

Efeitos no solo da aplicação de efluentes tratados da extração de óleo de soja¹

Luis Donizete da Silva², Marcelo Gomes Judice³

¹Artigo apresentado à Faculdade de Engenharia Ambiental como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Ambiental, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, 2014.

²Aluno de Graduação, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, 2014. E-mail: sluisdonizete@yahoo.com.br

³Orientador, Professor da Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, 2014. E-mail: mgjudice@unirv.edu.br

Resumo: As indústrias são de grande importância para a produção de alimentos, no entanto, podem vir a causar inúmeros prejuízos ao meio ambiente, advindos principalmente dos resíduos produzidos em parques industriais. Por esta razão, o presente estudo de caso foi desenvolvido tendo por objetivo comparar três anos de análises (2007, 2008 e 2009) em dois pontos distintos em uma área irrigada com efluentes tratados de uma indústria de extração de óleo de soja. O trabalho foi conduzido em duas etapas: a primeira, analisando o solo onde os efluentes tratados são lançados como forma de irrigação com base na legislação vigente que dispõe sobre os valores orientadores para solo. A segunda, verificando o comportamento destes elementos ao longo do período de irrigação tendo como base outras literaturas. Mediante os dados obtidos, observou-se que houve contaminação do solo pelo elemento sódio. Conclui-se que os dados constantes dos laudos de análises estudados não representam todos os elementos parametrizados nas legislações vigentes, a falta de dados impossibilita um compilamento eficaz por meio de modelos estatísticos capazes de demonstrar a tendência de contaminação da área irrigada.

Palavras-chave: irrigação, plano de amostragem, reúso

Effects on soil of the application treated effluent from soybean oil extraction

Abstract: The industries are of great importance for food production, however, are likely to cause numerous environmental damage, arising mainly from waste produced in industrial parks. For this reason, this study was developed with the purpose to compare three years of analysis (2007, 2008 and 2009) in two different sites in an area irrigated with treated effluent from a soybean oil extraction industry. The work was conducted in two stages: first, analyzing the soil where the treated effluents are discharged as a means of irrigation based on current legislation which provides for the guiding values for soil. The second, checking the behavior of these elements along the irrigation period based on other literature. With the data obtained, it was observed that soil contamination by sodium element. It follows that the data in the study analysis reports do not represent all parameterized elements in the current legislation, the lack of data precludes an effective compilamento through statistical models that demonstrate the trend of contamination of irrigated area.

Keywords: irrigation, sampling plan, reuse

INTRODUÇÃO

Para os Engenheiros Ambientais, o solo é a camada superficial a ser utilizada de acordo com as necessidades, porém, sendo preservada segundo critérios ambientais para a manutenção do equilíbrio (CUNHA e CALIJURI, 2013).

Hespanhol (2003) afirma que os maiores potenciais de reúso são os que empregam esgotos tratados para, dentre outros fins, a irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residências e industriais. Contudo, há de se tomar cuidados especiais quando ocorre contato direto do público com as áreas irrigadas.

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), existe uma crescente preocupação com os riscos de “[...] salinização do solo, contaminação das águas subterrâneas e veiculação de doenças” (CETESB, 2010, p.7-20).

A Resolução nº 420/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os valores orientadores de qualidade do solo, de modo a possibilitar a avaliação dos possíveis impactos gerados pelas atividades antrópicas, entre as quais, a disposição de efluentes tratados no solo. Sendo este a base para o desenvolvimento deste trabalho. A referida Resolução dispõe sobre:

critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas (BRASIL, 2009).

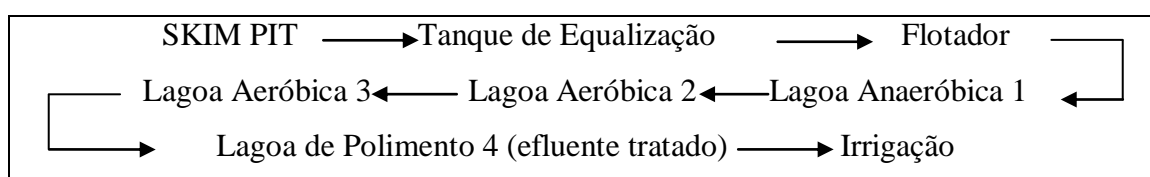
Mediante o exposto, o presente estudo de caso teve como objetivo comparar três anos de análises (2007, 2008 e 2009) em dois pontos distintos em uma área irrigada com efluentes tratados de uma indústria de extração de óleo de soja, com intuito de sugerir iniciativas racionais para o acompanhamento da aplicação do efluente no solo e manutenção da qualidade deste último.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho foram analisados e comparados com valores orientadores normativos e outras literaturas correlacionadas aos resultados dos laudos de análise de solo dos anos de 2007 a 2009 de modo a verificar a ocorrência de infiltração do efluente tratado em relação aos perfis de solo avaliados (0-20; 20-40; 40-60 cm) para os pontos (1 e 2) de monitoramento de solo de uma área de 1,6 hectares, cobertas por grama-boiadeira (*Luziola leiocarpa*) e arbustos ornamentais, irrigada pelo método de

aspersores em tempo integral, ciclo contínuo com efluente tratado de uma indústria de beneficiamento de grãos (soja) para produção de óleo vegetal.

O efluente é originado no fluxo produtivo nos processos: Caldeira – descarga de fundo; Envase de óleo, extração e refinaria de óleo – limpeza de equipamentos. Todos os efluentes gerados são direcionados para a caixa separadora água óleo, denominada SKIM PIT, localizada no prédio da refinaria, após separação de óleo, segue para a Estação de Tratamento de Efluente (ETE), onde são tratados por meio de processo microbiológico para remoção de matéria orgânica, conforme demonstrado no esquema 1.



Esquema 1. Fluxo produtivo do processo de tratamento de efluente

Os valores de composição do efluente para o ano de 2009 estão apresentados no Quadro 1, onde VPM são os Valores Máximos Permitidos e L.Q. é o Limite de Quantificação.

Quadro 1. Composição do efluente final utilizado na irrigação, ano de 2009.

PARÂMETRO	UNIDADES	VMP	L.Q.	RESULTADO	MÉTODOS ANALÍTICOS
pH à 25°C	----	5,0 a 9,0	0,05	6,82	SM21 4500-H ⁺ B, 2005
Alumínio	mg Al/L	-	0,001	532,00	SM22,2012
Cálcio	g Ca/L	-	0,01	120,00	SM22, 2012
Cobre	mg Cu / L	1,0	0,05	< LQ	SM21 3111 D, 2005
Ferro	mg Fe / L	15,0	0,05	0,15	SM21 3111 D, 2005
Fósforo	mg PO ⁴ /L	-	0,001	126,00	SM22,2012
Hidrogênio + alumínio	mg/L	-	0,001	128,00	SM22,2012
Manganês	mg Mn / L	1,0	0,05	< LQ	SM21 3111 D, 2005
Magnésio	mg Mg/L	-	0,01	141,00	SM22,2012
Potássio	mgK/L	-	0,001	35,00	SM22,2012
Sódio	mg Na/L	-	0,001	1.110,00	SM22,2012
Zinco	mg Zn / L	5,0	0,05	0,58	SM21 3111 D, 2005

Para o desenvolvimento do presente trabalho, a área que vem recebendo a disposição de efluentes tratados será denominada “área irrigada”, para facilitar a interpretação dos dados.

Para a realização do levantamento de dados foi observada a localização da área irrigada com relação a possíveis pontos susceptíveis de impactos ambientais: áreas de

preservação permanente, áreas de proteção ambiental, localização de cursos d'água, posicionamento dos poços de abastecimento de água.

Foi observada a localização de possíveis fontes de contaminação originárias dos processos produtivos: condições construtivas dos galpões e instalações industriais, posicionamento das canaletas de águas pluviais e preservação das bacias de contenção.

Sendo ainda verificada a declividade do terreno, bem como mecanismos e processos de controle de vazamentos de líquidos do setor produtivo e as condições da vegetação presente nas áreas irrigadas.

As observações in loco baseadas no Código Florestal, Lei Federal nº 12.651/12 possibilitaram constatar que a área irrigada não se encontra em domínio de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de reserva legal; não se encontra nos domínios de Área de Proteção Ambiental (APA) ou de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM); não se encontra em área de domínio de ferrovias, rodovias federais ou estaduais e, da mesma forma, encontra-se afastada do perímetro urbano e núcleos populacionais, com distância superior a 500 metros.

Contudo, a área irrigada se encontra nos domínios de proteção de poços de abastecimento de água, conforme disposto na Lei 13.583/2000, razão pela qual anualmente são coletadas e analisadas água dos poços subterrâneos conforme parâmetros do CONAMA N° 396/2008.

De acordo com Santos (2004)

Se a prática da irrigação com efluente não for cuidadosamente manejada, esta poderá resultar na recarga de águas subsuperficiais acompanhada por sais e nitratos, acumulação de outros elementos químicos (como sódio e fósforo) no solo e associado aumento do risco de escoamento superficial desses elementos para os cursos de água.

Com relação ao aspecto visual do solo superficial e da vegetação que recebe a irrigação com efluentes tratados, não foram observadas manchas, indícios de vegetação queimada ou de óleo na camada superficial do solo ou nas folhas da vegetação.

O critério adotado na seleção dos pontos refere-se a sua posição no relevo, sendo que o ponto 1 localiza-se na cota mais elevada do terreno e o ponto 2 em cota mais baixa. As fotos das Figuras 2 e 3 detalham a localização dos pontos. As amostras dos pontos 1 e 2 foram coletadas na profundidade de 20, 40 e 60 cm com as seguintes coordenadas: Ponto 1 em UTM: 8.030,666 Norte / 499,320 Leste, com altitude de 780 metros; Ponto 2 em UTM: 8.030,824 Norte / 499,438 L, com altitude de 764 metros.



Figura 2. Localização da coleta de solos ponto 1, identificado com seta vermelha.



Figura 3. Localização da coleta de solos ponto 2 identificado com seta vermelha.

As amostras foram colhidas de 2007 a 2009, nas profundidades de 20, 40 e 60 cm, nos dois pontos estabelecidos e enviados para laboratório credenciado junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Analisando-as com relação à fertilidade do solo, índices de pH, cálcio, magnésio, alumínio, hidrogênio + alumínio, potássio, sódio, fósforo, matéria orgânica, cobre, ferro, manganês, zinco e capacidade de troca catiônica (CTC).

A amostragem foi realizada com base nas Normas CETESB para coleta de amostras de solo e Decisão de Diretoria CETESB, SP. N° 195/2005-E que “dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências”.

Para a abertura da camada vegetal de gramíneas foi utilizado inicialmente um trado de rosca e para a remoção do solo utilizou-se um trado de 2 (Figura 4).



Figura 4. Equipamento para abertura da camada vegetal



Figura 5. Separação de galhos e vegetação de amostras de solo.

Os procedimentos de descontaminação, entre a coleta de uma amostra e a seguinte, foram adotados, de modo a evitar contaminação cruzada e o mascaramento dos resultados. A amostra de solo foi disposta em superfície plástica e as raízes, restos vegetais e materiais grosseiros foram retirados. Os torrões de terra foram quebrados e a amostra homogeneizada antes de seu acondicionamento, conforme Figura 5.

A profundidade de escavação foi registrada com uso de uma trena, conforme Figura 6. A Figura 7 detalha o equipamento GARMIM GPS, utilizado para marcação dos pontos.



Figura 6. Medição da profundidade da escavação.



Figura 7. Equipamento utilizado para localização dos pontos de amostragem.

As amostras foram coletadas e acondicionadas em frascos separando-se as seguintes sub-amostras: sub-amostras do ponto 1 colhidas a 20, 40 e 60 cm de profundidade e sub-amostras do ponto 2 colhidas a 20, 40 e 60 cm de profundidade. Cada sub-amostra identificada foi preservada em bolsa térmica, refrigerada, para seu transporte até o laboratório, conforme demonstrado na Figura 8.



Figura 8. Acondicionamento e identificação das amostras

Os resultados foram comparados com os limites definidos pela Resolução CONAMA N° 420/2009 (anexo II – Lista de Valores Orientadores para Solos e para Águas Subterrâneas) e Decisão de Diretoria N° 195/05, CETESB, quanto aos seguintes parâmetros:

- Valor de referência da qualidade – VRQ: “[...] concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, [...]”;
- Valor de prevenção – VP: “[...] é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que seja capaz de sustentar as suas funções principais de acordo com artigo 3º da Resolução CONAMA N° 420/09”, ou seja, ser capaz de servir de base para a sustentação da vida, manter o ciclo dos nutrientes e da água, servir de meio para a agricultura, filtro natural, proteção de mananciais, fonte de recursos minerais e base para ocupação territorial;
- Valor de Investigação - VI: concentração de determinada substância no solo, acima da qual existem riscos potenciais diretos e indiretos à saúde humana, considerando-se um cenário de exposição padronizado (agrícola, residencial ou industrial).

De modo geral, a primeira camada de solo possui condição de compactação típica de terraplenagem, sendo encontrados pedregulhos nas três profundidades exploradas (20, 40 e 60 cm), conforme Figura 9.



Figura 9. Solo da primeira camada (0 a 20 cm) do ponto 1 e 2

No ponto 1, observou-se a homogeneidade de coloração, textura e granulometria desde os primeiros centímetros de solo e a partir dos 30 cm de profundidade, assim se manteve até a faixa de 60 cm de profundidade. No ponto 2, o solo apresentou maior rigidez e compactação nos primeiros 20 cm de profundidade.

Como procedimentos estatísticos, foram calculadas as médias de cada elemento, conforme se verifica nos Quadros 2, 3, 4 e 5. De acordo com Freund e Simon (2000), “a média de n números é sua soma dividida por n ”.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Com base nas observações e nas análises dos resultados, é importante ressaltar que a área em estudo sofreu terraplenagem, sendo o solo predominantemente argilo-arenoso, característico das transformações de rocha basáltica.

Os gráficos 01 e 02 demonstram as médias de análise de solo entre os anos de 2007 a 2009 para argila, silte e areia dos pontos 1 e 2 nas profundidades de 0 a 20; 20 a 40; e 40 a 60 cm sendo respectivamente:

Ponto 01 – Areia: Perfis 0 – 40 = 725; 20 – 40 = 628; 40 – 60 = 567 (g/dm^3); Argila: Perfis 0 – 20 = 238; 20 – 40 = 332; 40 – 60 = 380 (g/dm^3); Silte: 0 – 40 = 37; 20 – 40 = 40; 40 – 60 = 53 (g/dm^3).

Ponto 02 – Areia: Perfis 0 – 40 = 570; 20 – 40 = 585; 20 – 40 = 558 (g/dm^3); Argila: Perfis 0 – 20 = 373; 20 – 40 = 373; 40 – 60 = 383 (g/dm^3); Silte: 0 – 40 = 57; 20 – 40 = 42; 40 – 60 = 42 (g/dm^3).

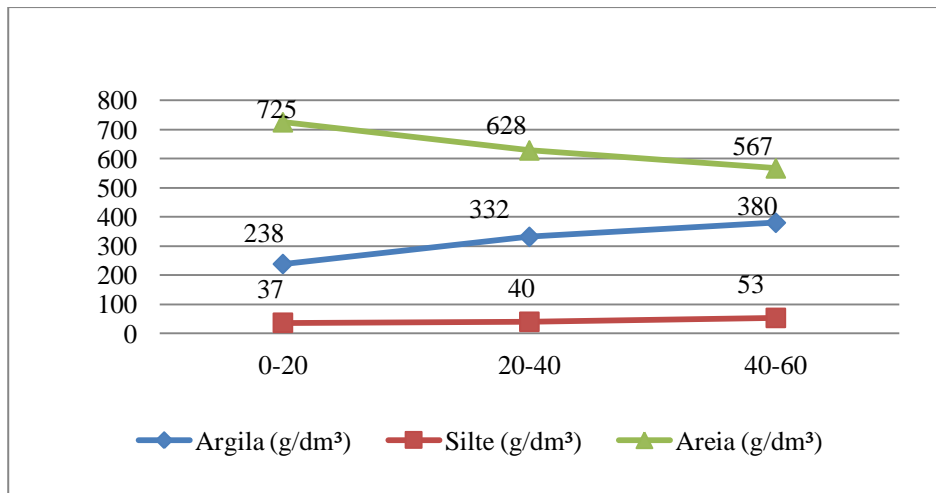


Gráfico 1: Média análise de solo - Ponto 1 de 2007 a 2009.

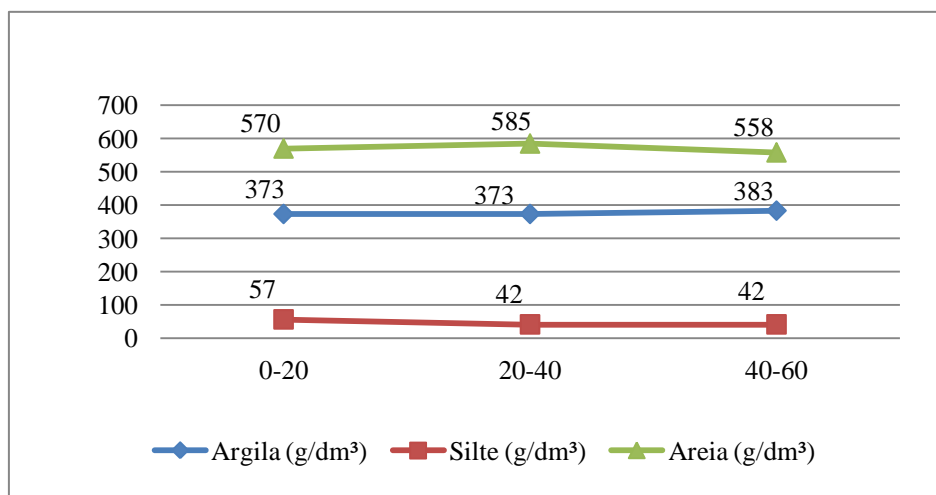


Gráfico 2: Média análise de solo - Ponto 2 de 2007 a 2009.

De acordo com mapeamento da Superintendência de Geologia e Mineração da Secretaria de Indústria e Comércio de Goiás, toda a região assenta-se em solo da Formação Serra Geral na Bacia do Paraná, composta por rochas do embasamento cristalino do setor centro-noroeste do Estado de Goiás. A formação é composta por rochas basálticas e arenitos que ao sofrerem com o intemperismo, geram detritos e sedimentos argilo-arenosos. Tal composição denomina-se cobertura detrito-laterítica arenosa (GOIÁS, 2005).

O solo de toda a área demonstrou aspecto de boa estruturação, sem indícios de movimentação de solo provocado pela erosão. Toda a área de entorno das construções é coberta por gramíneas e algumas árvores de pequeno porte. A vegetação não apresentou indícios de alterações provocadas pela presença de compostos químicos, seja no solo ou provenientes da irrigação.

Os resultados para textura e granulometria revelaram a prevalência de argila e areia em todas as amostras. Assim, o solo de toda a área pode ser caracterizado como solo areno-argiloso, da superfície até 60 cm, nas profundidades amostradas nos dois pontos.

Tais características de textura conferem ao solo uma baixa capacidade de retenção de água nos primeiros centímetros do solo, aumentando tal capacidade a 40 e a 60 cm. A taxa de drenagem nestes tipos de solo costuma ser alta, favorecendo a infiltração de água e de minerais.

Segundo Reichardt e Timm (2004) apud Marcolin (2006) “muitos fatores afetam a retenção da água no solo, sendo o principal deles a textura, por determinar a área de contato entre as partículas sólidas e a água, determinando em boa parte a distribuição do diâmetro dos poros”.

Foi feito a média dos resultados das análises do solo dos anos de 2007 a 2009 dos pontos 1 e 2 para pH, Ca, Mg, Al, H + Al, K, CTC, Matéria Orgânica (Mat. Org.), Na, P, Fe, Mn, conforme demonstra o Quadro 2, ressaltando que o elemento Sódio (Na) foi feito análise somente de 2009.

Quadro 2. Média das análises de solo - 2007 a 2009 dos pontos 1 e 2.

Ano da análise		2007						2008						2009						MÉDIA 2007 a 2009					
Elemento	Unidade	PONTO 1			PONTO 2			PONTO 1			PONTO 2			PONTO 1			PONTO 2			PONTO 1			PONTO 2		
		0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
pH		5,70	5,60	5,00	5,80	5,60	5,40	5,40	5,30	4,80	5,70	5,60	5,70	5,00	5,30	5,40	5,70	5,90	5,70	5,37	5,40	5,07	5,73	5,70	5,60
Ca		1,00	1,10	0,30	3,30	1,40	0,80	2,40	1,40	0,50	2,20	0,90	0,60	1,10	1,00	0,30	1,00	0,50	1,00	1,50	1,17	0,37	2,17	0,93	0,80
Mg		0,20	0,20	0,10	0,70	0,30	0,20	0,50	0,30	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,40	0,30	0,30	0,10	0,30	0,23	0,23	0,50	0,33	0,17
Al	cmol/dm ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-	0,10	0,10	-	-	-	0,07	0,03	0,03	0,30	0,40	0,20	0,06	0,08	0,08	0,13	0,17	0,10
H+Al		1,90	2,60	3,30	3,30	3,40	3,80	2,10	2,60	3,10	2,40	2,30	2,30	2,20	2,20	3,70	2,70	2,30	2,50	2,07	2,47	3,37	2,80	2,67	2,87
K		0,05	0,05	0,04	0,08	0,08	0,07	0,08	0,03	0,02	0,14	0,07	0,04	0,04	0,03	0,10	0,04	0,02	0,02	0,06	0,04	0,05	0,09	0,06	0,04
CTC		3,10	3,90	3,80	7,30	5,20	4,90	5,10	4,30	3,80	5,20	3,60	3,20	3,50	3,40	4,50	4,00	3,10	2,70	3,90	3,87	4,03	5,50	3,97	3,60
Mat. Org.	g/dm ³	12,00	13,00	10,00	25,00	17,00	15,00	19,00	17,00	13,00	17,00	13,00	11,00	11,80	12,60	14,60	17,80	16,80	15,30	14,27	14,20	12,53	19,93	15,60	13,77
Na		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20	21,20	486,00	349,00	355,80	253,40	0,40	7,07	162,00	116,33	118,60	84,47
P	mg/dm ³	2,00	1,00	1,00	70,00	10,00	3,00	10,00	2,00	0,50	38,00	4,00	2,00	0,80	1,60	141,50	8,00	0,10	0,30	4,27	1,53	47,67	38,67	4,70	1,77
Fe		-	-	-	-	-	-	132,50	57,60	42,80	58,80	45,80	34,50	89,00	110,00	29,00	120,00	53,00	38,00	73,83	55,87	23,93	59,60	32,93	24,17
Mn		-	-	-	-	-	-	43,80	34,30	17,00	37,90	25,30	12,70	31,70	39,70	44,90	68,70	20,20	9,90	25,17	24,67	20,63	35,53	15,17	7,53

Comparando as médias das análises do solo de 2007 a 2009 (Quadro 2) do Ponto 01 entre os perfis do solo de 0-20, 20-40 e 40-60, pode-se observar que houve diminuição do índice de pH, Ca, Mg, Mat. Org., Fe, Mn; diminuição de K e P entre os perfis de 0-20 e 20-40, aumentando no perfil de 40-60; e aumento do índice de Al, H + Al, CTC.

Já o Ponto 2 entre os perfis do solo de 0-20, 20-40 e 40-60, apresentou aumento do índice de H + Al; diminuição do índice dos seguintes elementos: pH, Ca, Mg, K, P,

Mat. Org., Fe, Mn, CTC; o elemento Al apresentou aumento do índice entre os perfis de 0-20 à 20-40 e diminuição entre os perfis 40-60.

Foi feito a média dos elementos Cu e Zn dos anos de 2008 a 2009, avaliados com base nos Valores Orientadores de Prevenção (VOP) da Resolução CONAMA N° 420/2009, onde possui valores orientadores para estes elementos no solo (Quadro 3) de modo a verificar o comportamento destes de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA.

Quadro 3. Comparação das médias de 2008 a 2009 de Cu e Zn com CONAMA N° 420/2009.

Elemento	Unidade	Média 2008 a 2009			Média 2008 a 2009			Valor Orientador de Prevenção CONAMA 420/09
		Ponto 1			Ponto 2			
		0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	
Cu	mg/dm ³	1,6	3,3	3,3	2,5	2,0	1,9	60 (mg Cu/Kg)
Zn	mg/dm ³	1,2	0,5	2,3	1,2	0,4	0,2	300 (mg Zn/Kg)

Os resultados de análise das amostras de solo para os elementos Cu e Zn estiveram abaixo dos limites de prevenção estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 420/2009.

Os demais elementos, sais e bases (bases trocáveis), foram avaliados entre si ao longo do tempo amostrado, sendo feitas médias dos anos de 2007 e 2008, comparando-as com o ano de 2009 (Quadro 4 e 5 e Gráficos 3 e 4) de modo a verificar a ocorrência de infiltração do efluente tratado em relação aos perfis de solo avaliados.

Quadro 4. Comparação das médias de análise de solo - 2007 e 2008 com resultado de 2009 do Ponto 1.

PONTO 1		Média 2007/2008			2009		
Parâmetros	Unidade	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
pH		5,55	5,45	4,90	5,00	5,30	5,40
Ca	cmol/dm ³	1,70	1,25	0,40	1,10	1,00	0,30
Mg		0,35	0,25	0,15	0,20	0,20	0,40
Al		0,05	0,10	0,10	0,07	0,03	0,03
H+Al		2,00	2,60	3,20	2,20	2,20	3,70
K		0,07	0,04	0,03	0,04	0,03	0,10
CTC		4,10	4,10	3,80	3,50	3,40	4,50
Mat. Org		(g/dm ³)	15,50	15,00	11,50	11,80	12,60
P	mg/dm ³	6,00	1,50	0,75	0,80	1,60	141,50
Fe		132,50	57,60	42,80	89,00	110,00	29,00
Mn		43,80	34,30	17,00	31,70	39,70	44,90

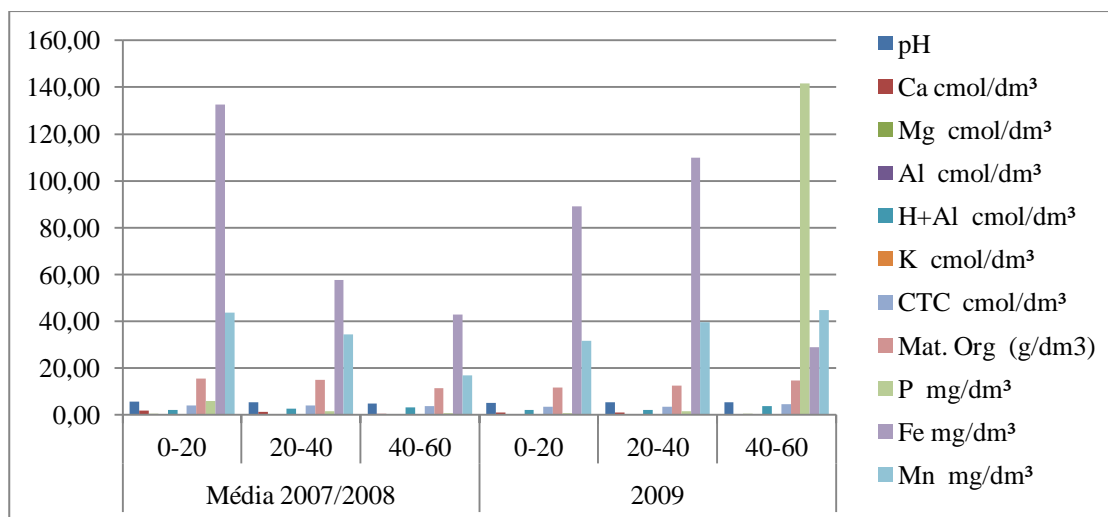


Gráfico 3. Comparação das médias de análise do solo - 2007 e 2008 com resultado de 2009 do Ponto 1.

Quadro 5. Comparação das médias de análise do solo - 2007 e 2008 com resultado de 2009 do Ponto 2.

PONTO 2		Média 2007/2008			2009		
Parâmetro	Unidade	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
pH		5,75	5,60	5,55	5,70	5,90	5,70
Ca	cmol/dm ³	2,75	1,15	0,70	1,00	0,50	1,00
Mg		0,60	0,35	0,20	0,30	0,30	0,10
Al		0,05	0,05	0,05	0,30	0,40	0,20
H+Al		2,85	2,85	3,05	2,70	2,30	2,50
K		0,11	0,08	0,06	0,04	0,02	0,02
CTC		6,25	4,40	4,05	4,00	3,10	2,70
Mat. Org		(g/dm ³)	21,00	15,00	13,00	17,80	16,80
P	mg/dm ³	54,00	7,00	2,50	8,00	0,10	0,30
Fe		58,80	45,80	34,50	120,00	53,00	38,00
Mn		37,90	25,30	12,70	68,70	20,20	9,90

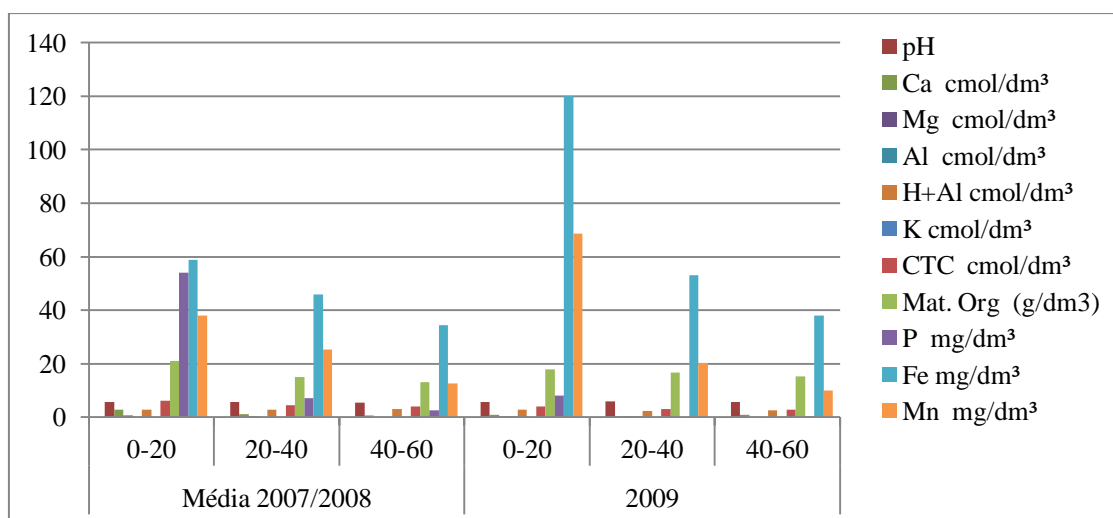


Gráfico 4. Comparação das médias de análise de solo - 2007 e 2008 com resultado de 2009 do Ponto 2.

Com relação aos resultados das médias obtidas dos Pontos 1 e 2 nos anos de 2007 a 2008 comparadas com os resultados de 2009, pode-se observar que no Ponto 1 na profundidade de 20 a 40 cm houve aumento considerável de Fe e Al; nas profundidades de 40 a 60 cm houve aumento na concentração de pH, Mg, H+Al, Mat. Org, P, Mn e CTC e diminuição na concentração de Ca e Al. Havendo diminuição de K para todos os perfis.

No ponto 2, houve manutenção para o índice de pH, Ca, Mg, H + Al, Mat. Org., apresentando diminuição para os elementos K, CTC e P; já os elementos Fe e Mn tiveram aumento na concentração nos perfis de 0 – 20 cm, com diminuição nos demais perfis equiparando-se à média obtida de 2007 e 2008; o elemento Al aumentou em relação à média realizada em todos os perfis.

No que se refere ao efeito do pH nas águas a serem utilizadas para irrigação, os valores normais estão compreendidos entre 6,0 a 8,5. Contudo, é importante verificar os potenciais efeitos na relação Ca/Mg avaliando em conjunto com os teores de Na (AYERS & WESTCOT, 1991 apud ALVES; MOTA; SANTOS, 2007).

As bases trocáveis do solo, apresentados nos quadros (4 e 5) são elementos naturalmente encontrados em solos originários das modificações de rochas basálticas e não possuem valores orientadores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/2009.

Fernandes et al. (2007) realizaram estudo dos elementos metais pesados com objetivo de:

Avaliar a presença dos metais pesados Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn, em solos provenientes de áreas olerícolas do estado de Minas Gerais. Observaram que algumas amostras específicas de solo apresentavam-se com teores totais mais expressivos de metais pesados, sendo que a baixa disponibilidade desses elementos sugere que tal verificação não constitui problema de maior magnitude.

Quanto a matéria orgânica no solo os valores se mantiveram estáveis nos pontos 01 e 02 em relação a todos os perfis avaliados.

De modo geral, a incorporação de matéria orgânica ao solo auxilia o processo de revegetação de áreas degradadas, por melhorar a estrutura e a retenção de umidade do solo e por fornecer macro e micronutrientes. Além disso, interfere positivamente no ciclo de vários nutrientes e atua na complexação e quelação de metais pesados, diminuindo sua disponibilidade e, com isso, a toxicidade para as plantas (LOGAN, 1992; SHUMAN, 1998 apud SANTOS; RODELLA, 2007).

O elemento sódio, que é um elemento utilizado no tratamento de água na caldeira, não foi analisado nos anos de 2007 e 2008, por esta razão, apresenta-se no Gráfico 5 o comportamento do mesmo no ano de 2009; onde percebe aumento brusco no perfil de 40-60 cm no ponto 01, já no ponto 02 percebe-se que houve pequena alteração da

concentração do elemento entre os perfis 0-20 a 20-40 cm com diminuição no perfil de 40-60.

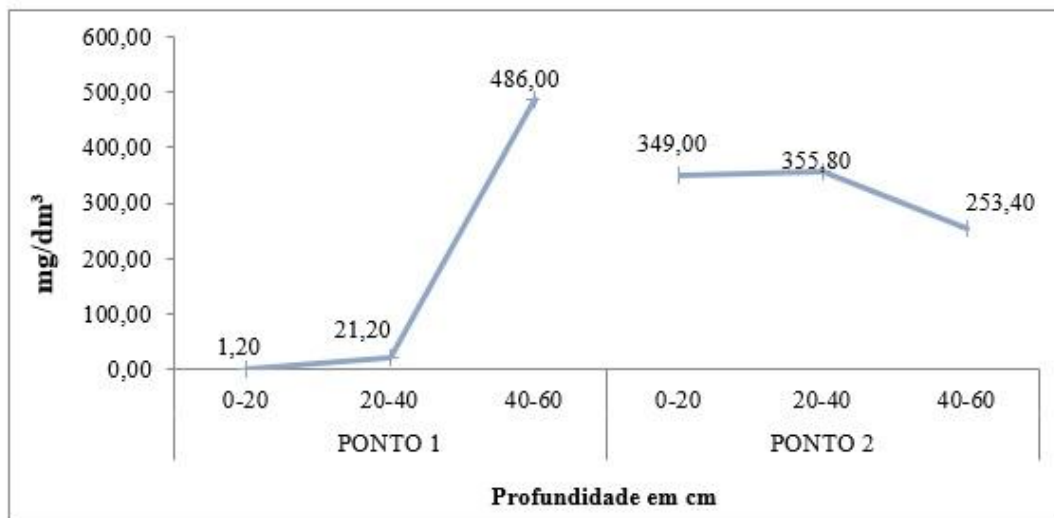


Gráfico 5. Resultados de análise de solo para Sódio, de 2009.

De acordo com Santos (2004) “o teor de sódio em solos agrícolas pode aumentar com adição de efluente alterando certas características físicas do solo, devido à dispersão de argilas e características químicas, influenciando direta ou indiretamente o desenvolvimento das plantas”.

O aporte e a dinâmica do sódio em solos cultivados depende de fatores como:

(i) concentração de sódio no efluente ou na água utilizados para irrigação; (ii) absorção pelas plantas; (iii) intensidade de lixiviação no perfil do solo; (iv) permeabilidade do solo e (v) dinâmica de outros íons, como cálcio, magnésio, carbonatos e bicarbonatos, na solução e no complexo de troca do solo. Assim, o estudo desses fatores tem grande importância e deve constituir parte do manejo adotado em sistemas de irrigação com efluentes de esgotos e outras águas residuárias em agrossistemas (SANTOS, 2004).

A Norma Técnica CETESB/P4-002 (2010), estabelece critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola, advindos de indústrias cítricas, orientando que a concentração de sódio das amostras de solo não deve ultrapassar 6% da Capacidade de Troca Catiônica (CTC), seguindo o cálculo da Relação de Adsorção de Sódio (RAS).

No ponto 1 as porcentagens de sódio nos seguintes perfis foram: 0 - 20 = 1,48%; 20 - 40 = 27,37% e 40 - 60 = 821,5% da CTC.

No ponto 2 as porcentagens de sódio nos seguintes perfis foram: 0 - 20 = 432%; 20 - 40 = 562% e 40 - 60 = 341% da CTC.

Os resultados obtidos devem ser comparados com os parâmetros estabelecidos nas legislações vigentes a fim de garantir a qualidade do solo irrigado.

Comparados os valores do ano de 2009 para o elemento sódio nos respectivos perfis avaliados com a RAS proposta pela Norma Técnica P4-002 (CETESB, 2010), exceto para o perfil 0 – 20 do ponto 01, todos os valores dos demais perfis apresentaram-se acima da porcentagem estabelecida pela referida norma.

Contudo, os valores apresentados para o elemento sódio não representam a totalidade do período analisado, além de apresentar resultados discrepantes em relação aos pontos de coletas e respectivos perfis.

É importante ressaltar que não foram encontrados indícios de vazamento de óleo produzido na empresa, ou combustível da caldeira. Os tanques e bacias de contenção das áreas produtivas se encontram em perfeito estado de conservação, não sendo identificados pontos de risco significativos que pudessem provocar contaminação do solo.

No que tange à qualidade dos solos, a Resolução CONAMA N° 420/2009 em seu artigo 20 estabelece a classificação de solo, a partir dos resultados analíticos:

[...] após a classificação do solo deverão ser observados os seguintes procedimentos de prevenção e controle da qualidade do solo:

I – Classe 1: não requer ações;

II – Classe 2: poderá requerer uma avaliação do órgão ambiental, incluindo a verificação da possibilidade de ocorrência natural da substância ou da existência de fontes de poluição, com indicativos de ações preventivas de controle, quando couber, não envolvendo necessariamente investigação;

III – Classe 3: requer identificação da fonte potencial de contaminação, avaliação da ocorrência natural da substância, controle das fontes de contaminação e monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea; e

IV – Classe 4: requer as ações estabelecidas no Capítulo IV.

Quanto ao CONAMA N° 420/2009 o solo da área avaliada enquadra-se como Solo Classe 3, ou seja, possui uma fonte potencial de contaminação em relação ao elemento sódio que pode estar relacionado ao efluente tratado disposto no solo. Requerendo ações preventivas e de controle, inclusive investigação na fonte, buscando averiguar se a porcentagem deste elemento no efluente tratado se relaciona com os resultados verificados no solo.

Portanto, para que se consiga avaliar a qualidade da área irrigada, é necessário primeiramente, que a empresa possa contar com legislações pertinentes às atividades fins praticados pela mesma, possibilitando entender os valores orientadores destas quanto à aplicação de efluentes tratados como forma de irrigação, o que contribuirá para a elaboração de um plano amostral capaz de definir a metodologia de análise para

efluente bruto e tratado, solo e, até mesmo, as plantas existentes na área. Posteriormente, que seja capaz de submeter os resultados obtidos a modelos estatísticos capazes de compara-los com os parâmetros estabelecidos em legislações aplicáveis, permitindo garantir que não haja contaminação do solo e águas subterrâneas devido à prática do reúso de efluentes tratados como irrigação de áreas verdes de seu complexo industrial.

CONCLUSÃO

Os elementos amostrados cobre (Cu) e zinco (Zn) estão abaixo dos valores referenciados pelo CONAMA n° 420/2009.

Com relação à fertilidade do solo, índices de pH, cálcio, magnésio, alumínio, hidrogênio + alumínio, potássio, fósforo, matéria orgânica, ferro, manganês e capacidade de troca iônica (CTC) apresentam valores bastante próximos dos encontrados em outras literaturas agrícolas.

O elemento sódio em altas concentrações pode levar a salinização do solo.

Contudo, para garantir que o uso de efluentes tratados como irrigação de solo não interfira na qualidade do mesmo e do lençol freático, faz-se necessário um plano amostral abrangente às legislações aplicáveis, capaz de retratar tanto a qualidade do efluente utilizado quanto do solo e vegetação que o compõe.

Concluiu-se que a disposição de efluentes tratados em solo, conforme suas características e o período de aplicação podem influir na qualidade das águas subterrâneas, comprometendo a sua qualidade, devido o aporte de material contaminante.

REFERÊNCIAS

ALVES, Igor Ramos; MOTA, Suetônio; SANTOS, André Bezerra dos. Avaliação das modificações nas propriedades de um solo pelo uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do coqueiro. **Rev. Tecnol. Fortaleza**, v. 28, n. 1, p. 42-50, jun. 2007.

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 09 de novembro de 2014.

_____. Lei 13.583, de 11 de janeiro de 2000. Dispõe sobre a conservação e proteção ambiental dos depósitos de água subterrânea no Estado de Goiás e dá outras providências. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/2000/lei_13583.htm>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solo e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 09 de outubro de 2014.

_____. Norma Técnica P4-002. 1ª edição. Maio/2010. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/servicos/normas/vigentes/P4.002_Efluentes%20e%20lodos%20fluidos%20de%20ind%C3%BAstrias%20c%C3%ADtricas%20-%20Crit%C3%A9rios%20e%20procedimentos%20para%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20no%20solo%20agr%C3%ADcola.pdf>. Acesso em: 17 de novembro de 2014.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 420, de 28 de dezembro de 2009. Publicado DOU n° 249, de 30/12/2009, págs. 81-84. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 21 de outubro de 2014.

_____. Resolução CONAMA n° 396, de 3 de abril de 2008. Publicada no DOU n° 66, de 7 de abril de 2008, Seção I, páginas 64-68. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 21 de outubro de 2014.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; CALIJURI, Maria do Carmo. Atribuições da engenharia ambiental e seu papel para a sustentabilidade. In: ASHBY, M.F. **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**/coordenadores Maria do Carmo Calijuri, Davi Gasparini Fernandes Cunha. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

FERNANDES, R.B.A. et al. **Avaliação da concentração de metais pesados em áreas oléícolas no Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.1, p.81–93, 2007.

FREUND, John E.; SIMON, Gary A. **Estatística Aplicada: economia, administração e contabilidade**. 9. ed. – Porto Alegre: Brookman, 2000.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Mapa Morfológico do Estado de Goiás: **Relatório Final**. Goiânia, 2005. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/downloads/geomorfologia.pdf>>. Acessado em 01 de novembro de 2014.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

MARCOLIN, Clovis Dalri. Propriedades físicas de nitossolo e latossolos argilosos sob plantio direto. Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2006. 98p. (Tese de Mestrado). Disponível em: <<http://www.ppgagro.upf.br/download/clovisdissertacao.PDF>>. Acessado em 15 de novembro de 2014.

SANTOS, Alex Paulus Ribeiro dos. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um solo argissolo vermelho distrófico cultivado com capim-Tifton 85**. Dissertação de mestrado em agronomia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

SANTOS, Glaucia Cecília Gabrielli dos; RODELLA, Arnaldo Antônio. Efeito da adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico de B, Zn, Cu, Mn e Pb no cultivo de Brassica juncea. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol.31 no.4 Viçosa July/Aug. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832007000400019>. Acessado em 10 de novembro de 2014.