http://journal.unoeste.br/index.php/ca/index
DOI: 10.5747/ce.2019.v11.n3.e281
ISSN on-line 2178-8332

Colloquium Exactarum

Submetido: 19/08/2019 Revisado: 22/08/2019 Aceito: 26/08/2019

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREAS INDUSTRIAIS CONTAMINADAS NA UGRHI-22

ANALYSIS OF GROUNDWATER QUALITY IN INDUSTRIAL AREAS CONTAINED IN UGRHI-22

Renata Cristina Mafra, Melissa Arantes Pinto, Laís Gabriela Marques, Lucas Flávio Thomaz, Elson Mendonca Felici, Letícia Aparecida Costa

Universidade do Oeste Paulista, UNOESTE, Presidente Prudente, SP.
E-mail: renatacmafra@hotmail.com

RESUMO - A poluição de origem industrial afeta negativamente a qualidade do solo e compromete a qualidade dos meios aquáticos, os quais são responsáveis pelo abastecimento de água. O objetivo do trabalho foi analisar a qualidade da água subterrânea em áreas industriais contaminadas na UGRHI 22. Para a identificação das áreas utilizamos as informações obtidas por meio de relatórios informando a localização das áreas potencialmente contaminadas por processos de atividades industriais em todo território do estado de São Paulo pela CETESB, com essas informações definiu-se poços de monitoramento para analisar a água subterrânea. Os resultados obtidos identificaram que as áreas contaminadas seguem o Limite Quantitativo Praticável da Resolução CONAMA nº 396/08, apenas o parâmetro de Cromo na área 2, a jusante da segunda coleta foi superior. Conclui-se que medidas de recuperação já estão sendo feitas e que é devido a isso, que os valores dos resultados encontrados na pesquisa foram resultados abaixo dos limites de quantificação praticáveis estando enquadrado na resolução CONAMA n° 396/08.
Palavras-chave: Água subterrânea; área contaminada; gerenciamento de área contaminada.

ABSTRACT - Industrial pollution negatively affects soil quality and compromises the quality of aquatic environments, which are responsible for water supply. The objective of this work was to analyze the groundwater quality in contaminated industrial areas at UGRHI 22. For the identification of the areas we use the information obtained through reports informing the location of the areas potentially contaminated by processes of industrial activities throughout the state of São Paulo by CETESB, with this information was defined monitoring wells to analyze groundwater. The results obtained identified that the contaminated areas follow the CONAMA Resolution No. 396/08 Quantitative Practicable Limit, only the Chromium parameter in area 2,

downstream of the second collection was higher. It is concluded that recovery measures are already being made and that is why, the results of the results found in the research were results below the practicable quantification limits being framed in CONAMA resolution n ° 396/08.
Keywords: Underground water; contaminated area; contaminated area management.

1. INTRODUÇÃO

A degradação da qualidade do meio ambiente ocorre de forma crescente em maior parte do mundo. A contaminação do solo por processos e atividades industriais que acarretam também o descarte de resíduos é um dos maiores destaques de um passivo ambiental (SÁNCHEZ, 2004).

Uma empresa possui um passivo ambiental quando ela causa um dano ao meio ambiente de alguma forma e/ou ação (KRAEMER, 2003), ou seja, quando o gasto ambiental é incorrido e não pago. Ele surge quando a empresa tiver obrigação de prevenir, reduzir ou retificar um dano ecológico por causa de uma obrigação legal, contratual, política, voluntária ou estratégica. Trata-se, portanto, de gastos incorridos em atividades que visam ao equilíbrio dos ecossistemas afetados pelo negócio da empresa (VELLANI, 2010). O passivo sempre foi visto como de fácil identificação, porém o principal problema não reside na sua avaliação, mas em quando reconhecê-lo e registrá-lo, a fim de prevenir o fato de serem gerados a partir do descumprimento de regulações ambientais e que possam trazer prejuízo a outrem (HAHN; REZENDE; NOSSA, 2010).

Toda responsabilidade social relacionada aos aspectos ambientais fica na obrigação das indústrias e empresas, sendo estas obrigadas a realizar um gerenciamento adequado, para a destinação correta de seus resíduos e insumos provenientes de todas as atividades devido o passivo ambiental representar grandes agravos ao meio ambiente (CETESB, 2017). Assim, a poluição de origem industrial afeta negativamente a qualidade do solo, de maneira que essas substâncias e contaminantes permanecem na atmosfera terrestre ocasionando a poluição de mananciais, do lençol freático e comprometendo a qualidade dos meios aquáticos os quais são responsáveis pelo abastecimento de água para sobrevivência do homem. Além disso, afeta desfavoravelmente a biota, as condições estéticas e sanitárias dos ambientes (CETESB, 2001).

Dessa forma, a elaboração deste estudo se dá pela escassez encontrada em trabalhos científicos desenvolvidos referentes à abordagem de área contaminada por atividades industriais. Vale ressaltar que o trabalho visa apontar o grau de relevância de estudo de uma área contaminada em uma bacia hidrográfica, sendo que essa área possui um grande potencial negativo de causar dano ao solo e as águas subterrâneas que são essenciais para a manutenção da vida.

2. MATERIAIS DE MÉTODOS

2.1 Identificação da área de estudo

Para a identificação das áreas de estudos foram utilizadas as informações obtidas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, na qual a mesma disponibiliza em seu site e onde é feita a consulta dos relatórios informando a localização das áreas potencialmente contaminadas por processos de atividades industriais em todo território do estado de São Paulo e a sua divisão nas unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos.

2.2 Definições dos poços de monitoramento

Para escolha dos poços de monitoramento (PM) foi realizado um estudo prévio de documentos já existentes na empresa onde a mesma, possui resultados de caracterização geológica, fluxo de água subterrânea, laudos de pluma de contaminação e análises químicas dos poços nas três áreas contaminadas. Com base nesses documentos, realizou-se visitas in loco e foram definidas a escolha de dois poços de monitoramento em cada área, sendo um a montante da área de contaminação com a disposição de resíduos e outro ponto a jusante, seguindo sistemática do fluxo hídrico, possuindo mais representatividade da área contaminada.

2.3 Amostragem

Determinou-se três dias para realização das coletas e análises com intervalo de aproximadamente dez dias entre elas. A primeira coleta foi realizada no dia 24 de setembro de 2018, a segunda coleta no dia 05 de outubro de 2018 e a terceira coleta no dia 17 de outubro de 2018. Para cada área potencialmente contaminada foi coletado em dois pontos distintos um a montante e um a jusante do local contaminado pela disposição do resíduo.

Para realizar as coletas foram utilizados amostradores descartáveis de Água Subterrânea (Bailer), o qual se trata da forma mais prática e econômica de realizar a coleta de amostras subterrâneas de água e contaminantes e especialmente utilizada em poços de monitoramento.

Posteriormente a efetivação das coletas, as amostras foram identificadas cada qual com seu ponto respectivo e colocadas imediatamente em caixas térmicas cobertas por gelo com a finalidade de se manter refrigeradas até chegarem ao laboratório (SILVA; SANTIAGO; SANTOS, 2018).

2.4 Métodos de análises e respectivas variáveis

As determinações dos parâmetros adotados nos ensaios foram realizadas segundo os métodos analíticos, descritos em Apha, Awwa, Wef (2005).

Para as análises de metais (Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Zinco) e para as variáveis físicas da água (Temperatura, Condutividade, Turbidez, pH) foram feitas análises em triplicatas, para obter-se resultados estatísticos mais representativos, pois a realização de experimentos em triplicata é recomendada porque é um compromisso aceitável entre a precisão e o trabalho (PASSARI *et al.et al.*, 2011). O valor médio da triplicata é a melhor estimativa do teor do analítico na amostra, enquanto que o desvio padrão é a estimativa do erro experimental em uma determinação, sendo que o erro padrão no valor médio da triplicata é menor. Já as análises de óleos e graxas foram realizadas em duplicatas, que é feita duas vezes para se tiver uma maior precisão média do composto a ser medido (PASSARI *et al.et al.*, 2011).

As análises das variáveis física da água (Temperatura, Condutividade, Turbidez, pH) foram realizadas no laboratório de Análise de Água. Para as análises de metais (Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Zinco) foi utilizado o laboratório de Análises físicas e químicas do solo e para o parâmetro de óleos e graxas as análises foram feitas no laboratório de Nutrição Animal, todos alocados na Universidade do Oeste Paulista, Campus II.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante a localização dessas áreas, podemos identificar cinco áreas contaminadas por atividades industriais dentro da UGRHI 22, sendo elas nas seguintes áreas:

1) Av. Silvio Domingos Roncador, 309 – Presidente Prudente – SP.
2) Est. Vicinal P. Pte À SP Assis Chateaubriand S/N Rodovia.
3) SP 425 Sítio Cercado S/N Km 6,4 – Regente Feijó - SP.
4) Via de acesso Nadir Flávia de Medeiros, S/N – Pirapozinho – SP.
5) Av. Ana Jacinta, 350 – Presidente Prudente – SP.

As áreas contaminadas 1, 2, e 3 estão localizadas na UGRHI 22 são pertencentes ao município de Presidente Prudente e Regente Feijó, essas áreas tem os meios impactados o subsolo e águas subterrâneas. Em contato com os responsáveis, foi descoberto que as três áreas são pertencentes ao mesmo dono. Solicitamos permissão para realização das coletas e analises da água subterrânea aos responsáveis e tivemos um retorno positivo, o qual nos autorizou a realização do trabalho. Em consulta aos relatórios de áreas contaminadas de 2017 disponibilizado

pela CETESB descobrimos que a 4ª área localizada no município de Pirapozinho não teve como meios impactados a água subterrânea com isso não realizarmos análise da mesma. Ainda sob consulta aos relatórios, à 5ª área contaminada por atividade industrial localizada no município de Presidente Prudente possuindo a avaliação preliminar e investigação confirmatória de sua área contaminada pela CETESB e os meios impactados foram subsolo e as águas subterrâneas decorrente do descarte/ disposição dos resíduos e infiltração. Em contato com os responsáveis não tivemos autorização para entrar na propriedade e realizar coletas/analises da água subterrânea.

Com os resultados levantados das cinco áreas foi dado continuidade apenas nas análises e coletas das três áreas que pertencem a um único proprietário e que nos concedeu autorização para realização do trabalho. Realizou-se a coleta dos poços de monitoramento já determinados na metodologia, sendo um a montante da área contaminada e outro a jusante.

Figura 1. Poços de monitoramento da área de estudo



Fonte: Autores (2018).

3.1 Turbidez

A Tabela 1 apresenta o parâmetro de turbidez com os resultados das suas respectivas médias referente aos três dias de coletas e pontos a montantes e a jusante, assim proporcionando uma melhor comparação e discussão dos resultados.

Tabela 1. Resultados das análises de turbidez

	TURBIDEZ (NTU)					
Coleta	Área 1		Área 2		Área 3	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	209,66	22,10	107,33	448,33	150,66	13,20
2	90,96	9,01	76	970	189,33	45,03
3	163	15,56	32,9	326	93,83	14,36

A Resolução CONAMA 396/08 não apresenta limites de quantificação praticáveis (LQP) para esse parâmetro físico. Dessa forma cabe apenas observar que as Coletas 1, 2 e 3 identificou-se que apenas na área 2 que o poço a jusante teve maior turbidez que o poço a montante, já nas outras áreas nos três dias de coletas, os poços a montante obtiveram valores elevados de turbidez. As origens desses materiais podem ser diversas, desde o solo (por meio da erosão); mineração; indústrias ou o esgoto doméstico sem tratamento. Após chuvas fortes, as águas de superfície ficam turvas, graças ao carreamento dos sedimentos das margens pela enxurrada. A presença desses materiais (em grande quantidade) faz com que ocorra o aumento da turbidez, ou seja, quando os valores ultrapassam os valores máximos permitidos (ÉMILIN, 2018). Assim, as águas subterrâneas normalmente não apresentam

problemas devido ao excesso de turbidez. Em alguns casos, águas ricas em íons Ferro (Fe), podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (CORCÓVIA; CELLIGOI, 2012).

3.2 pH

O parâmetro pH foi também um indicativo aos três dias de coletas e aos pontos a montante e a jusante de cada área contaminada. Seus valores do ponto de coleta a jusante na Área 2 e na área 3 foram caracterizados como ácido, e não mudou referente aos três dias de coleta sendo todos menores que 4. Esse resultado provavelmente ocorreu devido à disposição dos resíduos sólidos que causaram contaminação nas águas subterrâneas decorrente da atividade industrial. De acordo com Santos (1997), o pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5. Sendo assim, os demais poços onde foram coletados água subterrânea para a análise de pH não alterou significativamente entre os valores ideias, observou se apenas algumas diferenças nos resultados a montante da coleta 1 na área 3, e na coleta 2 e 3 ambos na área 1.

No tratamento físico-químico de efluentes industriais, muitos são os exemplos de reações dependentes do pH: a precipitação química de metais pesados ocorre em pH elevado; a oxidação química de cianeto ocorre em pH elevado; a redução do cromo hexavalente à forma trivalente ocorre em pH baixo; a oxidação química de fenóis em pH baixo; a quebra de emulsões oleosas mediante acidificação; o arraste de amônia convertida à forma gasosa se dá mediante elevação de pH, etc.

Desta forma, o pH é um parâmetro importante no controle dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes industriais (APHA, AWWA, WEF, 2000).

3.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é uma medida da habilidade de uma solução aquosa de conduzir corrente elétrica devido à presença de íons. Essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura, com a mobilidade dos íons, com a valência dos íons e com as concentrações real e relativa de cada íon (PINTO, 2007). Os valores obtidos nas análises, feitos em triplicata, identificou que nas áreas 1 e 2 todos os resultados a montante foram superiores aos a jusante com isso indica nesses pontos uma maior concentração de íons e presença de metais pesados oriundos da disposição de resíduos sólidos gerados pela atividade industrial. Na área 3 tem-se valores superiores nos pontos a jusantes nos três dias de coletas que caracteriza elevada presença de íons e metais pesados.

Na legislação vigente não existe um limite superior deste parâmetro tido como aceitável. Porém, deve-se notar que oscilações na condutividade da água, ainda que não causem dano imediato ao ser humano, podem indicar tanto uma contaminação do meio aquático por efluentes industriais como o assoreamento acelerado de rios por destruição da mata ciliar (LÔNDERO; GARCIA, 2010).

3.4 Temperatura

Os dados da temperatura foram resultados do período de coleta nas três áreas, a montante e a jusante. A temperatura é o parâmetro que faz a medição da intensidade de calor, refletindo o grau de aquecimento das águas e da radiação solar, e depende de fatores como clima, composição geológica, condutividade elétrica das rochas, dentre outras (MATICET et. al., 2013), ou seja, é a medida da intensidade de calor expresso em uma determinada escala. Uma das escalas mais usadas é grau centígrado ou grau Celsius (ºC). A temperatura pode ser medida por diferentes dispositivos, como, por exemplo, termômetro ou sensor (PINTO, 2007).

Referente à medição de temperatura feita no laboratório, nota-se que não houve variação significativa da

mesma nos pontos de coleta e nem nos dias que se seguiram a atividade, isso se deu em função de que os autores não tiveram acesso aos instrumentos necessários apara fazer a medição de temperatura no local.

Importante ressaltar também que era necessário conservar as amostras conforme acontecia a coleta e isso foi feito em caixa térmica com gelo, sendo assim os resultados obtidos em relação a medição desse parâmetro foi consequência desse fator.

3.5 Óleos e graxas

O parâmetro óleos e graxas, de acordo com o procedimento analítico empregado, consistem no conjunto de substâncias que um determinado solvente consegue extrair da amostra e que não se volatiliza durante a evaporação do solvente a 100o C. Estas substâncias ditas solúveis em n-hexano compreendem ácidos graxos, gorduras animais, sabões, graxas, óleos vegetais, ceras, óleos minerais, etc. Este parâmetro costuma ser identificado também por MSH – material solúvel em hexano. Não costumam ser encontrados em águas naturais, mas provenientes de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolinas, estradas e vias públicas (ORSSATTO; HERMES; BOAS, 2010).

Não foi possível encontrar uma resolução ou documento que abordasse a padronização de óleos e graxas em água subterrânea. Dessa forma é apenas cabível a interpretação dos resultados a partir dos valores obtidos, onde se observou variações diversas nas coletas. No primeiro dia de coleta, as três áreas obtiveram valores semelhantes tanto a montante quanto a jusante entre as faixas de 60 a 100. É necessário ressaltar que o poço a jusante na área 2 apresentou valor maior do que o poço a montante. Na coleta 2 é possível visualizar que todos os pontos a montante têm valor maior de óleos e graxas. E na coleta 3 não é possível dizer se há um padrão que tenha sido responsável pelos valores encontrados. Dessa forma é presumível que a disposição dos resíduos sólidos gerado por processos industriais nas áreas analisadas foi agravante nos resultados obtidos.

De acordo com Orssatto, Hermes e Boas (2010) e Nuvolari (2011) muitos efluentes industriais apresentam-se oleosos, como os das indústrias de prospecção de petróleo, petroquímicas, de óleos comestíveis, laticínios, matadouros e frigoríficos, etc. Outras indústrias não produzem efluentes tipicamente oleosos, mas podem possuir algumas linhas de efluentes com esta natureza, como os provenientes de oficinas mecânicas.

Os esgotos sanitários apresentam concentrações de óleos e graxas geralmente na faixa de 50 a 100 mg/L. Há ainda os óleos descarregados nas águas naturais em situações específicas, os derramamentos provenientes de acidentes marítimos e fluviais.

3.6 Cádmio e chumbo

Todos os resultados das análises referente aos parâmetros de Cádmio e Chumbo foram de 0,00 mg dm-3 isso pode ser decorrente ao limite mínimo de detecção do aparelho. Sendo assim a água subterrânea não conta com a contaminação por esses metais.

3.7 Cobre

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises de Cobre.

Tabela 2. Resultados das análises de cobre

Coleta	Cobre (LQP = 50 mg dm^{-3})*					
	Área 1		Área 2		Área 3	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	0,16	0,19	0,35	0,85	0,31	0,33
2	0,44	0,34	0,37	1,00	0,31	0,33
3	0,53	0,44	0,43	1,52	0,40	0,42

LQP: Limite de quantificação praticáveis segundo resolução CONAMA nº 396/08
Fonte: Autores (2018)

O cobre é encontrado em águas superficiais, subterrâneas e na água do mar, presente principalmente em complexos ou como partículas. Sua concentração na água é variável, em função de características como pH, dureza, e tubulação do sistema de distribuição. A alimentação é a principal fonte de exposição ao cobre para os seres humanos (WHO, 2004). Os valores encontrados a partir das análises desse parâmetro indicam que não há contaminação significativa desse metal nos poços analisados.

O cobre é um elemento que ocorre, em geral, em baixas concentrações na água subterrânea, devido sua pequena solubilidade. Nas águas superficiais são, normalmente, bem menores que 0,020 mg/L e nas águas subterrâneas é inferior a 1µg/L (ZIMBRES, 1999). Entretanto as áreas estão sujeitas a interferência antrópica, dessa forma caso houver uso da água para consumo humano ou qualquer outra atividade, o indivíduo estará exposto a tal contaminação, pois segundo a Resolução n° 357/05 do CONAMA, o teor máximo permitido em águas de abastecimento público é 0,5 mg/L.

3.8 Cromo

A Tabela 3 apresenta os resultados das médias das análises de Cromo.

Tabela 3. Resultados das análises de cromo

Coleta	Cromo (LQP = 10 mg dm^{-3})*					
	Área 1		Área 2		Área 3	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	3,72	2,21	3,11	9,08	3,83	5,24
2	5,72	5,52	4,95	11,02	3,61	4,25
3	6,29	4,87	6,00	9,19	4,21	6,68

LQP: Limite de quantificação praticáveis segundo resolução CONAMA nº 396/08
Fonte: Autores (2018)

A questão do cromo tornou-se um problema de saúde pública devido a seus efeitos tóxicos até mesmo em baixos níveis de concentração e pelo fato de que ele é amplamente distribuído no ambiente (ATSDR, 2000). Normalmente, a presença de cromo em águas subterrâneas está associada à contaminação de origem antrópica, ligada a atividades como indústrias de metal e de tratamento de madeira, curtumes, mineração e processos de beneficiamento do metal, indústrias de manufaturas de pigmentos, de filmes fotográficos e de inibidores de corrosão, entre outras. Tais contaminações são oriundas, portanto, de fontes pontuais e

formariam plumas de contaminação de geometria caracterizável por poços de monitoramento posicionados à jusante das áreas fontes (BERTOLO; MARCOLAN; BOUROTTE, 2009). Comumente, o cromo ocorre em minerais na forma trivalente, formando óxidos e hidróxidos insolúveis, o que explica a pouca frequência com que é detectado nas análises químicas de água subterrânea. Entretanto, a solubilidade do cromo eleva-se de forma mais intensa na água subterrânea quando há uma reação redox que transforma as espécies de Cr3+ em espécies de Cr6+ (ATSDR, 2000).

Com base nos resultados alcançados foi identificado que houve valores elevados no poço a jusante localizado na Área 2, nos três dias de coleta, destacando na coleta 2, que o valor foi superior ao LQP da resolução CONAMA n° 396/08. Mediante ao restante dos resultados obtidos todos se mantiveram a baixo do limite de quantificação praticável.

3.9 Ferro e Manganês

Destacam-se na Tabela 4 os resultados da média das triplicatas referente às análises de Ferro e na Tabela 5 os resultados das análises de Manganês.

Tabela 4. Resultados das análises de ferro

	Ferro (LQP = 100 mg dm^{-3})*					
Coleta	Área 1		Área 2		Área 3	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	16,96	2,22	3,46	15,50	4,11	1,78
2	12,99	2,37	2,77	17,33	5,23	3,34
3	10,41	2,21	1,91	8,37	3,87	2,49

LQP: Limite de quantificação praticáveis segundo resolução CONAMA nº 396/08
Fonte: Autores (2018)

O ferro é um dos mais importantes íons das rochas ígneas (42.200 mg/Kg). Ocorre principalmente em minerais máficos, como: piroxênios, anfibólios, biotitas, bem como magnetitas, piritas, etc. O tipo mais comum de íon de ferro dissolvido na água subterrânea é o Fe2+. O FeOH+ pode ocorrer com teores de CO2 baixos. Ferro trivalente pode ser dissolvido em soluções ácidas como Fe3+, FeOH2+ e Fe(OH)2+ (CELLIGOI, 1999).

Em relação ao parâmetro de ferro, todos os pontos de coleta apresentaram valores inferiores ao LQP especificado na resolução, porém da se um ponto de atenção para a área 1, a montante e a área 2, a jusante que obtiveram valores entre a faixa de 8 a 17, se fazendo necessário o monitoramento das áreas afim de evitar o agravamento em relação a contaminação.

Tabela 5. Resultados das análises de manganês

Coleta	Manganês (LQP = 25 mg dm^{-3})*					
	Área 1		Área 2		Área 3	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	7,78	0,91	5,31	15,72	0,63	2,22
2	10,42	2,35	0,43	15,62	0,81	1,65
3	11,90	3,60	0,35	15,59	0,59	1,93

LQP: Limite de quantificação praticáveis segundo resolução CONAMA nº 396/08
Fonte: Autores (2018)

Os elementos ferro e manganês, por apresentarem comportamento químico semelhante, podem ter seus efeitos na qualidade da água abordados conjuntamente. Podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais; causam coloração avermelhada à água, no caso do ferro, ou marrom, no caso do manganês, manchando roupas e outros produtos industrializados; conferem sabor metálico à água; as águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e obstruem as canalizações. O manganês sente em substituições em biotita e hornblenda, principalmente. Elemento principal da rodocrosita. É detectável em pequenas quantidades na água subterrânea. Concentrações acima de 1 mg/L são raras, mas valores como 0,05 mg/L terão efeito adverso na potabilidade da água (CELLIGOI, 1999).

No caso do manganês houve semelhança de maiores valores nos mesmos pontos de elevados valores do parâmetro ferro, porém ainda assim não teve resultados que ultrapassassem o limite de quantificação praticável, vigente na resolução CONAMA. Isso se dá em função de ambos os metais terem comportamento químico muito parecido. Salvo casos específicos, em virtude das características geoquímicas das bacias de drenagem, os teores de ferro e manganês solúveis em águas superficiais tendem a ser baixos. Águas subterrâneas estão mais propensas a apresentar teores mais elevados. Na água distribuída, problemas mais frequentes estão relacionados com a corrosão e com a incrustação em tubulações (MARIANI, 2006; PIVELI, 2007).

3.10 Níquel

A Tabela 6 apresenta os resultados das médias das análises de Níquel.

Tabela 6. Resultados das análises de níquel

Coleta	Níquel (LQP = 10 mg dm^{-3})*					
	Área 1		Área 2		Área 3	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	0,26	0,16	0,40	3,28	0,35	0,26
2	0,48	0,23	0,17	2,64	0,19	0,71
3	0,65	0,26	0,25	2,60	0,25	0,41

LQP: Limite de quantificação praticáveis segundo resolução CONAMA nº 396/08
Fonte: Autores (2018)

A quantidade de Níquel encontrada em todos os pontos de coletas das águas subterrâneas indica que estão abaixo no (LQP). Vale ressaltar a importância dos valores encontrados na Área 2 as jusantes pois são superiores a todos demais, com isso se dá a necessidade de ressalvar que em contato com o ser humano ou qualquer espécie animal ou vegetal, terá consequências do tipo que venha a causar problemas respiratórios e dermatites no homem. Nos animais, em especial peixes, podem levar a morte devido as doses letais serem compreendidas entre 0,5 e 10 mg L-1 para peixes de água doce, mas estão vizinhas de 100 mg L-1 para peixes de água do mar. Nas plantas mesmo em fracas concentrações, o níquel é mais tóxico do que nos animais. Todavia em concentrações muito baixas, pode ser um nutriente essencial para algumas espécies. Dessa forma mesmo que em concentrações não significativas é necessária a atenção para que nenhuma consequência ao ecossistema local aconteça. A Tabela 7 apresenta os resultados das médias das análises de Zinco juntamente com descrição das áreas e seus pontos de coleta.

Tabela 7. Resultados das análises de zinco

	Zinco (LQP = 100 mg dm^{-3})*					
Coleta	Área 1		Área 2		Área 3	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	0,58	0,13	0,91	2,75	0,11	1,38
2	1,40	0,24	0,25	2,63	0,12	3,44
3	4,34	0,17	0,24	2,31	0,28	4,05

LQP: Limite de quantificação praticáveis segundo resolução CONAMA nº 396/08
Fonte: Autores (2018)

O zinco na água subterrânea ocorre sob a forma de valência 2+ e exibe propriedade anfótero. Em meio ácido forma o cátion hidratado de zinco [Zn (H20) 6]2+ e em bases forte ocorre a formação de [Zn(OH)4]2-. Uma pequena parte do zinco permanece na água durante a formação de compostos solúveis de cloreto e sulfato de zinco. Esses compostos hidrolisados em solução formam precipitado de hidróxido ou óxido hidratado de zinco resultando na diminuição no pH. A diminuição do pH pode aumentar a solubilidade do hidróxido de zinco e aumento da concentração de zinco na água (CALLAHAN *et al.et al.*, 1979). A resolução CONAMA n° 396/08 traz o LQP 100 para o Zinco, e segundo as análises realizadas pelos autores e com bases nos valores obtidos é possível dizer que todos os resultados tiveram valores muito inferiores ao limite.

4. MEDIDAS DE INTERVENÇÃO

As medidas de intervenção são aquelas que obrigatoriamente deverão ser adotadas nas áreas que tenham apresentado contaminações geradoras de risco à saúde humana. Vão desde medidas a adoção de medidas institucionais (proibir o consumo de água subterrânea, por exemplo), medidas de engenharia (impermeabilização de solos, por exemplo) chegando às medidas de remediação, que nada mais são que aplicação de técnicas para reduzir as concentrações de contaminantes presentes no solo ou na água subterrânea através da sua remoção, ou da sua destruição in situ (AVATZ, 2018). O plano de intervenção é constituído, basicamente, pelas seguintes atividades: i) coleta e avaliação de dados existentes; ii) estabelecimento de plano de trabalho; iii) realização de procedimentos para a reabilitação ambiental e iv)

interpretação dos resultados, sendo o plano de remediação estabelecido com base no modelo conceitual definido na etapa de investigação detalhada e nos estudos de avaliação de risco à saúde humana (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010). As medidas de remediação normalmente se associam a trabalhos de longa duração, através da execução de obras ou operação de equipamentos que retirarão massas de contaminantes do meio contaminado, reduzindo por consequência os seus teores até valores inferiores àqueles considerados como máximos na avaliação de riscos. Uma vez atingido este estágio, a área entra na etapa de monitoramento para encerramento, executado durante dois anos, para se verificar se não ocorrem rebotes nos teores das contaminações. Passados os dois anos, se os rebotes não ocorrerem, a área é considerada como recuperada para a finalidade de uso que foi declarada (AVATZ, 2018). As tecnologias de remediação de solos e águas subterrâneas são alternativas que utilizam soluções mais naturais e com menores impactos no subsolo vêm ganhando maior destaque nos últimos anos. Porém, vale lembrar que, essas soluções, devido ao maior tempo requerido na remediação, nem sempre são suficientes para atingir os objetivos do projeto e devem, na maioria dos casos, ser aplicadas em complemento as formas de tratamento existentes, como química (oxidação química in-situ), biológica (atenuação natural e biorremediação) e física (extração de vapores no solo) (NOBRE; NOBRE, 2005).

De modo geral, deve-se salientar que cada técnica de tratamento é dependente de vários fatores, a saber: 1) condições físicas, químicas e biológicas do local contaminado; 2) concentração do contaminante e; 3) tempo requerido para a degradação ou a remoção do composto alvo, conforme a técnica empregada. Em todos os processos de tratamento existe uma correlação direta entre o tempo requerido para a remediação da área e o custo total (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010). Neste contexto, técnicas e estratégias são criadas com a finalidade de auxiliar o problema da geração e acúmulo de resíduos. O coprocessamento surge como uma alternativa interessante e valiosa, tanto do ponto de vista econômico, quanto dos pontos de vista ambiental e da saúde humana. O termo estabelece a integração de dois processos: a queima de resíduos sólidos industriais que seriam descartados em aterros sanitários e a fabricação de determinados produtos que requerem altas temperaturas em seus processos produtivos (ECYCLE, 2018). As atividades a seguir, geralmente desenvolvidas deverão buscar solucionar o problema ambiental de forma rápida e segura, causando o mínimo transtorno e impacto ambiental, tomando medidas corretivas e eficazes de modo a proteção, além de exercer práticas e procedimentos ambientais visando a "melhoria contínua" das ações adotadas em campo, buscando a proteção e a descontaminação dos bens a proteger (solo e água) (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados levantados pela CETESB foi possível identificar cinco áreas contaminadas por atividades industriais na UGRHI-22, tendo como quatro delas o meio impactado as águas subterrâneas. Dessas quatro áreas o trabalho deu continuidade nas coletas e análises em apenas três, devido autorização dos responsáveis.

Nas análises laboratoriais de quantificações dos metais constatou-se que as concentrações de Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Zinco encontradas nas três áreas estiveram valores inferiores aos LQP, exceto o parâmetro de Cromo que na área 2 no ponto a jusante obteve valor superior ao LQP da resolução CONAMA n° 396/08. Porém é valido ressaltar, se fazendo necessária a importância de um monitoramento efetivo das áreas onde foram coletadas as amostras, a fim de evitar o agravamento da situação

em relação a contaminação ao meio ambiente.

Para os parâmetros físicos de pH, Turbidez, Condutividade Elétrica e Óleos e graxas a Resolução CONAMA 396/08 não apresenta limites de quantificação praticáveis (LQP) ficando ao órgão competente o seu monitoramento e ao acompanhamento da condição de qualidade da água subterrânea.

A indústria estudada já adota medidas de intervenção que já estão sendo realizadas nas três áreas, e essas medidas já começam a trazer resultados positivos, pois em amostras feitas pela própria empresa por um laboratório terceirizado anteriormente teve como resultados das análises valores superiores ao limite permitido sendo assim constatando a contaminação. Conclui-se que a contaminação da água subterrânea vem sendo reduzida em virtude as medidas que já estão sendo feitas e que é devido a isso, que os valores dos resultados encontrados na pesquisa foram resultados abaixo dos limites de quantificação praticáveis (LQP) estando enquadrado na resolução CONAMA n° 396/08.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC: American Public Health Association (APHA), 2005.

ANDRADE, J. de A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclet. Quím**., São Paulo, v. 35, n. 3, p. 17-43, Sept. 2010. https://doi.org/10.1590/S0100-46702010000300002

AVATZ. **Medidas de intervenção**. AVATZ AMBIENTAL. 2018. Disponível em: http://avatz.com.br/gerenciamento-ambiental/medidas-de-intervencao/. Acesso em: 2 nov. 2018.

CETESB, - Companhia de Tecnologia de Saneamento. Ambiental. **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas**. São Paulo: CETESB, 2001.

ECYCLE. **O que é coprocessamento e quais as vantagens ambientais que ele pode oferecer?**. eCycle. Disponível em: https://www.ecycle.com.br/component/content/article/67-dia-a-dia/5918-o-quee-coprocessamento-e-quais-as-vantagens-ambientais-que-ele-pode-oferecer.html. Acesso em: nov. 2018.

HAHN, A. V.; REZENDE, I. A. C.; NOSSA, V. O seguro ambiental como mecanismo de minimização do passivo ambiental das empresas. **RevistaUniversoContábil**, v. 6, n. 2, p. 61-81, 2010. https://doi.org/10.4270/ruc.2010213

KRAEMER, M. E. P. **Passivo Ambiental**. AMDA, 2003. Disponível em: http://www.amda.org.br/assets/files/Passivo%20Ambiental.doc. Acesso em: 2 maio 2018.

NOBRE, M. M. E.; NOBRE, C. M. Remediação de Solos. Técnicas alternativas melhoram desempenho. Química e Derivados, n° 417. 2005.

PASSARI, L. M. Z. G.; SOARES, P. K.; BRUNS, R. E.; SCARMINIO, I.S. Estatística aplicada à química: dez dúvidas comuns. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 888-892, 2011. https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000500028

SÁNCHEZ, L. E. Revitalização de áreas contaminadas. *In*: MOERI, E.; COELHO, R. MARKER, A. (org.), **Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas**: aspectos técnicos, legais e financeiros. São Paulo: Signus,, 2004. p. 79-90

SILVA, E. de O.; SANTIAGO, M. F.; SANTOS, B. C. dos. **Manejo de Resíduos Químicos.** Comissão de Gerenciamento de Riscos. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2018.

VELLANI, C. L. Passivo ambiental e a ecoeficiência. **FACEF Pesquisa Desenvolvimento e Gestão**, v. 11, n. 3, 2010.