

Diagnóstico de riscos ambientais em estação de tratamento de efluentes no município de Maringá-PR

Diagnosis of environmental risks in wastewater treatment plant in the city of Maringá, PR

Ana Paula Jambers Scandelai^{1*}, Camila Dias Pinaffi², Paula Polastri³, Cristhiane Michiko Passos Okawa⁴

Resumo: As estações de tratamento de efluentes domésticos e industriais, necessárias aos empreendimentos diversos, apresentam riscos ocupacionais associados a elas, necessitando, portanto, que os trabalhadores exerçam a sua função com segurança. Dessa forma, este estudo tem como objetivo garantir a segurança do trabalhador ao identificar os riscos químicos, biológicos e mecânicos a que ele está sujeito e sugerir medidas de segurança adequadas. O objeto de estudo foram os operadores de uma estação de tratamento de efluentes líquidos domésticos e industriais, localizada em Maringá, Paraná. A coleta de dados foi realizada a partir de visita técnica destinada a conhecer o objeto de estudo, observando o processo de trabalho e as técnicas de tratamento de efluentes adotadas. Foi ainda realizada entrevista aberta com os responsáveis pela empresa e inspeção visual, identificando os riscos no local. Foi verificada a existência de riscos químicos, biológicos e mecânicos, nos quais os trabalhadores estão expostos em diversas etapas do processo de tratamento de efluentes, bem como a existência de capacitação dos funcionários sobre os riscos a que estão expostos, sobre as medidas de segurança e o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs). Assim, recomenda-se a implantação de medidas de segurança relacionadas, principalmente, à proteção coletiva dos trabalhadores, pela introdução de equipamentos de proteção coletiva (EPCs) e novos EPIs, mais adequados e seguros. Conclui-se que a empresa tem realizado bons treinamentos, mas uma fiscalização mais rigorosa quanto ao uso dos EPIs deve ser realizada, além disso, as recomendações propostas devem ser implantadas.

Palavras-chave: Riscos ocupacionais. Segurança ocupacional. Medidas de segurança. ETE. Segurança do trabalho.

Abstract: Domestic and industrial wastewater treatment plants, necessary for several enterprises, present occupational risks associated with them, thus necessitating that workers carry out their functions safely. So this way, this study aims to ensure workers safety by identifying the chemical, biological and mechanical risks to which they are exposed and suggest appropriate safety measures. The object of study was the operators of a domestic and industrial liquid wastewater treatment plant, located in Maringá, Paraná. The data collection was carried out from a technical visit aimed at knowing the object of study, observing the work process and the wastewater treatment techniques adopted. It was also held an open interview with the company's managers and visual inspection, identifying the risks in the place. The existence of chemical, biological and mechanical risks in which workers are exposed at various stages of the wastewater treatment process has been verified, as well as the existence of training of employees about the risks they are exposed, about safety measures and the use of personal protective equipment (PPEs). Therefore, we recommend the implement of safety measures related mainly to the collective protection of workers, by introducing more appropriate and safe collective protection equipment (CPEs) and new PPEs. Therefore, the study concluded that the company has performed good training, but a more rigorous inspection regarding the PPE use must be performed; in addition, the proposed recommendations should be implemented.

Key words: Occupational risks. Occupational safety. Security measures. WTP. Workplace safety.

*Autor para correspondência.

Recebido para publicação em 12/07/2018; aprovado em 07/12/2018.

¹ Engenheira Ambiental, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Mestra e Doutoranda em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, paulascandelai@hotmail.com.

² Engenheira Ambiental, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Mestra em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional e Doutoranda em Agronomia, Universidade do Oeste Paulista, camila_pinaffi@hotmail.com.

³ Engenheira Ambiental, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho e em Ciências Ambientais, Mestra em Engenharia Urbana e Doutoranda em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, paula_pol@hotmail.com.

⁴ Engenharia Civil, Mestra em Engenharia Hidráulica, Doutora em Ciências Ambientais e Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, cmpokawa@uem.br.



INTRODUÇÃO

O setor de tratamento de efluentes domésticos e industriais tem sido constantemente ampliado devido às exigências de cumprimento às legislações ambientais, o que, conseqüentemente, incide no aumento do número de funcionários, os quais devem estar aptos para exercer a sua função com segurança. Devido a isto, as estações de tratamento de efluentes (ETE) têm se preocupado cada vez mais com a higiene e a segurança no ambiente de trabalho, de forma a atender a legislação aplicável e diminuir o número de afastamentos por acidentes e mortes, os quais podem gerar prejuízos financeiros e sociais à empresa (BUDA, 2004a).

Os riscos ambientais, associados ao processo de tratamento de efluentes, variam em função das técnicas adotadas, dos produtos químicos utilizados em cada uma das etapas, bem como em decorrência das características dos efluentes (BRASIL, 2002). Esses riscos, classificados como físicos, químicos, ergonômicos, biológicos e mecânicos (ou de acidentes), ocorrem devido aos seus agentes, existentes no ambiente de trabalho, que, em razão de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, podem causar danos à saúde do trabalhador (BRASIL, 2014a). Sendo assim, tais riscos tornam-se ferramentas importantes para a elaboração de programas de controle das condições insalubres e arriscadas, visando à eliminação ou minimização de impactos que possam afetar o trabalhador em seu ambiente de trabalho (BRASIL, 2002; WIZIACK, 2007).

Os efluentes, oriundos de diversos processos industriais, podem conter, dependendo de sua origem, alta concentração de matéria orgânica, microrganismos patogênicos, metais, materiais tóxicos, dissolvidos ou suspensos, entre outros. Tais substâncias são consideradas potencialmente prejudiciais à saúde e à segurança humana, em caso de inexistência de proteção de contato (BRASIL, 2002). O principal objetivo das plantas de tratamento de efluentes é eliminar a maior quantidade possível desses contaminantes, dentro das suas possibilidades técnicas e econômicas. Para isto, geralmente, é empregado o uso de produtos químicos, os quais podem causar riscos aos seus operadores e apresentarem, muitas vezes, caráter tóxico.

Além dos riscos de exposição aos produtos químicos e aos efluentes e seus subprodutos, os trabalhadores das ETE estão, ainda, expostos a riscos decorrentes das máquinas e equipamentos. Também estão expostos a estes riscos os trabalhadores terceirizados, que executam trabalhos de manutenção, inclusive os que realizam o transporte dos efluentes (BUDA, 2004a).

A identificação e a avaliação dos riscos ambientais associados aos operadores de estações de tratamento de efluentes tem o intuito de auxiliar os profissionais da área, em relação aos riscos em que estão expostos, bem como propor melhorias para aqueles riscos existentes e não controlados, visto que há pouca disponibilidade de informação publicada.

Embora em constante evolução, as estatísticas de segurança do trabalho no Brasil ainda não contemplam adequadamente todos os ramos da atividade industrial,

sendo notória a deficiência de dados técnicos e científicos, que permitam analisar os riscos associados aos processos de tratamento dos efluentes. Além disso, não há uma Norma Regulamentadora (NR) que aborde as condições adequadas para realização de um trabalho seguro em estações de tratamento de efluentes, sejam eles de origem doméstica ou industrial. Em razão das características e composição dos efluentes, bem como do manuseio de produtos químicos utilizados para o seu tratamento, torna-se necessário maiores estudos sobre a saúde e a segurança dos operadores de ETE.

Nesse contexto, o presente estudo visa garantir a segurança do trabalhador ao identificar as condições de segurança e os riscos químicos, biológicos e mecânicos a que os operadores de uma estação de tratamento de efluentes domésticos e industriais (ETE) estão expostos, direta ou indiretamente, visando à sua eliminação ou minimização, por meio da proposição de medidas de prevenção e controle.

MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma estação de tratamento de efluentes líquidos domésticos e industriais (ETE), localizada no município de Maringá-PR.

De acordo com a Norma Regulamentadora (NR) nº 04 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (BRASIL, 2016a) e com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017), a empresa é classificada, pelo número 37.01-1- Gestão de redes de esgoto: tratamento de esgoto por meio de processos físicos, químicos e biológicos e operação de estações de tratamento de esgoto - ETE e, portanto, apresenta grau de risco 3.

O objeto de estudo é especializado no segmento de tratamento de efluentes líquidos, dispendo de uma combinação de tecnologias para o tratamento de diversos tipos de efluentes industriais, comerciais e residenciais, como efluentes oleosos, de elevadas acidez e carga orgânica, produtos químicos com validade expirada, esgoto sanitário e lixiviados de aterros sanitário e industrial. No ano de 2016 foram tratados, aproximadamente, 2.680 m³ desses efluentes.

A coleta de dados foi realizada a partir de uma visita técnica, a qual se destinou a: conhecer o local e o objeto de estudo; observar o processo de trabalho e as técnicas adotadas para o tratamento de efluentes, por meio de entrevista aberta com os responsáveis pela empresa; e realizar inspeção visual da situação da empresa, visando identificar os possíveis riscos inerentes às atividades executadas.

Dessa forma, foram levantados os possíveis riscos químicos, biológicos e mecânicos no ambiente de trabalho, sob os quais os operadores da ETE estão expostos. Posteriormente, os riscos foram relacionados com as normas e regulamentações nacionais existentes para o setor (NR nº 6, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 21, 23, 24, 25, 26 e 35) de forma a comparar as condições recomendadas com a real situação de trabalho. A partir disso, foram propostas



recomendações ou adequações na execução de atividades que se encontraram em não conformidade com as referidas normas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição dos processos de tratamento

Os processos de tratamento de efluentes utilizados pela empresa em estudo são compostos por métodos de tratamento preliminar (métodos físicos), primário (métodos físico-químicos) e secundário (métodos biológicos e físico-químicos). Diferentes tecnologias são empregadas, a depender do tipo de efluente recebido. No Quadro 1 são descritas cada uma dessas etapas, bem como o objetivo de sua utilização e os efluentes a que são aplicáveis.

Quadro 1. Objetivo e aplicabilidade das etapas de tratamento de efluentes.

Método	Etapas	Objetivo	Tipo de Efluente Tratado
-	Tanques pulmão	Armazenamento dos efluentes recebidos além da capacidade de tratamento ou até a obtenção dos resultados dos seus parâmetros físico-químicos.	Industriais.
-	Lagoa de armazenamento		Doméstico; Lixiviado de aterro sanitário.
Físico	Peneiramento Desarenador	Remoção de sólidos grosseiros, areia e gordura; Evitar corrosão e entupimento de tubulações e assoreamento em processos posteriores.	Industriais.
Físico	Tanque de equalização	Homogeneização de vazões, carga orgânica e materiais tóxicos; Degradação aeróbia da matéria orgânica e inorgânica.	
Físico-químico	Decantação físico-química	Neutralização (evitar corrosão das tubulações); Remoção de impurezas metálicas.	Galvânicos.
Biológico	Lodos ativados (reator e decantador biológico + recirculação do lodo)	Estabilização parcial da matéria orgânica solúvel e biodegradável.	Galvânicos; Industriais.
Físico-químico	Coagulação e Floculação	Neutralização de partículas; Formação, aglutinação e sedimentação de flocos biológicos.	Industriais; Galvânicos; Lixiviado de aterro sanitário.
Físico	Decantação física	Biodegradação da matéria orgânica; Remoção de sólidos decantáveis.	
Biológico	Biodigestão	Degradação da matéria orgânica; Produção de biofertilizante e biogás.	Domésticos; Lixiviado de aterro sanitário.

Após tratamento adequado, os efluentes são lançados em um corpo hídrico próximo à empresa, conforme o padrão exigido pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), órgão ambiental do Estado do Paraná.

Os processos de decantação resultam na formação de subproduto sólido (lodo), o qual é classificado como resíduo sólido classe II – não perigoso, segundo a NBR 10004:2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

O lodo gerado no decantador biológico é retornado ao reator biológico aerado, constituindo-se o sistema de lodos ativados (reator biológico aerado + decantador biológico), ao passo que, aqueles gerados nos decantadores físico-químicos, são submetidos a tratamento (leito de secagem ou centrifugação), visando à separação da água e do sólido

Identificação e análise dos riscos ambientais na ETE

Os possíveis riscos químicos, biológicos e mecânicos, os quais os operadores da ETE estão expostos, observados nas operações de tratamento de efluentes e no manuseio e tratamento do lodo, bem como as suas respectivas Normas

Regulamentadoras aplicáveis, são apontados no Quadro 2 e 3, respectivamente.

Foi identificado que, nas etapas de recebimento dos efluentes, nos tratamentos preliminares (peneiramento e desarenador), tanque de equalização, reator biológico, caixas de mistura, decantadores e nos processos de tratamento e manuseio do lodo, os operadores estão sujeitos aos riscos biológicos. Esses riscos ocorrem devido à exposição aos agentes biológicos, como vírus, bactérias, fungos, parasitas, protozoários, insetos, entre outros, os quais estão presentes nos efluentes, podendo causar doenças infecciosas diarreicas, hepáticas e respiratórias, segundo Hökerberg et al. (2006).

Os riscos biológicos são decorrentes da exposição a microrganismos presentes nos efluentes e no lodo. No tratamento aeróbio (lodos ativados), estes microrganismos podem estar dispersos no ar (bioaerossóis), devido à explosão de bolhas de ar produzidas nos aerossóis microbianos. Ho (2002) afirma que os tanques de aeração de ETE produzem mais de 130 partículas por metro cúbico de ar, por minuto, sendo que, aproximadamente, 10% destas são compostas por coliformes fecais.

**Quadro 2.** Riscos inerentes aos processos de tratamento de efluentes.

Etapa	Risco			Norma Regulamentadora (NR) ¹
	Químico	Biológico	Mecânico	
Recebimento do efluente	x	x		NR 6 - Equipamento de proteção individual NR 8 - Pisos e edificações (biodigestores, peneiramento, desarenador e caixas de mistura) NR 10 - Instalações e serviços em eletricidade (tanque de equalização) NR 11 - Transporte, movimentação, armazenamento e manuseio de materiais (peneiramento e desarenador) NR 12 - Máquinas e equipamentos (tanque de equalização) NR 13 - Caldeiras, vaso de pressão e tubulações (compressor de ar) (tanque pulmão e reator biológico aerado) NR 15 ² - atividades e operações insalubres NR 16 - Atividades e operações perigosas (tanque de equalização - manutenção da bomba) NR 21 - Trabalho a céu aberto NR 23 - Proteção contra incêndio (biodigestores) NR 24 - Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho (peneiramento e desarenador) NR 25 - Resíduos industriais NR 26 - Sinalização e segurança NR 35 - Segurança e saúde no trabalho em altura (tanque pulmão, biodigestores, decantador biológico e caixas de mistura)
Tanques pulmão Biodigestores			x	
Lagoa de armazenamento dos efluentes para a biodigestão				
Lodos ativados		x	x	
Decantadores físico-químico				
Peneiramento		x		
Desarenador				
Tanque de equalização	x	x	x	
Caixas de mistura	x		x	
Reservatório de efluente tratado		x		

Quadro 3. Riscos inerentes ao manuseio e tratamento de lodo de ETE e ao estoque de produtos químicos.

Etapa	Risco			Norma Regulamentadora (NR)
	Químico	Biológico	Mecânico	
Leito de secagem do lodo				NR 6 - Equipamento de proteção individual NR 8 - Pisos e edificações NR 10 - Instalações e serviços em eletricidade (centrifugação do lodo) NR 11 - Transporte, movimentação, armazenamento e manuseio de materiais (transporte interno do lodo) NR 12 - Máquinas e equipamentos (transporte interno do lodo) NR 15 - Atividades e operações insalubres NR 21 - Trabalho a céu aberto NR 24 - Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho (centrifugação do lodo) NR 25 - Resíduos industriais NR 26 - Sinalização e segurança
Transporte interno do lodo	x	x	x	
Centrifugação do lodo	x			
Armazenamento de produtos químicos	x		x	NR 6 - Equipamento de proteção individual NR 8 - Pisos e edificações NR 11 - Transporte, movimentação, armazenamento e manuseio de materiais NR 15 - Atividades e operações insalubres NR 25 - Resíduos industriais NR 26 - Sinalização e segurança

De acordo com Brandi et al. (2000), a exposição a esses bioaerossóis pode resultar em riscos ao operador, pelo contato direto com o material contaminado ou pela inalação de microrganismos aerolizados e, ainda, pode apresentar risco potencial para visitantes e para a população vizinha. Dentre os efeitos na saúde dos trabalhadores expostos a bioaerossóis provenientes de ETE, Mahar et al. (1999),

Rylander (1986) e Ivens et al. (1999) destacam sinusites, infecções de ouvido, sintomas de gripe e alergias, além de efeitos a longo tempo, como sintomas respiratórios, desordens gastrointestinais e indução de severas reações tóxicas, como síndrome tóxica da poeira orgânica, denominada pneumociste tóxica.

¹ Normas Regulamentadoras referentes apenas aos riscos químicos, biológicos e mecânicos, objetos dessa pesquisa. Portanto, não estão incluídas as NRs referentes aos riscos físicos e ergonômicos.

² Os anexos 11, 12 e 13 da NR 15 são aplicáveis à exposição aos agentes/riscos químicos, ao passo que o anexo 14 é aplicável aos agentes/riscos biológicos.



As causas geradoras dos riscos químicos, evidenciado em diversas etapas de tratamento (recebimento dos efluentes, tanques pulmão, tanque de equalização, caixas de mistura, tratamento do lodo e armazenamento do lodo e de produtos químicos) são decorrentes da exposição a agentes químicos. Esses agentes, segundo Buda (2004b) e Hökerberg et al. (2006), são substâncias, compostos ou produtos, que, quando em exposição ao operador, podem adentrar no organismo, via respiratória, cutânea ou ingestão, como poeiras, fumos, gases, vapores, névoas, neblinas, entre outros. Esse grupo abrange, ainda, os produtos utilizados nos processos de tratamento de efluentes (coagulação, floculação e neutralização), no tratamento de lodos, nas análises laboratoriais e na manutenção (contato com óleos, graxas e solventes).

Dentre os efeitos dos riscos químicos à saúde do trabalhador, podem-se destacar irritações e lesões oculares, queimaduras, irritações nasais e pulmonares. Adicionalmente, o contato com o gás sulfídrico (H₂S) gerado nos sistemas anaeróbios, em concentrações acima de 900 ppm, pode, além de causar irritações oculares, provocar conjuntivite e levar à perda do olfato. O gás metano (CH₄), gerado nos biodigestores pode causar asfixia e perigo de explosão, em função da sua competição com o oxigênio (BRASIL, 2002).

Observou-se, ainda, que a exposição aos agentes mecânicos ou acidentais está relacionada ao arranjo físico

ou funcionamento inadequado de máquinas, equipamentos e ferramentas, bem como à ausência de proteção a eles; à iluminação inadequada do local; à possibilidade de incêndio e explosão (decorrente da presença de H₂S e CH₄); a quedas em locais desprotegidos; à presença de animais peçonhentos; à ausência de sinalização; e a choques elétricos durante a manutenção de máquinas. Tais riscos foram evidenciados nos processos de biodigestão, remoção de sólidos (peneiramento e desarenador), equalização, reator e decantador biológicos, caixa de mistura, tratamento do lodo e armazenamento de lodo e de produtos químicos.

Em relação ao lodo gerado durante algumas etapas de tratamento (Quadro 3), os riscos estão associados ao manuseio e ao reuso de lodo sem tratamento prévio de estabilização e higienização. Devido aos agentes patogênicos presentes no lodo, Cesário Silva (2001) afirma que os mesmos podem causar infecção direta ao trabalhador, pelo contato ou inalação, ou indireta, por meio da água e de animais.

Nos Quadros 4 e 5 são apresentados os riscos inerentes às etapas de tratamento dos diversos efluentes recebidos pela ETE; ao transporte, manuseio e tratamento do lodo gerado nos processos; e ao depósito de produtos químicos, bem como seus respectivos agentes, medidas de controle atualmente adotadas e as recomendações propostas para os riscos identificados e que ainda não são controlados.

Quadro 4. Riscos e agentes identificados nas fontes geradoras das atividades de tratamento de efluentes, consequências da exposição do trabalhador, práticas adotadas e recomendações complementares propostas (AI = atividade insalubre e AP = atividade perigosa).

Fonte geradora	Riscos identificados e seus agentes	Consequências da exposição	Medidas de controle adotadas	AI	AP	Medidas de controle sugeridas
Tratamento dos efluentes						
Recebimento do efluente	<i>Risco biológico:</i> contato com microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários) presentes no efluente.	Desenvolvimento de doenças infectocontagiosas, diarreicas, hepáticas e respiratórias, em decorrência do contato direto com o efluente.	Uso de luvas e botas de PVC cano longo.	Sim	Não	Uso de óculos de proteção e uniforme de manga longa e impermeável (como aventais de PVC ou macacões de borracha) ou uso de aventais de PVC juntamente com luvas longas de borracha, visando minimizar a exposição do trabalhador aos agentes biológicos.
	<i>Risco químico:</i> contato com compostos tóxicos, como os metais, presentes nos efluentes galvânicos.	Desenvolvimento de doenças por absorção cutânea ou ingestão acidental do efluente.				
Tanques pulmão	<i>Risco mecânico:</i> equipamento com proteção, mas execução de trabalho em altura.	Quedas com gravidade.	Escada de acesso com proteção guarda corpo.	Sim	Não	Treinamento periódico dos colaboradores quanto à realização de atividade em altura, conforme periodicidade e conteúdo estabelecido na NR 35.
Peneiramento e desarenador	<i>Risco mecânico:</i> equipamento desprotegido	– Acidentes na montagem, manutenção e operação, como cortes e fraturas. – Contato com insetos e animais peçonhentos.	EPIs utilizados: luvas e botas de PVC cano longo.	Sim	Não	– Uso de EPIs adicionais, como óculos de proteção e roupa impermeável (de PVC ou borracha). – Treinamento dos colaboradores sobre a correta forma de executar a atividade.
	<i>Risco biológico:</i> microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários).	Desenvolvimento de doenças (infecciosas, contagiosas, diarreicas, hepáticas e respiratórias), pelo contato direto com o efluente.				
Tanque de equalização	<i>Risco mecânico:</i> equipamento desprotegido	– Curto-circuito e choque elétrico. – Queda e afogamento durante a manutenção do aerador.	– EPIs utilizados: luvas e botas de PVC cano longo. – Tanque protegido com barreira metálica para evitar a queda. – Bomba com proteção plástica contra choque elétrico. – Cinto de segurança no conserto do aerador.	Sim	Sim	Manutenção da bomba do tanque de equalização: emissão de ordens de serviço ou de procedimentos operacionais e treinamento periódico dos operadores quanto à segurança na atividade.
	<i>Risco biológico:</i> microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários) por respingo do efluente.	Desenvolvimento de doenças infectocontagiosas, diarreicas, hepáticas e respiratórias.				
	<i>Risco químico:</i> contato com produtos químicos (óleos e graxas) durante a manutenção da bomba.	Desenvolvimento de doenças por absorção cutânea ou ingestão acidental dos químicos.				



Quadro 4. Continuação.

Fonte geradora	Riscos identificados e seus agentes	Consequências da exposição	Medidas de controle adotadas	AI	AP	Medidas de controle sugeridas
Tratamento dos efluentes						
Reator biológico aerado e Decantador biológico	<i>Risco mecânico:</i> rompimento da estrutura de concreto do tanque aerado e decantador desprotegido.	Acidentes graves por rompimento (reator aerado) e quedas (decantador descoberto).	– EPIs utilizados: luvas e botas de PVC cano longo. – Tanque aerado protegido com lona PEAD para evitar respingos de efluente e reduzir a propagação de mau cheiro ocasionado, principalmente, pelo gás sulfídrico (H ₂ S). – Escada de acesso ao decantador com proteção guarda corpo.	Sim	Não	– Uso de protetor auricular durante o funcionamento soprador de oxigênio (O ₂). – Inspeções periódicas, na estrutura do tanque de reação, por técnico responsável pelo projeto. – Uso de roupa impermeável e óculos de proteção, visando minimizar a exposição do trabalhador aos agentes biológicos.
	<i>Risco biológico:</i> contato com microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários) e bioaerossóis efluente.	Desenvolvimento de sintomas (sinusite, infecção de ouvido, gripe, alergia, irritação ocular e conjuntivite), doenças (respiratória e gastrointestinal) e reações tóxicas (pneumociste tóxica) por bioaerossóis.				
Caixas de mistura	<i>Risco mecânico:</i> estrutura localizada em altura (> 2,0 m) e sem proteção.	Quedas, curto-circuito e choque elétrico.	Escada de acesso ao local com corrimão.	Sim	Não	– Instalação de grades de proteção coletiva no local em que estão dispostas as caixas de mistura e de escada definitiva e com corrimão para acesso do operador ao produto químico (ou mudança de local da bomba dosadora). – Uso de EPIs adicionais: máscara com filtro contra gases, óculos de proteção e roupa impermeável.
	<i>Risco químico:</i> polímero aniônico (agente sólido) e policloreto de alumínio (agente líquido).	Intoxicação e lesões cutânea, respiratória, ocular e nasal, queimadura, decorrentes do contato, inalação ou ingestão acidental dos produtos químicos ³ .	– Aplicação automática dos agentes coagulante e floculante, minimizando o contato com o operador. – Uso de luvas e botas impermeáveis.			
Decantadores físico-químico	<i>Risco mecânico:</i> equipamento protegido, mas execução de trabalho em altura.	Quedas com gravidade.	Escada de acesso à parte superior do decantador com proteção guarda corpo.	Sim	Não	Em caso de manutenção da mangueira de lodo: uso de roupa impermeável, máscara e óculos de proteção.
	<i>Risco biológico:</i> microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários) presentes no efluente ou no lodo, em caso de manutenção ou reparo da mangueira de envio de lodo à centrífuga.	Desenvolvimento de doenças infecciosas, contagiosas, diarreicas, hepáticas e respiratórias.	– EPIs utilizados: luvas e botas de PVC cano longo. – Envio automático do lodo produzido para a centrifugação, evitando seu contato direto com o operador.			
Lagoa de armazenamento dos efluentes para a biodigestão	<i>Risco mecânico:</i> equipamento desprotegido (ausência de barreira de proteção)	Quedas.	EPIs utilizados: luvas e botas de PVC cano longo.	Sim	Não	Instalação de barreira de proteção no entorno das lagoas, como cerca com tela tipo alambrado, por exemplo, com portão de acesso aos trabalhadores responsáveis pelas atividades.
	<i>Risco biológico:</i> contato com microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários), em caso de queda no tanque.	Intoxicação por ingestão acidental de poluentes presentes no efluente sem tratamento e desenvolvimento de doenças (infecção contagiosas, diarreicas e hepáticas).				
Biodigestores (reator anaeróbio)	<i>Risco mecânico:</i> equipamentos desprotegidos (rampa de acesso construída em material provisório (madeira) e sem proteção guarda corpo; biodigestores localizados em terreno íngreme e sem proteção coletiva; e escada de acesso ao queimador de gás sem proteção).	– Quedas. – Asfixia, incêndio e explosão, decorrente dos gases, principalmente CH ₄ , gerados no processo.	– Uso de luvas e botas de PVC cano longo e de máscara contra gases durante a ativação manual do sistema de queima dos gases produzidos. – Treinamento técnico semestral aos operadores. – Extintores existentes e vistoriados frequentemente.	Sim	Não	– Instalação de barreira coletiva no entorno dos biodigestores e de guarda corpo nas escadas. – Substituição da rampa de acesso por estrutura de concreto. – Aproveitamento dos gases para fins energéticos. – Adequação da escada de acesso ao queimador de gases, com proteção guarda corpo. – Instalação de um filtro de impurezas na saída da tubulação de gás, para reduzir o odor. – Uso de máscara contra gases durante a operação dos biodigestores. – Treinamento quanto ao correto uso dos extintores ou formação de brigada de emergência.
Reservatório de efluente tratado	<i>Risco biológico:</i> contato com microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários) presentes no efluente durante a coleta de amostra para controle analítico e durante a lavagem do reservatório.	Desenvolvimento de doenças infectocontagiosas, diarreicas e hepáticas.	Uso de luvas e botas de PVC cano longo.	Sim	Não	Uso de EPIs adicionais: óculos e máscara de proteção dos olhos contra respingos e roupa ou avental impermeável.

³ Informações constantes nas FISPQ do policloreto de alumínio (PAC) (coagulante) e do polímero aniônico (floculante).



Quadro 5. Riscos e agentes identificados no processo de gerenciamento do lodo e de estocagem de produtos químicos, consequências da exposição do trabalhador, práticas de controle adotadas e recomendações complementares propostas (AI = atividade insalubre e AP = atividade perigosa).

Fonte geradora	Riscos identificados e seus agentes	Consequências da exposição	Medidas de controle adotadas	AI	AP	Medidas de controle sugeridas
Manuseio e tratamento do lodo						
Leito de secagem e transporte interno	<i>Risco mecânico:</i> estruturas desprotegidas: leitos de secagem; transporte manual do lodo à caçamba (rampa de madeira improvisada); e caçamba de armazenamento de lodo.	Quedas.	Uso de luvas e botas de PVC cano longo.	Sim	Não	<ul style="list-style-type: none"> - Adequação da rampa de acesso à caçamba de lodo, com estrutura de concreto e proteção guarda corpo. - Uso de EPIs adicionais: óculos de proteção, máscara facial e avental impermeável. - Treinamento quanto ao correto manuseio do resíduo. - Sinalização de segurança do local.
	<i>Risco biológico:</i> microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários) presentes no efluente e no lodo.	Desenvolvimento de doenças infectocontagiosas, diarreicas e hepáticas, pelo contato direto do lodo contendo poluentes.				
	<i>Risco químico:</i> poeira (inalação durante a retrada do lodo).	Desenvolvimento de doenças pulmonares.				
Caixa de mistura	<i>Risco químico:</i> poeira (contato com produto químico na aplicação manual do polímero) e com o lodo + produto químico durante a manutenção da caixa.	Intoxicação e lesões cutânea, ocular e nasal e problemas respiratórios decorrentes do contato, inalação ou ingestão acidental.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de luvas e botas de PVC cano longo. - Local com barreira de proteção coletiva contra queda e escada de acesso ao local segura e com guarda corpo (corrimão). 	Sim	Não	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de máscara, óculos de proteção e roupa ou avental impermeável durante o manuseio do polímero e a manutenção da caixa de mistura.
Centrifugação	<i>Risco químico:</i> contato com óleos e graxas durante a lubrificação (a cada 72h)	Desenvolvimento de doenças por absorção cutânea ou ingestão acidental dos químicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Operação automática (independe do contato direto com o operador). - Barreira de proteção coletiva da rosca helicoidal. - Uso de luvas durante a lubrificação da máquina. 	Sim	Não	<ul style="list-style-type: none"> - Uso adicional de óculos de proteção durante a lubrificação da centrífuga. - Treinamento para a adequada operação do equipamento e fiscalização periódica.
Outras atividades						
Depósito de produtos químicos	<i>Risco mecânico:</i> produtos desprotegidos e sem organização e presença de animais peçonhentos.	Quedas e lesões na pele, decorrente da picada de animais peçonhentos.	Uso de luvas e botas de PVC cano longo.	Sim	Não	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar o armazenamento dos produtos químicos distantes do chão, utilizando-se, por exemplo, <i>pallets</i> como suportes. - Treinamento sobre o correto transporte e manuseio desses materiais, conforme estabelecido na NR 11. - Utilização de EPIs contra poeira, como máscara facial e óculos de proteção.
	<i>Risco químico:</i> poeira química.	Irritações e lesões nasal, ocular, cutânea e pulmonar, queimaduras leves ou graves e desenvolvimento de doenças nervosas, renais, hepáticas e respiratórias.				

Foi verificado que todos os operadores da ETE recebem insalubridade grau máximo (adicional de 40%), devido à exposição a agentes biológicos, decorrentes de trabalho de contato permanente com esgotos, conforme preconizado pela NR 15 em seu Anexo nº 14 – Agentes biológicos (BRASIL, 2014b). Já o mecânico do local, o qual é responsável tanto pela manutenção de bombas quanto pelos serviços em eletricidade, está sujeito, além da insalubridade, à execução de atividades perigosas, recebendo o adicional de periculosidade de 30%, conforme disposto na NR 16 em seu Anexo nº 4 – Atividades e operações perigosas com carga elétrica (BRASIL, 2015). A verificação e comprovação de atividades insalubres foram determinadas por laudo de insalubridade, o qual foi realizado por uma empresa especializada terceirizada e disponibilizado pela empresa em estudo, resultando em uma organização com atividades em conformidade com a legislação de segurança do trabalho.

Tendo como base os EPCs mais comuns a Estações de Tratamento de Esgoto, listados por Buda (2004a), recomenda-se que sejam instaladas sinalizações de avisos em geral em toda a ETE em estudo, bem como sistemas de isolamento acústico de bombas e proteção das valas que se encontram abertas e sem proteção contra queda.

Os equipamentos de proteção individual (EPI) fornecidos pela empresa e utilizados pelos operadores são:

cinto de segurança, capa de chuva, luva, bota simples, máscara facial (na adição de produtos químicos aos processos) e óculos. Dessa forma, recomenda-se a adição de EPIs específicos para a execução das atividades, conforme os Quadros 4 e 5.

Apesar de a empresa exercer o correto fornecimento dos EPIs básicos, constante fiscalização e aplicação de advertências em caso do não uso dos mesmos, foi observado que alguns funcionários não utilizavam esses equipamentos durante toda a jornada de trabalho, prática comumente observada na maioria das empresas. Sendo assim, propõe-se que seja realizada uma fiscalização mais rigorosa, bem como um treinamento mais intenso quanto à importância do uso de EPIs e os impactos dos riscos à saúde do trabalhador.

De acordo com Buda (2004a, 2004b), os acidentes mais frequentemente ocorridos no setor, relatado por profissionais da área são picadas de insetos, como escorpiões e aranhas, uma vez que as ETE, normalmente, se localizam em áreas mais isoladas e com vegetação em seu entorno, propiciando a proliferação desses animais; quedas de ferramentas durante a operação de movimentação e manutenção de equipamentos; acidentes de percurso até o local de trabalho, visto que a legislação brasileira considera e os contabilizam como acidente de trabalho; choque elétrico durante a manutenção de bombas



e equipamentos utilizados para o tratamento dos efluentes; e má postura ao manusear bomba ou equipamento mecânico.

Na entrevista informal, realizada com os responsáveis pela empresa, foi relatado que a frequência de acidentes é bastante pequena, que nunca houve queda nos tanques de tratamento e que, quando ocorrem, são decorrentes da inutilização ou da utilização inadequada de EPIs, sendo os principais, contato com produto químico e cortes durante manutenção de equipamentos.

Em relação à NR 25 (Resíduos Industriais), verificou-se que os trabalhadores envolvidos em todas as etapas em que há geração de resíduos são capacitados pela empresa, bem como treinados continuamente sobre os riscos envolvidos.

Além dos riscos apresentados nos Quadros 4 e 5, outras observações foram realizadas no âmbito geral do local. Foi possível constatar que, na área de tratamento de efluentes, existem diversas valas abertas contendo efluentes derramados e presença de moscas, constituindo-se risco biológico aos operadores de toda a estação.

Apesar de os riscos físicos não serem objeto deste estudo, os mesmos também foram identificados na ETE, tendo o ruído como agente de risco. Todos os operadores do local estão sujeitos aos riscos físicos de incidência solar e calor (NR 21 - Trabalhos a céu aberto). Diante disso, os mesmos devem exercer suas atividades com a utilização de EPIs, como chapéu, óculos para proteção dos olhos contra radiação ultravioleta, protetor solar para a pele e roupa de tecido adequado contra o calor, visando minimizar a exposição a esses agentes e garantir de conforto aos operadores. No reator biológico aerado, o ruído de 120 dB⁴ ocorre durante o funcionamento do soprador de O₂, recomendando-se a implantação de um isolador de ruído nesse soprador. Durante a centrifugação do lodo, o ruído é de 90 dB⁵, indicando-se, como medidas de controle, a redução da geração, propagação e exposição ao ruído (até 4 h/dia, segundo a NR 15) e o uso de protetor auricular com proteção adequada, durante a exposição à centrifuga.

É importante salientar que as empresas devem propiciar condições adequadas para cuidados rigorosos com a higiene pessoal, incluindo banho ao término da jornada de trabalho, fornecimento de uniformes seguros às suas atividades, com troca diária e higienização a cargo da empresa, pois esses serviços deverão ser entendidos como equipamento de proteção individual. Cabe à empresa, ainda, a disponibilização de vestiários dotados de armários individuais, com sistemas isolados para recepção da roupa suja e uso de roupas limpas.

CONCLUSÕES

Diante da inexistência de uma Norma Regulamentadora (NR) que aborde as condições adequadas para realização de um trabalho seguro em estações de tratamento de efluentes, domésticos ou industriais, foi realizada uma abordagem dos riscos presentes em uma estação de tratamento de efluentes. Assim, foram

identificados os riscos químicos, biológicos e mecânicos a que um operador de estação de tratamento de efluentes líquidos (domésticos e industriais) está exposto e os mesmos foram relacionados com as suas respectivas NRs, visando à eliminação ou minimização desses riscos, por meio de medidas de prevenção e controle.

A partir da análise dos riscos identificados, constatou-se que, no geral, os riscos e falhas mais comumente verificados na ETE são em relação à ausência de medidas de proteção coletivas, sobretudo em escadas e rampas de acesso. Dessa forma, é imprescindível a adequação desses locais, com a instalação de guarda corpos naquelas que estão desprotegidas, bem como o fornecimento e fiscalização quanto ao uso de EPIs complementares sugeridos. O treinamento dos colaboradores que operam a ETE deve ser realizado de forma contínua e adequado às suas atividades.

É relevante que as recomendações propostas sejam adotadas e/ou aprimoradas pela empresa, para que esta possa reafirmar seu comprometimento com a segurança de seus trabalhadores e da comunidade local, podendo, ainda, dar continuidade à sua operação com condições adequadas e seguras, contribuindo para minimizar os fatores de riscos ocupacionais.

Além disso, propõe-se que novos estudos sejam realizados no sentido de verificar a ocorrência de riscos ocupacionais, incluindo os riscos físicos e ergonômicos, não abordados nesse trabalho, bem como a aplicação das normas pertinentes para prevenção destes riscos em sua integralidade.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, RJ: [s.n.], 2004.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 24 – Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho. Brasília, 1993. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 21 – Trabalhos a céu aberto. Brasília, 1999. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Manual de procedimentos para auditoria no setor saneamento básico. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://sna.saude.gov.br/download/MANUAL%20DE%20AUDITORIA%20EM%20SANEAMENTO.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

⁴ Dado fornecido pela empresa.

⁵ Dado fornecido pela empresa.



- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 8 – Edificações. Brasília, 2011a. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 10 fev. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 25 – Resíduos industriais. Brasília, 2011b. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 10 fev. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 23 – Proteção contra incêndios. Brasília, 2011c. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 10 fev. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasília, 2014a. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 10 fev. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 15 – Atividades e operações insalubres. Brasília, 2014b. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 10 fev. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 16 - Atividades e operações perigosas. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 26 - Sinalização de segurança. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 04 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho. Brasília, 2016a. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 12 fev. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasília, 2016b. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 12 fev. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 11 – Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais. Brasília, 2016c. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 12 fev. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 35 - Trabalho em altura. Brasília, 2016d. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 6 - Equipamento de Proteção Individual – EPI. Brasília, 2017a. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 13 - Caldeiras, vasos de pressão e tubulação. Brasília, 2017b. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 01 jun. 2018.
- BUDA, J. F. Segurança e higiene no trabalho em estação de tratamento de esgoto. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- BUDA, J. F. Segurança e higiene no trabalho em estações de tratamento de esgoto. Sinergia, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 142-146, jul./dez. 2004.
- BRANDI, G.; SISTI, M.; AMAGLIANI, G. Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. Journal Applied Microbiology, v. 88, n. 5, p.845-852, may. 2000.
- CESÁRIO SILVA, S. M. Principais contaminantes do lodo. In: VON SPERLING, M.; ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F. (Ed.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2001. p. 69-121.
- HO, J. Future of biological aerosol detection. Analytica Chimica Acta, v. 457, n. 1, p. 125-148, apr. 2002.
- HÖKERBERG, Y. H. M.; SANTOS, M.A.B.; PASSOS, S. R. L.; ROZEMBERG, B.; COTIAS, P. M. T.; ALVES, L.; MATTOS, U. A. O. O processo de construção de mapas de risco em um hospital. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 503-513, apr./jun. 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Comissão Nacional de Classificação



(Concla). Classificações CNAE. Disponível em: <<https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?view=classe&tipo=cnae&versao=9&classe=37011>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

IVENS, U. I.; BREUM, N. O.; EBBEHOJ, N.; NIELSEN, B. H.; POULSEN, O. M.; WURTZ, H. Exposure–response relationship between gastrointestinal problems among waste collectors and bioaerosol exposure. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, v. 25, n.3, p. 238-245, jun. 1999.

MAHAR S.; REYNOLDS, S. J.; THORNE, P. S. Worker exposures to particulates, endotoxins, and bioaerosol in

two refusederived fuel plants. *American Industrial Hygiene Association Journal*, v. 60, p. 679–83, sep./oct.1999.

RYLANDER, R. Lung disease caused by organic dust in the farm environment. *American Journal of Industrial Medicine*, v. 10, n. 3, p. 221-227, 1986.

WIZIACK, V. S. Segurança e higiene no ambiente de trabalho em estações de tratamento de esgoto que utilizam processo de lodos ativados. 2007. 53f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2007.