5% é coletado e reutilizado por empresas ou organização não governamentais. O restante é descartado inadequadamente junto com o esgoto doméstico ou com o lixo domiciliar dentro de frascos de plástico ou vidro. Este descarte junto com o lixo domiciliar pode levar a contaminação do solo e dos recursos hídricos.

Além de ser o habitat de microrganismos, plantas e animais o solo é responsável ainda pelo ciclo dos nutrientes, por manter o balanço oxigênio/dióxido de carbono na atmosfera e é o destino de grande parte dos resíduos produzidos, principalmente petróleo, óleos e borras oleosas e fluidos em geral (LOUREIRO et al., 2005).

Em função do uso inadequado pelo homem, o solo, como recurso natural dinâmico é passível de ser degradado. Nessas condições o desempenho de suas funções básicas fica severamente prejudicado, o que acarreta em interferências negativas no equilíbrio ambiental, diminuindo drasticamente a qualidade vida nos ecossistemas, principalmente naqueles que sofrem mais diretamente a interferência humana como os sistemas agrícolas e urbanos (BAIRD, 2002)

Quando lançado diretamente no solo, o óleo vegetal usado ocupa os espaços que naturalmente são ocupados pela água e pelo ar, provocando sua impermeabilização e, conseqüentemente, a aniquilação da fauna e flora ali existente. A impermeabilização do solo impede a germinação das sementes tornando o solo impróprio para o cultivo (THODE FILHO et al., 2014).

A recuperação da fertilidade do solo é custosa e difícil (SABESP, 2011; GALBIATI, 2015). Outro aspecto a ser considerado é que, ao ser lançado no solo, o óleo entra em contato direto com a água que se infiltra pelos poros e/ou escoar superficialmente. Dependendo das características físico-químicas do solo, assim como, relevo e regime pluviométrico, o óleo pode migrar e atingir corpos hídricos superficiais e até mesmo o lençol freático (SILVA et al., 2007).

Existem poucos trabalhos em que o impacto do óleo vegetal foi avaliado isoladamente em solo, caracterizando-o apenas por sua utilização como adjuvante, isto é, adicionados às caldas de pulverizações para algumas culturas de plantio. Exercendo o papel de adjuvante, os óleos favorecem o espalhamento e a absorção, reduzindo a degradação do ingrediente ativo (MENDONÇA et al., 2007).

Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar os impactos ambientais associados ao descarte inadequado do óleo vegetal residual (OVR) em dois tipos de solos (um com textura arenoso e um com textura argilosa), através da análise da mobilidade do OVR e seus efeitos sobre as características físico-química do

solo em estudos de coluna de lixiviação.

## METODOLOGIA

### Coleta das amostras do óleo vegetal residual (OVR)

As amostras do óleo vegetal residual (OVR) utilizadas neste estudo foram coletadas do posto de entrega voluntária do Instituto Federal de Educação, Ciência Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ-Duque de Caxias, RJ). No momento da coleta, o OVR foi filtrado em tecido de algodão para remoção de sólidos, em seguida, acondicionado em um recipiente de 20 L para decantação das partículas menores. O OVR utilizado nos experimentos foi o sobrenadante resultante do repouso pelo período de 30 dias no tanque de decantação.

### Coleta e caracterização físico-química dos solos

Foram utilizados dois tipos de solos coletados em um horizonte de 0-20 cm, um deles com textura arenosa coletado no Município de Resende, região Sul do Estado do Rio de Janeiro e o outro com textura argilosa, coletado no Município de Seropédica região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. Os solos utilizados no presente estudo foram caracterizados de acordo com as metodologias descritas no Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 2006). Os resultados estão apresentados na Tabela 1:

**Tabela 1:** Caracterização físico-química dos solos arenoso e argiloso

Textura do solo	pH H <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	T	P	V	C. Org.	N
		----- cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----									mg.dm <sup>-3</sup>	-----%-----	
<b>Arenoso</b>	7,4	5,0	2,2	1,3	0,3	8,8	0,0	0,0	8,8	0,4	100	17,9	1,8
<b>Argiloso</b>	5,3	2,9	0,5	0,13	0,17	3,7	0,3	3,0	7,0	3,0	55	4,8	0,5

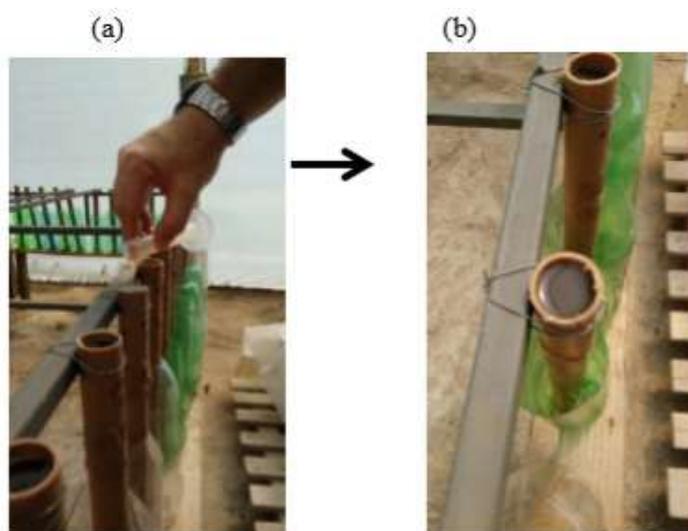
Legenda: pH H<sub>2</sub>O = pH em água; Ca<sup>2+</sup> = Cálcio; Mg<sup>2+</sup> = Magnésio; K<sup>+</sup> = Potássio; Na<sup>+</sup> = Sódio; S = Soma das bases; Al<sup>3+</sup> = Alumínio; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = Hidrogênio + Alumínio; T= Capacidade de troca de cátions; P = Fósforo; V% = Saturação por bases; C.Org. = Carbono Orgânico; N = Nitrogênio.

### Ensaio de lixiviação com colunas de solo em casa de vegetação

Os ensaios com colunas de lixiviação foram realizados em casa de vegetação com o objetivo de avaliar o impacto ambiental no solo do OVR, a partir de sua lixiviação para camadas mais profundas e, eventualmente, para águas subterrâneas, seguindo o método proposto pela norma OECD 312 (OECD, 2004) – Lixiviação em colunas de solo – adaptada. A água foi introduzida através da aspersão de chuva artificial (com CaCl<sub>2</sub>).

Foram confeccionadas colunas de PVC, com 40 cm de altura e 1” de diâmetro, segmentadas em 4 seções de 10 cm. As colunas foram preenchidas até a altura de 35 cm, com o solo seco ao ar por 24 horas, destorroado e passado em peneira de 2 mm, sendo 273,56 g de solo arenoso e 257,13 g de solo argiloso por coluna. Após o preenchimento, as extremidades foram lacradas com papel alumínio e mantidas em repouso

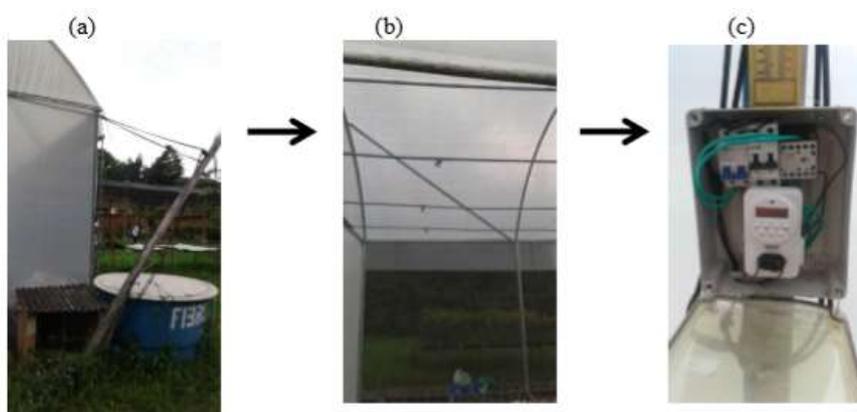
por 30 dias para acomodação dos agregados do solo, objetivando uma empacotação próxima ou igual à encontrada em campo. Após o período de acomodação, cada coluna foi colocada dentro de um recipiente preenchido com água destilada até 2/3 de sua altura (26,66 cm), onde ficaram em repouso durante 36 horas a fim promover a saturação do solo, após esse período, retirou-se o recipiente para drenar o excesso de água, permanecendo durante 72 horas até atingir a capacidade de campo (SOUZA, 2015). Com o solo em sua capacidade de campo, contaminou-se as colunas individualmente, aplicando o OVR com o auxílio de uma proveta graduada (Figura 1).



**Figura 1:** Contaminação das colunas de solo. (a) Contaminação das colunas de solo arenoso. (b) Contaminação das colunas de solo argiloso.

Adicionalmente, colocou-se lã de vidro na parte superior da coluna, visando proporcionar melhor distribuição da chuva artificial aplicada no solo. Em seguida as colunas foram dispostas sobre garrafas coletoras para recolhimento dos percolados. Cada sistema (coluna + garrafa coletora) foi fixado em uma estrutura metálica.

A chuva artificial, uma solução  $\text{CaCl}_2$  a  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  foi aplicada por um sistema automatizado de irrigação por aspersão continuamente sobre a superfície das colunas, em uma taxa de 287 mm de chuva por um período de 48 horas (Figura 2). Esta taxa corresponde ao índice médio de precipitação dos últimos dez anos no Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 2:** Chuva artificial com  $\text{CaCl}_2$  aplicada por um sistema automatizado de irrigação por aspersão. (a) Casa de vegetação onde foram alocadas as colunas; (b) Sistema de aspersão da chuva artificial; (c) Monitoramento automatizado do sistema programado para 48 horas.

Após o término do ensaio de lixiviação (48 horas), as colunas foram desmontadas, separadas e o solo de cada seção coletado e seco ao ar por 10 dias em casa de vegetação, peneiradas em malha 2 mm e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e encaminhadas para análise dos seguintes parâmetros: pH em água, cálcio, magnésio, potássio, sódio, alumínio, hidrogênio, fósforo, carbono orgânico e nitrogênio total.

Foi adotado o delineamento experimental *inteiramente casualizado*, com cinco ensaios (4 diferentes dosagens de OVR e 1 controle, sem adição de OVR) e três repetições (5x3) para ambos os solos, totalizando 15 colunas para cada textura de solo, por tratamento. Para o solo arenoso as dosagens empregadas foram: 20, 10, 4 e 2 mL de OVR (grupo teste) e sem OVR (grupo controle). Para o solo argiloso foram: 26, 10, 4 e 2 mL (grupo teste) e sem OVR (grupo controle). O volume máximo de OVR para cada tipo de solo foi definido considerando a sua saturação e impermeabilização (THODE FILHO et al., 2017).

### **Tratamento estatístico dos dados**

Para todos os experimentos deste estudo foram realizados o teste de pressuposição (teste de normalidade e teste de homogeneidade de variância). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 (5% de probabilidade) entre elas (MILLER et al., 1993).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Ensaio de lixiviação com colunas de solo em casa de vegetação**

Comparando-se os valores de pH do solo arenoso contaminados com diferentes dosagens de OVR após a lixiviação da chuva artificial (Tabela 2) com o controle e com as propriedades físico-química do solo antes da lixiviação (Tabela 1), nota-se que a presença do cloreto de cálcio, promoveu uma leve redução do pH (7,4 para 7,2). Percebe-se, ainda, ocorreu elevação no teor de P e como esperado nos teores de  $Ca^{2+}$  com redução nos teores de  $K^+$ ,  $Na^+$  e N. Para o solo controle argiloso (Tabela 3), após a lixiviação, houve elevação nos teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  P e N, bem como pH e redução nos teores de Na,  $Al^{3+}$  e N. Alterações nos níveis de pH influenciam diretamente a disponibilidade dos nutrientes no solo (SPOSITO, 2008).

No caso dos solos argilosos, há uma deficiência na disponibilidade de P por causa da formação de fosfato de cálcio que é insolúvel e não aproveitável para as plantas (WILLIAMSON et al., 2013). Conforme observado no grupo controle dos solos lixiviados (Tabelas 2 e 3) e nos solos do grupo controle inicial sem lixiviação (Tabela 1) os valores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  para ambos os solos apresentaram elevação provocando a redução dos teores de  $Al^{3+}$ .

O nitrogênio (N) é mais bem aproveitado pela planta em solos com pH acima de 5,5. Sendo que a disponibilidade máxima de N se encontra em pH entre 6 e 6,5 (URQUIAGA et al., 2000). Esta afirmação justifica os resultados encontrados no presente estudo para este elemento em ambos os solos, sendo que, no solo arenoso cujo pH apresentou-se levemente alcalino, o teor de N foi menor. No solo argiloso a elevação

do pH culminou com o aumento do teor de N. Para fósforo a melhor disponibilidade para as plantas está em pH entre 6 a 6,5. Já o potássio é melhor aproveitado em pH do solo maior que 5,5 (ROLIM NETO et al., 2004).

**Tabela 2:** Análise química do solo arenoso pós coluna de lixiviação com diferentes doses e seções.

Seção	0-10 (cm)					10-20 (cm)					20-30 (cm)					30-40 (cm)				
Dosagem em Parâmetro	C	2 mL	4 mL	10 mL	20 mL	C	2 mL	4 mL	10 mL	20 mL	C	2 mL	4 mL	10 mL	20 mL	C	2 mL	4 mL	10 mL	20 mL
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	7,2 Aa	6,3 Ba	6,1 Ca	6,0 Da	5,8 Ea	7,2 Aa	6,3 Ba	6,4 Cb	6,2 Db	5,5 Eb	7,2 Aa	7,0 Bc	6,8 Cc	6,9 Dc	6,5 Ec	7,2 Aa	7,0 Bc	6,9 Cd	7,0 Dd	6,5 Ec
Ca <sup>2+</sup>	6,4 Aa	6,3 Ba	6,2 Ca	5,6 Da	5,2 Ea	6,4 Aa	7,0 Bb	6,7 Cb	6,0 Db	5,4 Eb	6,2 Ab	7,0 Bb	6,6 Cc	6,5 Dc	6,4 Ec	6,2 Ab	7,0 Bb	6,6 Cc	6,5 Dc	6,4 Ec
Mg <sup>2+</sup>	2,1 Aa	1,1 Ba	1,0 Ca	1,6 Da	1,3 Ea	2,2 Ab	1,7 Bb	1,3 Cb	1,0 Db	1,3 Ea	2,7 Ac	2,0 Bc	1,2 Cc	1,4 Dc	1,9 Eb	2,6 Ad	2,0 Bc	1,1 Ba	1,7 Dd	1,7 Ec
K <sup>+</sup>	0,3 1A a	0,4 6B a	0,2 6C a	0,5 1D a	0,4 9E a	0,3 6A b	0,3 8B b	0,3 3C b	0,4 4D b	0,4 6E b	0,5 1A c	0,5 2B c	0,4 9C c	0,7 4D c	0,6 7E c	0,8 2A d	1,0 0B d	0,4 4C d	0,9 0D d	0,8 6E d
Na <sup>+</sup>	0,0 4A a	0,0 6B a	0,0 7C a	0,0 5D a	0,0 5D a	0,0 4A a	0,0 6B a	0,0 7C a	0,0 5D a	0,0 5D a	0,0 3A a	0,0 6C a	0,0 6C a	0,0 5D a	0,0 5D a	0,0 3A a	0,0 5D a	0,0 5D a	0,0 5D a	0,0 5D a
Al <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	4,5 Aa	6,7 Ba	7,3 Ca	4,0 Da	10,4 4E a	4,6 Ab	4,5 Bb	4,0 Cb	3,5 Db	7,9 Eb	2,3 Ac	4,2 Bc	3,5 Cc	3,4 Dc	4,1 Ec	2,3 Ac	4,2 Bc	3,6 Cd	3,4 Dc	4,0 Ed
P	23 Aa	20 Ba	16 Ca	22 Da	14 Ea	58 Aa	25 Ba	21 Ca	20 Da	17 Ea	53 Aa	24 Ba	13 Ca	22 Da	21 Ea	53 Aa	20 Ba	20 Ca	23 Da	18 Ea
V	68 Aa	62 Ba	60 Ca	57 Da	47 Ea	67 Ab	68 Bb	67 Cb	70 Db	49 Eb	80 Ac	68 Bb	70 Cc	61 Dc	69 Ec	80 Ac	70 Bc	69 Cd	61 Dc	71 Ed
C.Org.	3,9 Aa	3,1 Aa	6,0 Aa	2,9 Aa	7,1 Aa	2,9 Aa	3,6 Aa	3,5 Aa	3,2 Aa	7,2 Aa	4,1 Aa	2,8 Aa	3,3 Aa	2,0 Aa	2,9 Aa	3,3 Aa	3,3 Aa	3,1 Aa	2,2 Aa	2,4 Aa
N	0,1 1A a	0,1 4A a	0,1 1A a	0,0 9A a	0,1 1A a	0,1 0A a	0,1 1A a	0,1 2A a	0,1 1A a	0,1 1A a	0,1 1A a	0,1 1A a	0,1 0A a	0,1 2A a	0,1 3A a	0,1 1A a	0,1 2A a	0,1 5A a	0,1 3A a	0,1 2A a

Legenda: pH H<sub>2</sub>O = pH em água; Ca<sup>2+</sup> = Cálcio; Mg<sup>2+</sup> = Magnésio; K<sup>+</sup> = Potássio; Na<sup>+</sup> = Sódio; S = Soma das bases; Al<sup>3+</sup> = Alumínio; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = Hidrogênio + Alumínio; P = Fósforo; V = Saturação por bases; C.Org. = Carbono Orgânico; N = Nitrogênio. Médias seguidas de letra maiúscula na seção avalia os diferentes tratamentos. Médias seguidas de letra minúscula na linha compara o tratamento entre as seções. Médias seguidas de mesma letra maiúscula ou minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey p < 0,05 de probabilidade.

Diante do exposto, verifica-se que as alterações nos teores de pH provocaram modificações na disponibilidade dos nutrientes após a inserção do  $\text{CaCl}_2$ . Em relação aos teores de P, em ambos os solos, a elevação do teor pode estar relacionada a menor disponibilidade de  $\text{Al}^{3+}$ . Novais et al. (1999) relatam que a acidificação dos solos ocorre de modo especial, em regiões tropicais úmidas e deve-se à substituição de cátions trocáveis por íons  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  no complexo de troca, absorção de cátions básicos pelas plantas e, também, pelo uso de fertilizantes de caráter ácido. O  $\text{Al}^{3+}$  em concentração elevada, além de ser tóxico às plantas, interfere na disponibilidade de outros nutrientes, principalmente na solubilidade do fósforo no solo, que, em solos ácidos, tende a reagir com o alumínio solúvel, formando fosfatos de alumínio de baixa solubilidade.

Existem evidências de que a disponibilidade de P em solos ácidos altamente intemperizados é gerida, principalmente, pelo fosfato ligado a alumínio, que aparentemente é a forma mais disponível de P no solo, comparando-se às demais formas no solo. Os cátions ficam retidos em escala de força na superfície das partículas de argila, na seguinte ordem decrescente:  $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+$  (ALLEONI et al., 2009). O potássio e o sódio por apresentarem menor energia de adsorção são facilmente lixiviados. Tal fato pode justificar o ocorrido no presente estudo, onde observou-se redução de tais elementos no solo arenoso. Já no solo argiloso, essa redução ocorreu somente para o sódio (Tabela 3), considerando que tal textura apresenta maior teor de argila. Justifica-se, portanto a manutenção do teor de potássio, admitindo-se que para o solo argiloso à superfície específica é elevada quando comparada ao arenoso, disponibilizando assim, maior número de sítios ativos para adsorção do  $\text{K}^+$ .

Verificou-se uma forte redução no percentual de C.Org (%) do solo arenoso controle (Tabela 2) após a introdução da chuva artificial (lixiviação) em relação ao solo arenoso inicial não lixiviado (Tabela 1). Esta redução foi percebida não somente no grupo controle, mas também em todos os tratamentos com OVR (Tabela 2).

Quanto ao solo argiloso (Tabela 3), comparativamente ao solo argiloso inicial não lixiviado (Tabela 1), também foi observado uma forte redução no percentual de C. Org. Exceto nos tratamentos com 2 e 26 mL, na primeira seção (0-10 cm) que apresentaram elevação de 4% e 18% e na segunda seção o tratamento com 10 mL (10-20 cm) com elevação de 15%.

**Tabela 3:** Análise química do solo argiloso pós coluna de lixiviação com diferentes doses e seções

Seção	0-10 (cm)					10-20 (cm)					20-30 (cm)					30-40 (cm)				
	C	2 mL	4 mL	10 mL	26 mL	C	2 mL	4 mL	10 mL	26 mL	C	2 mL	4 mL	10 mL	26 mL	C	2 mL	4 mL	10 mL	26 mL
Dosagem em																				
Parâmetro																				
pH	5,7	4,4	4,3	4,0	3,8	6,2	5,3	5,4	4,5	4,3	6,0	5,3	4,8	5,2	4,6	5,3	5,6	5,3	5,2	5,0
	Aa	Ba	Ca	Da	Ea	Ab	Bb	Cb	Db	Eb	Ac	Bb	Cc	Dc	Ec	Ad	,Bc	Cd	Dc	Ed
C																				
a <sup>2</sup>	5,6	3,9	3,0	3,4	3,7	5,1	3,1	4,1	3,8	4,2	3,9	3,9	4,0	4,5	4,4	2,6	3,5	3,0	4,5	4,4
+	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
M	7,3	3,6	2,6	4,3	5,1	3,7	5,3	3,0	3,7	3,9	4,8	4,3	3,8	3,4	4,2	5,6	4,7	4,7	4,0	4,5

$g^2$	Aa	Ab																		
$K^+$	0,1 0A a	0,0 2B a	0,0 2B a	0,0 1C a	0,0 1C a	0,1 1A a	0,0 2B a	0,0 1C a	0,0 1C a	0,0 5A b	0,0 2B a	0,0 1C a	0,0 1C a	0,0 1C a	0,0 3A b	0,0 1C a	0,0 1C a	0,0 1B a	0,0 1B a	
$Na^+$	0,0 4A a	0,0 4A a	0,0 6B a	0,0 7C a	0,0 8D a	0,0 4A a	0,0 4A a	0,0 6B a	0,0 7C a	0,0 8D a	0,0 4A a	0,0 2A a	0,0 5B a	0,0 7C a	0,0 8D a	0,0 4A a	0,0 3A a	0,0 5B a	0,0 7C a	0,0 8D a
$Al^{3+}$	0,1 Aa	1,3 Bb	1,5 Bc	1,7 Bd	2,6 Be	0A a	0,1 Aa	0,1 Aa	0A a	0,8 Bb	0,2 Aa	0,1 Aa	0,2 Aa	0,2 Aa	0A a	0,2 Aa	0,1 Aa	0A a	0A a	0A a
$H^+$	4,6 Aa	13, 3B a	11, 7C a	22, 5D a	22, 4E a	4,0 Ab	5,7 Bb	8,6 Cb	12, 9D b	14, 8E b	4,0 Ab	5,4 Bc	6,0 Cc	6,5 Dc	9,9 Ec	4,3 Ac	4,3 Bd	5,9 Cd	6,7 Dd	6,5 Dc
$P$	12 Aa	14 Aa	23 Aa	16 Aa	18 Aa	45 Aa	10 Aa	15 Aa	14 Aa	17 Aa	37 Aa	8A a	12 Aa	7A a	8A a	9A a	9A a	6A a	8A a	7A a
$V$	75 Aa	36 Ba	33 Ca	25 Da	29 Ea	69 Ab	49 Bb	48 Cb	37 Db	36 Eb	68 Ac	60 Bc	54 Cc	55 Dc	47 Ec	66 Ad	65 Bd	57 Cd	52 Dd	50 Ed
$C.Org.$	2,3 Aa	5,0 Aa	4,5 Aa	1,5 Aa	5,7 Aa	2,4 Aa	2,2 Aa	2,2 Aa	5,5 Aa	4,8 Aa	1,8 Aa	4,8 Aa	3,7 Aa	2,6 Aa	4,0 Aa	1,8 Aa	3,7 Aa	2,6 Aa	4,2 Aa	3,8 Aa
$N$	0,1 3A a	0,0 8A a	0,1 4A a	0,1 2A a	0,1 4A a	0,1 4A a	0,0 8A a	0,1 4A a	0,1 4A a	0,1 4A a	0,1 4A a	0,1 1A a	0,1 1A a	0,1 5A a	0,1 2A a	0,1 4A a	0,1 1A a	0,1 0A a	0,1 0A a	0,1 0A a

Legenda: Legenda: pH H<sub>2</sub>O = pH em água; Ca<sup>2+</sup> = Cálcio; Mg<sup>2+</sup> = Magnésio; K<sup>+</sup> = Potássio; Na<sup>+</sup> = Sódio; S = Soma das bases; Al<sup>3+</sup> = Alumínio; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = Hidrogênio + Alumínio; P = Fósforo; V = Saturação por bases; C.Org. = Carbono Orgânico; N = Nitrogênio. Médias seguidas de letra maiúscula na seção avalia os diferentes tratamentos. Médias seguidas de letra minúscula na linha compara o tratamento entre as seções. Médias seguidas de mesma letra maiúscula ou minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey p < 0,05 de probabilidade.

Quase todos os compostos orgânicos podem ser degradados biologicamente se houver condições físicas e químicas adequadas aos microrganismos. O teor de oxigênio, água e temperatura são condições básicas para que ocorra a biodegradação no solo (JACQUES et al., 2007). O pH ideal para a biodegradação de compostos orgânicos é próximo da neutralidade (6 a 8). Para a maioria das espécies, o pH ótimo é ligeiramente alcalino, ou seja, pouco maior que 7 (PEDROZO et al., 2002). No presente estudo o pH do solo arenoso se apresentou menos ácido que o solo argiloso (Tabelas 2 e 3), contribuindo para que ocorra uma maior biodegradação do OVR neste tipo de solo.

A temperatura também influencia a biodegradação pelo efeito da natureza física e química do poluente (MOREIRA, 2006). Para a biodegradação de petróleo, borras oleosas e óleos a faixa de temperatura é relativamente alta, de 0 a 70° C. Em geral, à baixa temperatura, a viscosidade dos óleos aumenta, a volatilização dos hidrocarbonetos de cadeia curta é minimizada, assim como a atividade enzimática e a velocidade de biodegradação (MOREIRA, 2006). Infere-se que a redução do C. Org. (%) nos dois solos (Tabelas 1, 2 e 3) pode estar relacionada à biodegradação do OVR ao longo do período de secagem em casa de vegetação.

Os resultados da análise química do solo arenoso pós coluna de lixiviação em função das diferentes dosagens de OVR estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que os valores de pH (doses e seções), Ca<sup>2+</sup> (doses e seções), Mg<sup>2+</sup> (doses e seções), K<sup>+</sup> (doses e seções), Na<sup>+</sup> (somente doses), H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> (doses e seções),

P (somente doses) e V% (doses e seções), diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Percebe-se que as primeiras seções (0-10 cm e 10-20 cm) são mais impactadas em relação à acidificação do pH (Tabela 2). Comparativamente com o grupo controle, percebe-se que a primeira (0-10 cm) seção foi a mais impactada, apresentando os menores índices de pH. A dose que provocou maior impacto foi a do tratamento com 26 mL.

Em relação ao  $K^+$  da primeira seção para todos os tratamentos, apresentaram redução de 80% (2 e 4 mL) e 90% (10 e 26 mL) (Tabela 2). A segunda seção do tratamento com 3 mL redução de 82%. Para os demais tratamentos redução de 91%. A terceira seção dos tratamentos com 4, 10 e 26 mL obtiveram redução de 80%. O tratamento com 3 mL redução de 60%. A quarta seção de todos os tratamentos apresentou redução de 67%. Percebe-se, portanto a segunda seção (10-20 cm) apresentou os menores índices de  $K^+$ , a mais impactada, sendo as doses de 10 e 26 mL as mais impactantes.

Em relação ao solo arenoso (Tabela 2), verifica-se que o teor de  $Na^+$  da primeira e segunda seções (0-10 e 10-20 cm) dos tratamentos com 4, 10 e 26 mL, apresentaram aumento (50%, 75% e 100%) respectivamente. A primeira e a segunda seções foram as mais impactadas. O tratamento com 2 mL da terceira e quarta seções, redução de 50 e 25% respectivamente. Para as doses com 4, 10 e 26 mL da terceira e quarta seções, aumento de 25, 75 e 100% respectivamente. A dose mais impactante foi a com 26 mL. Verifica-se que o teor de  $Al^{3+}$  aumentou significativamente para todas as doses, entre 1200 e 2500% na primeira seção. A dose com 26 mL foi a mais impactante na primeira seção. Para todos os tratamentos, nas primeiras, segundas e terceiras seções, observou-se aumento significativo no teor de  $H^+ + Al^{3+}$ . Os maiores índices foram encontrados no tratamento com 10 mL e 26 mL da primeira e segunda seções. A seção mais impactante foi a primeira (0-10 cm). A dose que mais elevou o teor de  $H^+ + Al^{3+}$  no solo foi a de 10 mL. Verificou-se que após a introdução do OVR o V% (soma de bases) apresentou redução significativa para todas as doses e seções. A seção mais superficial (0-10 cm) apresentou os maiores índices de redução. A dose mais impactante foi de com 10 mL na primeira seção. Para os parâmetros  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , P, C. Org. (%), N (%), não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre as doses e seções, pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A introdução do OVR apresentou correlação negativa em relação ao pH para os solos em estudo (Tabelas 2 e 3), significando que a presença desse poluente impacta diretamente na acidificação do solo. A importância do pH está intimamente relacionada com a influência sobre outros fatores, tais como a solubilidade, a concentração em solução e a forma iônica dos nutrientes no solo e, conseqüentemente, a absorção e utilização deles pela planta (FAGERIA et al., 1997). Com isso, sob a ótica agrônômica, quando da ocorrência de disposição de OVR sobre o solo, tornar-se-á necessário realizar a correção da acidez do solo para que se possa executar o plantio, haja vista que são considerados valores ótimos de pH aqueles compreendidos entre 5,5 e 7,0 para a maioria das culturas (FAGERIA et al., 1998).

Percebe-se no presente estudo que no solo arenoso (Tabela 2), os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  apresentaram redução com a aplicação das doses de OVR. Já no solo argiloso (Tabela 3), foi observada uma severa elevação para o teor de  $Al^{3+}$ . Para o solo arenoso (Tabela 2), as cargas negativas dos coloides foram saturadas por pequenas quantidades de cátions básicos, enquanto a maior parte das cargas está sendo

neutralizada pelo  $H^+$  e pelo  $Al^{3+}$ . A presença de  $Al^{3+}$  poderá apresentar efeito tóxico para as plantas (MEURER et al., 2012). No entanto, observa-se que a redução de  $Ca^{2+}$  comprometeu de forma mais acentuada o parâmetro pH. A ausência dessas bases nos sítios ativos do solo comprometeu a CTC (capacidade de troca catiônica), pois esses serão ocupados por íons de  $H^+$  e  $Al^{3+}$ , que reduzem o pH tornando o solo mais ácido.

Por outro lado, no solo argiloso (Tabela 3), observa-se que os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , não apresentaram diferenças significativas mesmo após a introdução do OVR. Contudo, dentre todos os parâmetros analisados, observa-se especialmente a significativa elevação do  $Al^{3+}$  que culminou com uma redução igualmente severa do parâmetro pH. O baixo índice de pH e a elevação no teor de  $Al^{3+}$ , tornam este solo impeditivos ao uso agrícola. Adicionalmente, o  $Al^{3+}$  é tido como elemento capaz de causar fito toxidez aos vegetais (MEURER et al., 2012). A deficiência dos nutrientes essenciais para as plantas provoca crescimento limitado e/ou inibido e seu desenvolvimento natural torna-se anormal. Em casos extremos a planta não consegue completar o seu ciclo (LARCHER, 2004, BEGON et al., 2007).

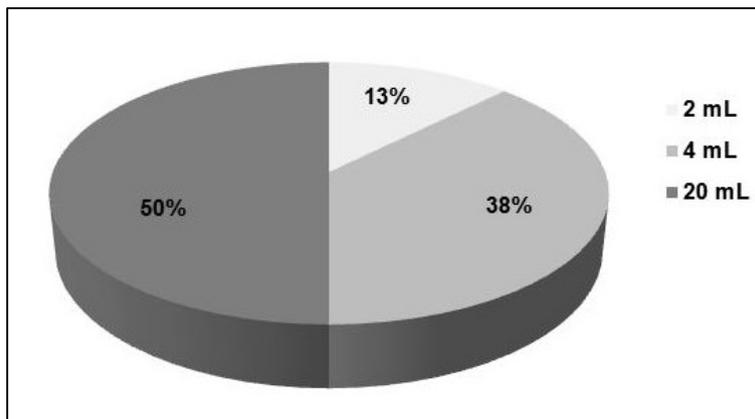
No solo argiloso (Tabela 3), percebeu-se que o  $K^+$  apresentou uma redução brusca ao passo em que o pH diminuiu e o teor de  $Al^{3+}$  elevou-se. Enquanto no solo arenoso (Tabela 2), o valor de P apresentou redução à medida que o pH reduziu. Adicionalmente, sabe-se que os solos arenosos apresentam baixo teor de argila o que remete a uma baixa CTC, tornando-os naturalmente com baixa fertilidade (ALLEONI et al., 2009). Por outro lado, os solos argilosos apresentam elevada CTC quando comparado aos arenosos (ALLEONI et al., 2009).

No solo arenoso, a redução nos teores das bases ao longo da coluna de lixiviação tem relação direta com a característica física do solo, fazendo com que o poluente tenha maior capacidade de percolação ao longo do perfil. Com isso, contribuiu para os processos de lixiviação de cátions, principalmente pela CTC e teores de matéria orgânica baixos que são característicos de solos arenosos (ALLEONI et al., 2009). O mesmo não se observa para o solo argiloso. Para este, o fator limitante foi a elevação do teor de  $Al^{3+}$  e redução do pH. Para Santos et al. (2002), a lixiviação de íons varia com os atributos físicos do solo, tais como: a textura, estrutura, profundidade do perfil e, principalmente, porosidade.

Entre os atributos químicos que afetam a lixiviação, estão a capacidade de retenção de íons e o pH. Observa-se no presente trabalho, que o OVR promoveu efeito direto sobre os parâmetros analisados, provocando alteração dos valores seja com redução ou aumento. Contudo, percebe-se ainda que o OVR quando aplicado/disposto em solo, não possui potencial de lixiviação dos nutrientes. No entanto, sua presença no solo, principalmente em profundidade, promove redução significativa de nutrientes essenciais para as culturas e, por consequência, menores rendimentos. Soma-se a isso, o potencial impacto ambiental, quando lixiviados, os nutrientes incorporam-se ao lençol freático pelo processo de drenagem interna e, assim, são transportados a grandes distâncias, contaminando o lençol freático e os mananciais de água potável (BEHERA et al., 2003).

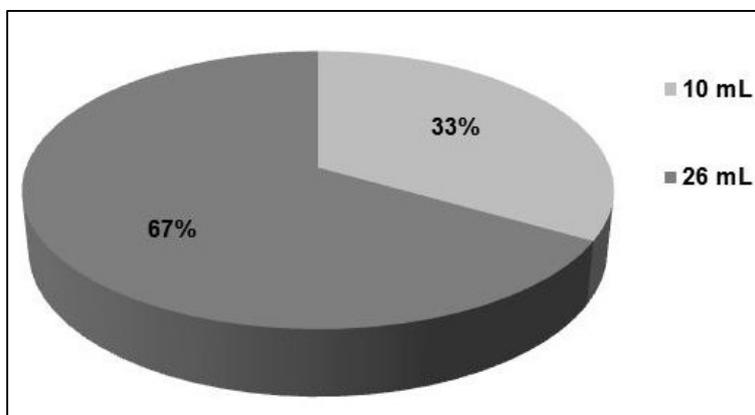
Verifica-se, portanto, que os tratamentos que mais impactaram os parâmetros químicos que apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey, em termos percentuais, para o solo arenoso são os apresentados na Figura 3. A dosagem com 2 mL de OVR apresentou-se mais impactante para 13% dos

parâmetros ( $\text{Na}^+$ ). Em relação à dosagem com 4 mL, verificou-se que a mesma foi mais impactante para 38% dos parâmetros ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e P). A dosagem com 20 mL mostrou-se mais impactante para 50% dos parâmetros (pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$  +  $\text{Al}^{3+}$  e V%).



**Figura 3:** Cálculo percentual, referente à avaliação do impacto dos tratamentos sobre os parâmetros químicos do solo arenoso, pós coluna de lixiviação

Em relação ao solo argiloso, a Figura 4 apresenta os tratamentos que mais impactaram e que apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey, em termos percentuais. Percebe-se que as dosagens com 2 e 4 mL não apresentaram o maior efeito negativo. A dosagem com 10 mL de OVR apresentou-se mais impactante para 33% ( $\text{H}^+$  +  $\text{Al}^{3+}$  e V%). Em relação à dosagem com 26 mL, verificou-se que a mesma foi mais impactante para 67% dos parâmetros químicos analisados (pH,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , e  $\text{Al}^{3+}$ ).



**Figura 4:** Cálculo percentual, referente a avaliação do impacto dos tratamentos sobre os parâmetros químicos do solo argiloso, pós coluna de lixiviação

As doses que produziram maior impacto negativo foram as de 20 mL para o solo arenoso (Figura 3) e 26 mL para o solo argiloso (Figura 4).

## CONCLUSÕES

A dose com 20 mL, em solo arenoso, mostrou-se mais impactante para 50% dos parâmetros analisados (pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$  +  $\text{Al}^{3+}$  e V%). A dose com 26 mL, em solo argiloso, mostrou-se mais impactante para 67% dos parâmetros analisados (pH,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , e  $\text{Al}^{3+}$ ). A introdução do OVR nas colunas, promoveu à acidificação (diminuição do pH) para todos os tratamentos, em ambos os solos nas primeiras seções (0-10

cm). Em solo arenoso, a primeira seção (0-10 cm) foi a mais impactada para o pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, e V%. As últimas seções (20-40 cm) foram mais impactadas para H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> e a última (30-40 cm), para K<sup>+</sup>. Em solo argiloso, a primeira seção (0-10 cm) foi a mais impactada para o pH, H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> e V%.

A segunda seção foi a de maior impacto para o K<sup>+</sup>. As doses que produziram maior impacto negativo foram 20 mL para o solo arenoso e 26 mL para o solo argiloso. O OVR é um resíduo potencialmente contaminante quando disposto indevidamente sobre os solos arenoso e argiloso avaliados, podendo exercer impactos negativos no solo, nas plantas cultivadas e na água subterrânea.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Associação brasileira de empresas pública e resíduos especiais. **Panorama de resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: Abrelpe, 2014.
- ALLEONI, L. F.; MELLO, J. W.; ROCHA, W. S.. Eletroquímica, adsorção e troca iônica no solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F.. **Química e Mineralogia do solo**: Parte II - Aplicações. Viçosa: SBCS, 2009. p.2-67.
- BAIRD, C.. **Química ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L.. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: Artemed, 2007.
- BEHERA, S.; JAH, M. K.; KAR, S.. Dynamics of water flow and fertilizer solute leaching in lateritic soils of Kharagpur region, India. **Agricultural Water Management**, v.63, n.1, p.77-98, 2003.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da [União]. Brasília, 2010.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. EMBRAPA, 2006.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A.. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2 ed. New York: M. Dekker, 1997.
- FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P.. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.29, n.17, p.2675-2682, 1998.
- GALBIATI, A. F.. **O gerenciamento integrado de resíduos sólidos e a reciclagem**. Belo Horizonte: redeaguape, 2005.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais**. Brasília: IPEA, 2012.
- JACQUES, R. J.; BENTO, F. M.; DE OLIVEIRA, F. A. C.. Biodegradação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência e Natura**, v.29, n.1, p.7-24, 2007.
- LARCHER, W.. A utilização dos elementos minerais. In: **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. p.183-230.
- LOUREIRO, S.; SOARES, A. M.; NOGUEIRA, A. J.. Terrestrial avoidance behaviour tests as screening tool to assess soil contamination, **Environmental Pollution**, v.138, p.121-131, 2005.
- MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G.. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, p.16-23, 2007.
- MEURER, E. J.; ANGHINONI, I.. A solução do solo. In: MEURER, E. J.. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p.87-112.
- MILLER, J. C.; MILLER, J. N.. **Statistics for analytical chemistry**. 3 ed. Chichester: Ellis Horwood, 1993.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: UFLA, 2006.
- NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J.. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- OECD. Organization for Economic Co-Operation and Development. **Guidelines for the testing of chemicals. Degradation and Accumulation**. 312: Leaching in Soil Columns. OECD, 2004.
- PEDROZO, M. F. M.; BARBOSA, E. M.; CORSEUIL, H. X.; SCHNEIDER, M. R.; LINHARES, M.. **Ecotoxicologia e avaliação de risco do petróleo**. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2002.
- ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M.. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.6, p.953-964, 2004.
- SABESP. **Reciclagem de óleo de cozinha**. SABESP, 2011.
- SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P.. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.12-16, 2002.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C.. Use of stillage and its impact on soil properties and groundwater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

SOUZA, P. S. A.. **Avaliação do reúso agrícola de águas oleosas da indústria de petróleo tratadas por eletrofloculação e osmose inversa: efeitos na germinação, no desenvolvimento de plântulas de girassol e em atributos do solo.** Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

SPOSITO G.. **The Chemistry of Soils.** 2 ed. New York: Oxford University Press, 2008.

THODE FILHO, S.; SOUZA, L. C.; JORGE, E. N. L. F.; SILVA, M. L. M.; GUEDES, A. S. O.; SILVA, M. L. M.; FRANCO, H. A.. Assessment of associated impacts the inappropriate disposal

of coffee waste on the behavior escape of the earthworms. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.21, p.16-23, 2017.

THODE FILHO, S.; COSTA, A. P. S.; RODRIGUES, I.; SENA, M. F. M.; SILVA, E. R.. Bioproducts Production from Vegetable Oil Residual: Candle, Chalk and Modelling of Mass. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.18, p.14-18, 2014.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F.. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en America Latina y El Caribe.** Porto Alegre: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000.

WILLIAMSON, A. J.; MORRIS, K.; SHAW, S.; BYRNE, J. M.; BOOTHMAN, C.; LLOYD, J. R.. Microbial reduction of Fe (III) under alkaline conditions relevant to geological disposal. **Applied and Environmental Microbiology**, v.79, n.11, p.3320-3326, 2013.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.