



Estudos de Caso e Notas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Impactos de indústria metalomecânica e a qualidade da água subterrânea – estudo de caso

Impacts of the metallomec industry and the quality of underground water – case study

Adir Silvério Cembranel¹; Stephanye Thayanne da Silva¹; Michelle Milanez Franca¹; Ticiane Sauer Pokrywiecki¹

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Francisco Beltrão, Paraná.

✉ adircembranel@utfpr.edu.br, tepha1903@hotmail.com, michellem@utfpr.edu.br, ticiane@utfpr.edu.br

Resumo

A água é um dos recursos naturais com maior suscetibilidade a degradação, as atividades industriais possuem elevado potencial de contaminação dos recursos hídricos. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar as possíveis fontes de contaminação e a caracterizar da água subterrânea utilizada em uma indústria metalomecânica localizada na região Oeste do Estado de Santa Catarina, bem como caracterizar o efluente líquido e avaliar o sistema de tratamento existente, indicando possíveis adequações. Na caracterização físico-química da água subterrânea foram analisados os parâmetros: cor aparente; pH; turbidez; Ferro total (Fe) e Manganês total (Mn). A identificação das potenciais fontes de contaminação ocorreu por meio de: 1) Inspeção do perfil do poço, com câmeras de vídeo; 2) Análise de parâmetros físico-químicos da água de poços da região; 3) Inspeções in loco e avaliações da estrutura da empresa. Na caracterização do efluente e avaliação do sistema de tratamento os parâmetros analisados foram: pH; DQO; DBO; óleos e graxas; sólidos sedimentáveis; fenóis; substâncias tensoativas; Fe e Mn. As propostas de adequação do tratamento embasaram-se em três procedimentos: 1) Ensaios de bancada com Jar-Test; 2) Ensaios no saturador com aplicação de microbolhas; 3) Análises físico-químicas do efluente antes e após o tratamento. Os resultados sugerem que o depósito de resíduos sólido da empresa possa ser responsável pela contaminação da água. As análises do efluentes indicaram que o sistema de tratamento é inadequado e os parâmetros de lançamento não atendem a legislação. Propõem-se substituição do atual sistema de tratamento por tratamento físico-químico seguido de sistema biológico.

Abstract

Water is one of the natural resources with the greatest susceptibility to degradation, industrial activities have a high potential for contamination of water resources. The objective of this work was to identify the possible sources of contamination and to characterize the groundwater used in a metallomechanical industry located in the western region of the State of Santa Catarina, as well as characterize the liquid effluent and evaluate the existing treatment system, indicating possible adjustments. In the physical-chemical characterization of groundwater the parameters were analyzed: apparent color; pH; turbidity; Total Iron (Fe) and Total Manganese (Mn). The identification of potential sources of contamination occurred through: 1) Inspection of the well profile, with video cameras; 2) Analysis of physico-chemical parameters of the wells of the region; 3) On-site inspections and company structure assessments. In the effluent characterization and evaluation of the treatment system the analyzed parameters were: pH; DQO; DBO; oils and greases; sedimentable solids; phenols; surfactant substances; Fe and Mn. The proposals for treatment adequacy were based on three procedures: 1) Jar-Test bench tests; 2) Saturation tests with microbubble application; 3) Physical and chemical analysis of effluent before and after treatment. The results suggest that the company's solid waste disposal could be responsible for water contamination. The effluent analysis indicated that the treatment system is inadequate and the release parameters do not comply with the legislation. It is proposed to replace the current system of treatment by physical-chemical treatment followed by biological system.

DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v33i4.29610>

Palavras-chave:

Tratamento de efluente.
poço artesiano.
resíduo sólido.
contaminação.

Keywords

Treatment of effluente.
artesian well.
solid residue.
contamination.

1. INTRODUÇÃO

A água é fonte primordial de vida, sua importância é discutida mundialmente por governos, pesquisadores e cientistas, que buscam alternativas para uso sustentável deste recurso (ROCHA et al., 2009). Além disso, os recursos hídricos são essenciais na maioria das atividades econômicas. Desta forma, monitorar e administrar a água em todo o mundo é de suma importância (CASTRO et al., 2018).

Os fenômenos naturais e as atividades antrópicas interferem diretamente na qualidade da água. No entanto, os maiores impactos estão associados ao uso e ocupação do solo por atividades antrópicas. Assim, necrochorume, efluentes sanitários e industriais, agrotóxicos, disposição inadequada de resíduos sólidos industriais, dentre outros, são potenciais fontes de contaminação da água (SPERLING, 2005; FRANCO et al., 2015).

Desta forma, quanto mais intensa a utilização do ambiente, mais complexa sua recuperação. A água é um dos recursos naturais com maior suscetibilidade a degradação, as atividades industriais possuem elevado potencial de contaminação dos recursos hídricos, especialmente no lançamento de efluentes líquidos de forma inadequada e depósitos irregulares de resíduos sólidos (DEZOTTI, 2008, WANG & YANG, 2016).

A água subterrânea é a principal fonte de abastecimento em muitos países. Apesar de sua importância, os recursos hídricos subterrâneos estão em direção a crise, devido à enorme exploração na irrigação agrícola e nos processos industriais (SHAHID et al., 2015).

O efluente industrial é o despejo líquido resultante de determinado processo produtivo. As características do efluente variam de acordo com tipologia da indústria, que influencia diretamente na sua composição, volume e concentração (ROCHA et al., 2009). O rápido aumento de diferentes setores industriais tem efeitos prejudiciais ao ambiente, devido à incapacidade de as empresas cumprirem os padrões legais de lançamento dos efluentes. Vários estudos relataram os efeitos tóxicos de efluentes lançados inadequadamente no ambiente (AKPOMIE & DAWODU, 2015; TONG, et al., 2017).

Os efluentes industriais geralmente são constituídos de compostos orgânicos e inorgânicos, além de metais pesados, porém, quando o tratamento é realizado de forma adequada e eficaz é possível encaminhá-los aos corpos hídricos sem provocar danos ao ambiente (ARCHELA et al., 2003). A maioria das indústrias, como as de automóveis, mineração, galvanoplastia, ferro, aço e baterias, utilizam substâncias que contêm metais pesados (AKPOMIE & DAWODU, 2015). A indústria metalúrgica produz quantidades significativas de efluentes com altas concentrações de metais tóxicos, que podem causar doenças e problemas fisiológicos graves, esses metais geralmente tem efeito cumulativo no corpo humano (HEGAZI, 2013).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi identificar e caracterizar as possíveis fontes de contaminação da água subterrânea utilizada em uma indústria do setor metalomecânico, localizada na região Oeste do Estado de Santa Catarina, bem como caracterizar o efluente líquido e avaliar a eficiência do sistema de tratamento existente, indicando possíveis adequações.

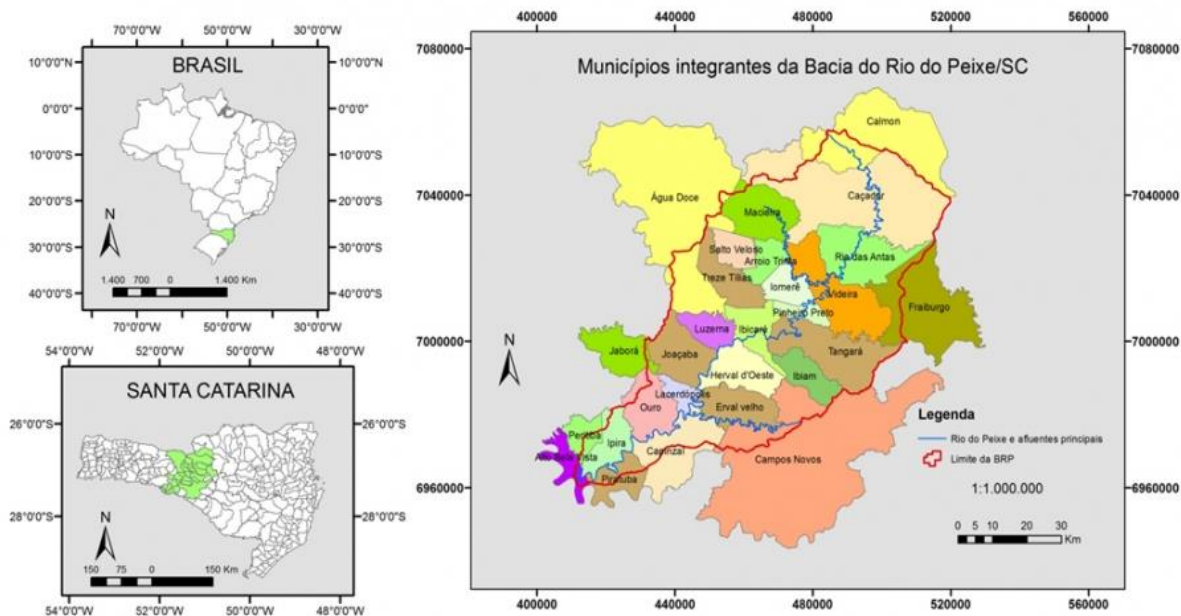
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo ocorreu em uma indústria do setor metalomecânico inserida na microbacia do Rio do Peixe, localizado na região Oeste do Estado de Santa Catarina (Figura 1). O Rio do Peixe, corpo receptor do efluente da indústria, possui vazão média de 110 m³/s (TREVISOL & SCHEIBE, 2011) e se enquadra na Classe 2 de acordo com seu uso preponderante (SANTA CATARINA, 1979; BRASIL, 2005).

A região está localizada em zona de transição climática, com clima subtropical (Cfb) para tropical (Cfa) segundo classificação climática de Köppen. Desta forma, as massas de ar quente provindas da região central da América do Sul se encontram com as massas de ar frio de origem polar sul, resultando em chuvas frontais, com maior ocorrência no verão. O relevo da região possui variação de altitudes significativas, entre 200 a 1400 metros, favorecendo o aparecimento de chuvas orográficas e convectivas regionais (FREITAS et al., 2003).

Figura 1. Localização microbacia do Rio do Peixe



2.2 Caracterização da Indústria

A indústria tem como atividade principal a fabricação de máquinas, aparelhos, peças e acessórios com tratamento térmico e/ou galvanotécnico (galvanização), fundição e pintura. Além de serviços de usinagem, solda e reparação de máquinas ou manutenção de equipamentos com pinturas (SANTA CATARINA, 2014).

O tratamento de efluente existente na indústria é o sistema de Separação de Água e Óleo (SAO). A separação ocorre por processo físico por diferença de densidade, sendo normalmente as frações oleosas mais leves recolhidas na superfície (GIORDANO, 2004).

O poço que fornece a água subterrânea utilizada no processo produtivo está localizado no pátio da empresa, é do tipo confinado e fraturado, tem como referência o planalto de Campos Novos.

A área da indústria está inserida numa região onde o mapeamento de solos mais recente apresenta as classes de Latossolo Roxo, Cambissolo, Terra Bruna Estruturada e Latossolo Bruno, com tipos de horizontes superficiais variando de húmico a proeminente (EMBRAPA, 2013).

2.3 Caracterização Físico-Química e Potenciais Fontes de Contaminação da Água Subterrânea

Na caracterização físico-química da água subterrânea foram realizadas cinco coletas de amostras de dois litros cada, na saída do poço. As coletas ocorreram nos meses de dezembro de 2017 a abril de 2018. Os parâmetros analisados foram: cor aparente; pH; turbidez; ferro total e manganês total, por meio do Standard Methods (APHA, 2012). Os resultados foram comparados e discutidos com os índices estabelecidos na Portaria Federal n° 2.914/01, que dispõe acerca dos padrões de potabilidade da água.

Considerando os elevados índices de Fe e Mn identificados em análises históricas da água do poço, fundamentou-se a necessidade de investigar as razões dos altos índices. Uma vez que o poço foi perfurado com o objetivo de fornecer água para consumo humano.

A primeira etapa da investigação foi a inspeção do perfil de escavação do poço, realizado por meio de câmeras de vídeo. O diagnóstico foi realizado por empresa especializada em perfuração e monitoramento de poços. Na segunda etapa, as parâmetros físico-químicos da água do poço em estudo foram comparadas aos índices de dois poços localizados na mesma microbacia, a uma distância entre 3 a 5 km da empresa. Os parâmetros confrontados foram: pH; cor aparente; turbidez; manganês total e ferro total. Os índices da água dos poços utilizados na comparação foram obtidos com empresa que atua na abertura de poços na região.

A terceira etapa constituiu em inspeções in loco e avaliações de toda a estrutura da empresa, buscando potenciais fontes de contaminação.

2.4 Caracterização Físico-Química do Efluente e Avaliação da Eficiência do Sistema de Tratamento

Na caracterização físico-química do efluente foram realizadas cinco coletas de amostras, de dois litros cada, em dois pontos distintos, totalizando dez amostras. As coletas ocorreram entre os meses de dezembro de 2017 a abril de 2018, mesmo período adotado para as coletas de água. As análises foram realizadas de acordo com o Standard Methods (APHA, 2012). Os parâmetros analisados foram: pH; DQO; DBO; óleos e graxas; sólidos sedimentáveis, fenóis e substâncias tensoativas, de acordo com o estabelecido pela Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (FATMA), na emissão da licença de operação do empreendimento analisado. Além disso, também foram analisados Ferro total e Manganês total, para comparar aos índices obtidos nas análises da água subterrânea.

As amostras de efluentes foram coletadas em dois pontos, o primeiro, antes do sistema de tratamento (P1) visando identificar os índices de contaminação gerados no processo produtivo, e o segundo, após o tratamento (P2), para avaliar a eficiência do sistema de tratamento. Para avaliar a compatibilidade entre a capacidade de tratamento do sistema com volume de entrada de efluente foi implantado medidor de vazão.

2.5 Propostas de Adequação no Sistema de Tratamento

Análises prévias do efluente indicaram que o atual sistema de tratamento de efluente, caracterizado como Separador de Água e Óleo, não atende aos parâmetros físico-químicos de lançamento estabelecidos na resolução CONAMA nº 430/2011.

Desta forma, as propostas de adequação do sistema de tratamento embasaram-se em três procedimentos: 1) Ensaios de bancada com uso de Jar-Test; 2) Ensaios no saturador com aplicação de microbolhas; 3) Análises físico-químicas do efluente antes e após o tratamento. Os parâmetros e as metodologias das análises físico-químicas foram os mesmos utilizados na caracterização físico-química do efluente.

Segundo Quartaroli (2014), no atendimento aos padrões de lançamento de efluentes, os processos físico-químicos de coagulação, floculação, sedimentação, flotação, filtração e oxidação são considerados satisfatórios. Desta forma, optou-se inicialmente pelo sistema de flotação por ar dissolvido.

Os efluentes industriais, na maioria das vezes, possuem oscilações qualitativas, pois dependem das características do processo de produção da indústria (QUARTAROLI, 2014). Por esse motivo, os testes de coagulação, floculação e flotação foram realizados a partir de amostra composta, coletadas antes do sistema de tratamento, no ponto P1.

A amostra composta foi constituída a partir de quatro coletas, realizadas nos dias 22, 23, 26 e 27 de março de 2018, com o objetivo de identificar a variabilidade das características do efluente. As amostras, de um litro cada, foram armazenadas a temperatura entre 6 a 10°C e posteriormente homogeneizadas por agitação manual, totalizando quatro litros de amostra composta.

No primeiro teste de coagulação, denominado teste A o coagulante cloreto férrico em solução a 10% de diluição, foi acrescentado em um litro de efluente composto. No segundo teste, denominado teste B, foi acrescentado ao efluente composto o coagulante Cloreto Férrico e Tanino em 10% de diluição.

Os testes A e B foram submetidos ao Jar-Test e ao teste de floculação com a adição do polímero aniônico Q –Magnafloc LT 27, diluído a 0,1%, com tempo de agitação de 40 minutos.

A flotação foi realizada por meio de saturador de bancada com capacidade de um litro. O saturador recebeu o ar induzido por compressor de ar, a pressão de saturação variou de 4 a 6 Kgf/cm², controlada por meio de manômetro acoplado ao sistema do saturador, o tempo de saturação foi de aproximadamente 40 minutos. Os testes de coagulação e floculação foram realizados em triplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação/Estudo da Água Subterrânea

A inspeção realizada por câmara de vídeo no perfil de escavação do poço, ocorreu no mês de dezembro de 2017. Durante a avaliação foi identificada uma fratura no tubo de aço galvanizado utilizado no revestimento do poço, a aproximadamente seis metros de profundidade.

Após a identificação da falha foram realizadas alterações no poço, como: revestimento do tubo com geomembrana; revestimento em concreto do topo do poço para evitar infiltrações; além da troca da bomba de sucção e a elevação da cota do solo no entorno do poço para reduzir o escoamento superficial.

Após reestruturação do poço ocorreu significativa redução do escoamento superficial em direção a perfuração e o fim da entrada de água por meio da fratura no tubo de aço galvanizado. Demonstrando que as características, estrutura do poço, a qualidade dos materiais e equipamentos, formas de construção, adoção de tecnologias e capacitação do perfurador, podem gerar contaminação da água subterrânea (SOUZA et al., 2016), uma vez que após a alteração os índices de contaminação diminuíram (Tabela1).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da água subterrânea

Parâmetros	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	Portaria 2.914/2011
pH (25 °C)	7,3	7,3	7,44	7,54	7,29	6,0 a 9,5
Cor aparente - uH	121	32,8	46,53	78,7	56,1	15
Turbidez - uT	145	15,7	4,33	9,24	6,28	5
Ferro total - mg FeL	11,9	3,1	1,741	1,74	1,29	0,3
Manganês total - mg MnL	0,78	0,5	0,256	0,266	0,316	0,1

A presença de Fe e Mn nas águas subterrâneas pode ter origem geológica. No entanto, a falta de saneamento básico contribui significativamente na elevação dos índices destes metais. Além disso, os poços artesianos, por meio da própria estrutura do poço, revestimento, moto bomba e tubulações, são importantes fontes de contaminação por Fe e Mn nas águas subterrâneas (CARVALHO, 2004).

A comparação dos parâmetros físico-químico das análises realizadas antes e após as alterações no poço indicaram que os índices de Ferro Total (mg Fe-L) e Manganês Total (mg Mn-L) diminuíram, assim como os demais índices, porém, permaneceram em concentrações superiores ao estabelecido na Portaria n° 2.914/2011 (Tabela 1). No entanto, a redução dos índices indica que as características do poço contribuíam na contaminação. Altas concentrações de íons Fe e Mn em águas subterrâneas, utilizada para consumo humano, podem causar impacto negativo a saúde. Os íons metálicos causam gosto metálico desagradável a água, e os íons de manganês podem causar neurotoxicidade em humano (LI et al., 2016).

Os índices dos parâmetros analisados na amostra de água coletada três meses após a reconfiguração do poço, foram confrontados aos parâmetros da água subterrânea coletada de outros dois poços (A e B) localizados na mesma microbacia (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos água subterrânea poços da região

Parâmetros	Poço em estudo	Poço A	Poço B	Portaria 2.914/2011
pH (25 °C)	7,54	9,11	6,65	6,0 a 9,5
Cor aparente - uH	78,7	4,3	18	15
Turbidez - uT	9,24	1,22	<1	5
Ferro total - mg FeL	1,74	0,01	<0,005	0,3
Manganês total - mg MnL	0,266	0,03	<0,005	0,1

Como é possível identificar na Tabela 2, os parâmetros das amostras de água dos poços A e B, atendem, majoritariamente, os índices estabelecidos na Portaria n° 2.914/2011, diferente da amostra do poço em estudo. Considerando a redução nas concentrações dos parâmetros analisados após a adequação na estrutura do poço e os índices dos poços A e B, possivelmente, a contaminação da água do poço em estudo têm origem antrópica, gerada na própria indústria.

A contaminação da água subterrânea por Fe e Mn possui diversas origens, como: rejeitos e resíduos industriais; postos de gasolina; lixões; elementos químicos e tóxicos no subsolo. Além disso, a movimentação dos elementos químicos depende das propriedades físico-hídricas do solo, influenciado pelas características ambientais (SOUZA et al., 2016).

A utilização das águas subterrâneas no Brasil é geralmente feita de forma empírica, improvisada e não controlada, resultando em frequentes problemas de interferências entre poços, redução dos fluxos de base dos rios, impactos em áreas encharcadas e redução das descargas de fontes e nascentes (SILVA et al., 2014).

Neste contexto, a pesquisa transcorreu na identificação das potenciais fontes antrópicas de contaminação, tendo como foco as atividades desenvolvidas na indústria. Foram considerados dois potenciais focos de poluição por Fe e Mn: 1) área destinada ao Depósito Intermediário de Resíduos (DIR); 2) existência de fossa séptica.

O DIR, está localizado próximo ao poço, no qual são destinadas todas as classes de resíduos gerados na empresa (Figura 2). Durante muitos anos, os resíduos foram depositados diretamente no solo e exposto a intempéries, permanecendo no local por longos períodos, até serem coletados. A partir de janeiro de 2018, os resíduos passaram a ser depositados e separados em caçambas cobertas.

Figura 2. Localização do poço e do DIR



No estudo realizado por Ribeiro (2013), em indústrias do setor metalomecânica, nas quais são realizadas atividades de galvanização e cromagem de peças, foi identificado que a contaminação do solo tinha como origem o armazenamento das sucatas geradas nas atividades da indústria. O compartimento que primeiro sofre com a contaminação por íons de metais pesados associados a aterros sanitários é o solo, que têm se caracterizado como obstáculo natural para os contaminantes (BELLEZONI, 2013).

Segundo Benvenuti et al. (2015), um dos setores mais críticos no que se diz respeito à emissão de poluentes é a atividade galvanotécnica, devido aos grandes volumes de resíduos gerados e as características químicas do processo, aumentando os riscos de contaminação ambiental.

Considerando o depósito de resíduo como potencial fonte de contaminação foi realizada uma coleta de solo em um ponto localizado na área entre o poço e o depósito, com objetivo de identificar as concentrações de Fe e Mn. A análise da amostra de solo ocorreu a partir do método EPA 3050B, de acordo com a United States Environmental Protection Agency (EPA, 1996), realizado por técnica de espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP – OES). A investigação demonstrou concentrações de Fe 5,18 g/Kg e Mn 0,0126 g/Kg.

Segundo EMBRAPA (2006), os solos com teores de óxidos de Ferro abaixo de 80g/Kg são considerados hipoférricos. Desta forma, o DIR não estaria causando a contaminação do solo, tampouco os elevados índices Fe e Mn na água subterrânea teriam origem natural, devido aos baixos teores apontados na análise.

No entanto, a hipótese de a contaminação ter como origem o DIR não pode ser descartada, uma vez que, na reestruturação do poço ocorreu grande movimentação de solo na área do entorno ao poço, inviabilizando uma análise confiável. Além disso a investigação ocorreu considerando apenas uma amostra em um único ponto de coleta.

A contaminação do solo gerada no depósito inadequado de resíduos sólidos, pode, por meio do escoamento superficial e no processo de lixiviação, causar contaminação das águas subterrâneas (SILVA & FAY, 2004; MASÍÁ et al., 2013). Ademais, o escoamento superficial, que está diretamente relacionado aos índices pluviométricos facilita o carreamento de contaminantes. Fato que pode contribuir para contaminação nesse caso específico, uma vez que no estado de Santa Catarina, durante o verão ocorrem tempestades que se caracterizam por chuvas de forte intensidade (MONTEIRO, 2001).

Outro ponto de investigação da contaminação foi a fossa séptica, pois existia a possibilidade de parte do efluente industrial, com elevadas concentrações de Fe e Mn estar sendo destinado a fossa. Além da possível existência de fissuras na estrutura da fossa, que possibilitassem o vazamento/infiltração no solo. A investigação ocorreu por meio da realização de coleta e análise de uma amostra do efluente na fossa, buscando identificar os índices de Fe e Mn.

A avaliação do efluente apresentou os índices de Fe e Mn foram: <0,007 mg/L e 0,059 mg/L, respectivamente. A baixa concentração de Fe e Mn indica que o efluente do processo produtivo não está sendo destinado a fossa séptica.

3.2 Sistema de Tratamento de Efluentes

A principal atividade geradora de efluente é a lavagem de máquinas, equipamentos e peças. Na manutenção, reforma ou adequação de máquinas e equipamentos é necessária, na maioria das vezes, limpeza prévia com detergentes e em alguns casos soda cáustica, uma vez que estes equipamentos são expostos a resíduos de esgoto doméstico, efluente industrial de graxarias, curtumes, frigoríficos, extração de óleos de palma e oliva, entre outros.

O efluente desta atividade é destinado ao processo de tratamento, constituído por Separação de Água e Óleo. A licença ambiental da empresa estabelece a necessidade da apresentação semestral de análises do efluente bruto (no ponto P1) e do efluente tratado (no ponto P2) dos parâmetros: pH; DQO; DBO; óleos e graxas; sólidos sedimentáveis e fenóis. Os parâmetros devem atender os índices estabelecidos na Lei Estadual n° 14.675/2009.

Na avaliação da eficiência do sistema de tratamento foram avaliados os parâmetros do efluente na entrada (P1) e saída (P2) do SAO. A Tabela 3 apresenta os resultados das coletas realizadas no mês de dezembro de 2017 a abril de 2018, bem como os parâmetros da legislação.

Tabela 3. Resultados das análises realizadas na entrada e saída do SAO.

Parâmetros	dez/17		jan/18		fev/18		mar/18		abr/18	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
pH - 25°C	8,33	8,15	7,1	7,6	9,82	10,89	2,36	6,81	8,66	11,2
DQO	1465	3041	1835	1577	1645	1481,9	2229,4	1480,9	3603,6	2570,5
DBO (mg/L)	737	926	302	281	384	184	10	718	1108,7	743,72
O.G. (mg/L)	228	150	205	33	192	165	35	60	818,0	133,0
S.S. (mL)	< 0,5	< 0,5	2,4	0,3	6	0,6	<0,5	1,3	28,0	<0,5
Fenóis (mg/L)	0,275	0,685	-	-	4,257	<0,130	0,158	0,5	0,502	0,469
Manganês (mg/L)	-	-	0,93	1,1	1,199	0,129	<0,030	<0,030	2,988	0,261
Ferro (mg/L)	-	-	31	23,9	67,06	4,17	<0,05	<0,05	190,49	11,85
S.T. (mg/L)	-	-	24,5	134	6,55	7,45	168,51	40,85	34,81	49,53

Lei Estadual 14.675/2009

pH 25°C	DQO	DBO (mg/L)	O.G. (mg/L)	S.S. (mL)	Fenóis (mg/L)	Manganês (mg/L)	Ferro (mg/L)	S.T. (mg/L)
6 a 9	-	60	30	1	0,2	1	-	2

P1 – Entrada do SAO; P2 – Saída do SAO; O. G. – Óleos e graxas; S.S - Sólidos sedimentáveis; S.T. – Substâncias Tensoativas.

Na Tabela 3 é possível identificar intensa variação nos índices dos parâmetros analisados, isso ocorreu, devido a variação da quantidade, origem e das características das máquinas e equipamentos nos processos de manutenção e lavagem.

A elevada variação de pH pode ser fator limitante no sistema de tratamento, pois influencia os processos de coagulação e oxidação biológica (CAVALCANTI, 2016). Além disso, algumas reações dependem exclusivamente do pH, como por exemplo, precipitação química de metais pesados, oxidação química de cianeto ou oxidação química de fenóis (MESQUITA, 2011). Além da inexistência de padrão nos equipamentos em manutenção, em algumas situações ocorre a utilização de produtos à base de soda cáustica, para facilitar a limpeza das máquinas, alterando o pH do efluente.

A soda, tende a aumentar o pH, segundo a Funasa (2009), para se obter uma reação ótima com o coagulante no processo de coagulação/floculação, e a alcalinidade estiver muito elevada, tem-se como princípio a acidificação do meio.

De acordo com a Lei 14.675/2009, o sistema de tratamento de efluente deve remover 80% da DBO do efluente bruto (SANTA CATARINA, 2009). No entanto foi possível verificar que os percentuais de redução da DBO do sistema de tratamento existente, nos cinco meses de coletas de amostras, não atenderam o estabelecido na legislação.

No mês de fevereiro de 2018 ocorreu a maior redução percentual da DBO, com 52%, porém, inferior ao indicado na lei estadual. Nos meses de dezembro de 2017 e março de 2018 ocorreu aumento dos índices após o tratamento, possivelmente devido ao acúmulo de matéria orgânica no separador de água e óleo.

Segundo Giordano (2004), o Separação Água e Óleo pode ser utilizado como tratamento preliminar na estação de tratamento de efluentes, com o objetivo de minimizar os impactos do óleo. Sendo assim, não é recomendável a utilização como único sistema de tratamento, devido a incapacidade de remoção de carga orgânica, justificando assim a necessidade de mais uma etapa de tratamento.

Além do SAO não ser adequado para a remoção de carga orgânica, o tempo de retenção pode estar sendo insuficiente para degradação. Ademais a variação da origem dos equipamentos (laticínios, frigoríficos, estações de tratamento de esgoto, entre outros) destinados a lavagem e manutenção são fatores que interferem diretamente no tratamento e, conseqüentemente reduz a eficiência do processo.

A Lei 14.675/2009, estabelece 0,2 mg/L o índice máximo de Fenóis no lançamento de efluente (SANTA CATARINA, 2009). No entanto, somente no mês de fevereiro de 2018 o índice (<0,130) foi atingido (Tabela 3). Os compostos orgânicos (fenóis) são considerados compostos de grande preocupação ambiental, são poluentes tóxicos para plantas e animais aquáticos (PRIYADHARSHINI & BAKTHAVATSALAM, 2017, LYU et al., 2018).

A elevada concentração de fenóis existente no efluente, pode prejudicar a remoção de DQO (BRINK et al., 2017), confirmada pelos baixos índices de remoção obtidos após o tratamento (Tabela 3).

A Resolução Conama 430/2011, estabelece a concentração máxima de 50mg/L de óleos e graxas no lançamento do efluente. A legislação estadual é mais restritiva, e estabelece índice de 30 mg/L (BRASIL,2011; SANTA CATARINA, 2009). No entanto, o menor índice obtido, 33 mg/L, ocorreu no mês de janeiro de 2018 (Tabela 3). O teor de óleos e graxas é um fator determinante na adequação alteração e/ou ampliação do sistema de tratamento de efluentes. A degradação realizada por processos biológicos não é recomendada com a presença de óleos e graxas, devido à pouca solubilidade desse parâmetro (ZIELS et al., 2016).

O índice máximo de sólidos sedimentáveis no lançamento do efluente, segundo a legislação estado de Santa Catarina é de 1mL (SANTA CATARINA, 2009). O sistema de tratamento existente, apresentou resultado satisfatório neste parâmetro, sendo que, apenas no mês de março de 2018 o índice (1,3 mL) não atingiu o limite estabelecido.

A presença de Ferro e Manganês na água e nos efluente pode gerar inúmeros impactos ambientais (LEI et al., 2017). Na água, o Fe e o Mn inibem o processo biológico, nos efluentes, permanecem no lodo inviabilizando sua utilização como fertilizante e encarecendo sua disposição final (YANG et al., 2018).

As legislações, estadual e federal, estabelecem o limite de 1 mg/L de Manganês no lançamento do efluente. De acordo com os índices obtidos (Tabela 3), somente a amostra do mês de janeiro de 2018 ultrapassou o limite, com 1,1 mg/L. Para o Fe o limite no lançamento do efluente é de 15 mg/L de acordo com a Conama 430/2011. Somente no mês de janeiro de 2018, a concentração de 23,9 mg/L, não atendeu a legislação.

O lançamento das substâncias tensoativas no efluente tem o limite estabelecido na Lei Estadual e na Resolução 430/2011 do CONAMA, com concentração máxima de 2 mg/L. No presente estudo é possível verificar que em nenhuma das amostras o limite estabelecido foi atingido. Este tipo de efluente quando lançados de maneira incorreta em lagos, córregos ou rios sem o tratamento adequado podem diminuir a concentração de oxigênio, impactando os organismos do meio e aumentando a temperatura da água (MACHADO, 1992).

3.3 Adequação do Tratamento

A análise dos parâmetros físico-químico apresentados na Tabela 3 demonstrou a ineficiência do tratamento realizado atualmente e a necessidade de adequações no processo de tratamento da indústria. Dessa forma, foram realizados ensaios de coagulação e floculação, seguido de flotação. A Tabela 4 apresenta os valores de pH e a dosagem dos produtos químicos utilizados nesses ensaios.

Tabela 4. Dosagens dos químicos no teste de coagulação/flotação.

	Teste A Cloreto Férrico (ppm)	Teste B Cloreto ferrico + Tanino (ppm)
Coagulante	10	8
Polímero	12	12
pH	6.5	6.0

Na etapa de flotação, aplicada pressão de 4,5 kgf/cm² e taxa de recirculação de 30%, o coagulante Cloreto Férrico gerou 3% de sólido flotado. O efluente com Cloreto Férrico associado ao Tanino gerou 4% de sólido flotado.

A Tabela 5 apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicos da amostra composta após os testes A e B.

Tabela 5. Resultado testes de bancada

Parâmetros	Efluente Bruto*	Efluente tratado (Teste A)	Efluente tratado (Teste B)	Lei n° 14.675/2009
pH (25° C)	11,09	6,14	5,9	6 a 9
DQO (mg/L)	4051,6	259,74	332,63	-
DBO (mg/L)	932	145	250	60
Óleos e graxas (mg/L)	874	<5,0	43	30
Fenóis (mg/L)	0,57	0,381	0,287	0,2
Substâncias Tensoativas (mg/L)	52,77	17,41	23,49	2

*Amostra composta

Como é possível identificar na Tabela 5, o Teste A (Cloreto Férrico) obteve resultados mais próximos ao estabelecido na legislação que o Teste B (Cloreto Férrico associado ao Tanino). No entanto, os parâmetros DBO, Substâncias Tensoativas e Fenóis mantiveram-se acima do limite imposto pela legislação, necessitando tratamento complementar.

As substâncias tensoativas são um dos principais contaminantes da água e do solo, pois sempre estão presentes nos efluentes industriais em forma de sabões, detergentes, desengordurante entre outros (Zhang et al., 2018). Desta forma é necessário reavaliar todo o sistema de tratamento de efluentes da empresa, pois esses tipos de resíduos requerem tratamentos mais específicos.

Os fenóis quando presentes em efluentes industriais, podem ser removidos por processos físico-químicos, como pode ser observado na Tabela 5, que apesar dos índices não atenderam a legislação, obtiveram remoção de 33,15 e 49,64% nos testes A e B respectivamente.

A vazão de entrada, a composição do efluente e a determinações das cargas de poluição são fatores importantes na definição do sistema de tratamento. Além da avaliação do tempo e a capacidade de autodepuração do corpo receptor (VIEIRA et al, 2012). Desta forma, além dos testes de bancada, foram monitoradas as vazões de entrada do sistema de tratamento entre os meses dezembro de 2017 a abril de 2018 (Tabela 6).

Tabela 6. Vazão de entrada do sistema de tratamento

MÊS	VAZÃO (m³)
Dezembro	21,7
Janeiro	70,4
Fevereiro	80,1
Março	70,1
Abril	76,0

A partir da identificação e monitoramento da vazão de efluentes será possível dimensionar o novo sistema de tratamento, ajustar componentes, dimensionar tanques de armazenamento e equalização. Considerando a baixa vazão diária sugere-se o tratamento do efluente por batelada.

4. CONCLUSÕES

A principal fonte de contaminação da água subterrânea possui origem antrópica. Os resultados apresentados neste estudo sugerem que o depósito intermediário de resíduos sólidos da própria empresa, possa ser o responsável por essa contaminação, visto que o mesmo permaneceu muito tempo recebendo rejeitos de maneira inadequada. As análises do tratamento de efluentes indicaram que o atual sistema de tratamento é inadequado e os parâmetros de lançamento avaliados não atendem os índices definidos na legislação vigente. Desta forma, propõem-se substituição do atual sistema de tratamento de efluente por um sistema de tratamento físico-químico seguido de sistema biológico.

5. REFERÊNCIAS

- AKPOMIE, K. G.; DAWODU, F. A. Treatment of an automobile effluent from heavy metals contamination by an eco-friendly montmorillonite. **Journal of Advanced Research**, v. 6, p. 1003–1013, 2015.
- ARCHELA, E.; CARRARO, A.; FERNANDES, F.; BARROS, O. N. F.; ARCHELA, R. S. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. **Geografia (Londrina)**, v. 12, n. 1, p. 517–525, 2003.
- APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2012.
- BELLEZONI, R. A.; IWAI, C. K.; ELIS, V. R.; SILVA P. W.; HAMADA, J. Small-scale landfills: impacts on groundwater and soil. **Environmental Earth Sciences**, v. 71, p. 2429-2439, 2013.
- BENVENUTI, T.; RODRIGUES, M. A. S.; ARENZON, A.; BERNARDES, A. M.; ZOPPAS-FERREIRA, J. Toxicity effects of nickel electroplating effluents treated by photoelectrooxidation in the industries of the Sinos River Basin. **Braz. J. Biol.**, v. 75, n. 2, p. 17-24, 2015.
- BRASIL. Resolução **CONAMA nº 357**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 17 de março de 2005.
- BRASIL. Resolução **CONAMA nº 430**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 16 de maio de 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 de 12 de dez, de 2011**. Gabinete do Ministro. República Federativa [do] Brasil. Brasília, 2011.
- BRINKA, A.; SHERIDANA, C. M.; HARDINGA, K. G. A kinetic study of a mesophilic aerobic moving bed biofilm reactor (MBBR) treating paper and pulp mill effluents: The impact of phenols on biodegradation rates. **Journal of Water Process Engineering**, v. 19, p. 35–41, 2017.
- CASTRO, M. C. T.; HALL-SPENCER, J. M.; POGGIAN, C. F.; FILEMAN, T. W. Ten years of Brazilian ballast water management. **Journal of Sea Research**, v. 133, p. 36–42, 2018.
- CARVALHO, A. R. Processo de complexação do ferro em águas subterrâneas – Uma proposta de mudança da Portaria 36 do Ministério da Saúde. In: XIII **Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 18, 2004, Cuiabá.
- CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. 3° edição. Engenho editora Técnica LTDA, São Paulo, 2016.
- DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2° edição. Embrapa Solos. Brasília, 2006.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3° edição. Embrapa Solos. Brasília, 2013.
- EPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1996. Method 3050B: **Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils**. Revision 2. Washington, DC.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água. Manual de Bolso**. Engenharia de Saúde Pública (DENSP). Ministério da Saúde, Brasília, 2009.
- FRANCO, G. B.; SILVA, D. D.; MARQUES, E. A. G.; CHAGAS, C. S.; GOMES, R. L. Análise da vulnerabilidade à contaminação do aquífero freático e da taxa de infiltração do solo da bacia do rio Almada e área costeira adjacente – BA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 705-720, 2015.
- FREITAS, M. A.; CAYE, B. R.; MACHADO, J. L. F. **Diagnóstico dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Oeste do estado de Santa Catarina** – Projeto Oeste de Santa Catarina. Secretaria de desenvolvimento urbano e meio ambiente do estado de Santa Catarina. Porto Alegre, 2003.
- GIORDANO, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. **Revista ABES**, v. 4, ed. 76, 2004.
- HEGAZI, H. A. Removal of heavy metals from wastewater using agricultural and industrial wastes as adsorbents. **HBRC J**, v. 9, p. 276-282, 2013.
- LEI, Y.; LIN, X.; LIAO, H. Effect of Ni, Fe and Mn in different proportions on microstructure and pollutant-catalyzed properties of Ni-Fe-Mn-O negative temperature coefficient ceramic nanocompositions. **Materials Chemistry and Physics**, v.194, p. 128-136, 2017.
- LI, C.; WANG, S.; DU, X.; CHENG, X.; FU, M.; HOU, N.; LI, D. Immobilization of iron- and manganese-oxidizing bacteria with a biofilm-forming bacterium for the effective removal of iron and manganese from groundwater. **Bioresource Technology**, v. 220, p. 7, 2016.
- LYU, J.; PARK, J.; PANDEY, L. K.; CHOI, S.; LEE, H.; SAEGER, J.; DEPUYDT, S.; HAN, T. **Testing the toxicity of metals, phenol, effluents, and receiving waters by root elongation in *Lactuca sativa* L.** **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 149, p. 225–232, 2018.
- MACHADO, P. A. **Direito Ambiental**. Revista ampliada e atualizada. 21° edição. São Paulo, 1992.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Editora Agronômica Ceres. Primeira edição. São Paulo, 2006.
- MASIÁ, A.; CAMPO, J.; VÁZQUEZ-ROIG, P.; BLASCO, C.; PICÓ, Y. Screening of currently used pesticides in water, sediments and biota of the Guadalquivir River Basin (Spain). **Journal of Hazardous Materials**, v. 263, p. 95-104, 2013.
- MESQUITA, P. V. S. **Análise do pH e oxigênio dissolvido em rios e igarapés próximos a postos de combustíveis em São Luis -MA e seu mapeamento espacial**. IFMA – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. São Luis, 2011.
- MONTEIRO, M. A. **Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano**. Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina Florianópolis, 2001.

- PRIYADHARSHINI, S. D.; BAKTHAVATSALAM, A. K. **Phycoremediation of phenolic effluent of a coal gasification plant by *Chlorella pyrenoidosa***. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 111, p. 31–39, 2017.
- QUARTAROLI, L.; KURITZA, J. C.; CAVALLINI, G. S.; VIDAL, C. M. S.; SOUZA, J. B. Aplicação de polímeros aniônico e catiônico na flotação por ar dissolvido como forma de pós-tratamento de efluente de indústria de papel e celulose. *Sci. For.*, v. 42, n. 101, p. 57-67, 2014.
- RIBEIRO, M. A. C. **Contaminação do solo por metais pesados**. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias - Faculdade de Engenharia. Engenharia do Ambiente, Lisboa, 2013.
- ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A.; A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- SANTA CATARINA. **Instrução Normativa nº 04**, versão Abril de 2014. Florianópolis, 2014.
- SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009**. Código Estadual do Meio Ambiente. Florianópolis, 2009.
- SANTA CATARINA. Portaria Estadual nº 24 de 19 de setembro de 1979. Enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 1979.
- SHAHID, S. WANG, X. J.; RAHMAN, M. M.; HASAN, R.; HARUN, S. B. SHAMSUDIN, S. Spatial assessment of groundwater over-exploitation in northwestern districts of Bangladesh. *J. Geol. Soc. India*, v. 85, p. 463–470, 2015.
- SILVA, R. C.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Bahia, 2003.
- SILVA, C. M. M. de S.; FAY, E. F. (Org). **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília: Embrapa, 2004.
- SILVA, D. D.; MIGLIORINI, M. B.; SILVA, E. C.; LIMA, Z. M.; MOURA, I. B. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do bairro Pedra Noventa, Cuiaba (MT). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.19 n.1, p. 43-52, 2014.
- SOUZA, B. R.; TRINDADE, M. M.; ANDRADE A. L. A. Poços Artesianos: aspectos negativos da implantação. *Revista multidisciplinar do Nordeste Mineiro*. n. 2, p. 302-308, 2016.
- SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de águas residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Minas Gerais: ABES, 2005.
- TREVISOL, J. V.; SCHEIBE, L. F. Bacia hidrográfica do Rio do Peixe: **Natureza e Sociedade**. Joaçaba: Editora Unoesc, 2011.
- TONG, J.; LU, X.; ZHANG, J.; SUI, Q.; WANG, R.; CHEN, M.; WEI, Y. Occurrence of antibiotic resistance genes and mobile genetic elements in enterococci and genomic DNA during anaerobic digestion of pharmaceutical waste sludge with different pretreatments. *Bioresour. Technol.* v. 235, p. 316-324, 2017.
- VIEIRA, C.; PASQUALINI, A.; ALEXANDRINI, F.; ALEXANDRINI, C.; HASSE, C. R. Reaproveitamento de óleo de corte em centros de usinagem no setor de suportes na Metalúrgica Riosulense S.A. In: **Simpósio de excelência em gestão e tecnologia**, 2012, Resende.
- ZHANG, P.; LIU, Y.; LI, Z.; KAN, A. T.; TOMSON, M. B. Sorption and desorption characteristics of anionic surfactants to soil sediments. *Chemosphere*, v. 211, p. 1183-1192, 2018.
- YANG, H.; LI, D.; ZENG, H.; ZHANG, J. Autotrophic nitrogen conversion process and microbial population distribution in biofilter that simultaneously removes Fe, Mn and ammonia from groundwater. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 135, p. 53–61, 2018.
- ZIELS, R. M.; KARLSSON, A.; BECK, D. A. C.; EJLERTSSON, J.; YEKTA, S. S.; BJORN, A.; STENSEL, H. D.; SVENSSON, B. H. Microbial community adaptation influences long-chain fatty acid conversion during anaerobic codigestion of fats, oils, and grease with municipal sludge. *Water Research*. v. 103, p. 372-382, 2016.
- WANG, Q.; YANG, Z. Industrial water pollution, water environment treatment, and health risks in China. *Environmental Pollution*. v. 218, p. 358-365, 2016.