

Avaliação de medidas de segurança do trabalho na estação de tratamento de esgoto Verde do município de Ponta Grossa, PR: um estudo de caso

Simone Gomes (UTFPR) si.gomes90@gmail.com
Carlos Magno de Souza Vidal (UNICENTRO) cacavidal@yahoo.com.br

Resumo:

As estações de tratamento de esgoto apresentam um papel fundamental no que se refere à manutenção da qualidade dos corpos de água e consequentemente da saúde pública. Este estudo buscou avaliar as medidas de segurança adotadas na estação de tratamento de esgoto Verde do município de Ponta Grossa, através de visita técnica e de diálogos com os trabalhadores. Além disso, foi possível verificar os riscos ambientais aos quais os trabalhadores estão expostos, identificar os de maior gravidade, através da ferramenta Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), e analisar o manual de segurança utilizado na estação. De maneira geral, a estação atende todos os requisitos contidos nas normas regulamentadoras, dentre eles, proporciona um ambiente seguro (grades, guarda-corpos, pisos planos, entre outros) e a utilização de equipamentos de proteção individual adequados. Os riscos de maior gravidade foram os de explosão e de contaminação no processo de calagem, os quais já possuem ações preventivas e corretivas.

Palavras chave: Riscos ocupacionais, FMEA, ETE.

Evaluation of measures of occupational safety in sewage treatment station Verde the city of Ponta Grossa, PR: a case study

Abstract

The sewage treatment station have a fundamental role with regard to maintaining the quality of waterbody and public health. This study evaluated the safety measures adopted in the sewage treatment station Verde the city of Ponta Grossa, through technical visits and dialogues with workers. Furthermore, it was possible to verify the environmental risks to which workers are exposed, identify more severe, through the Analysis of Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) tool, and analyze the security manual used at the station. In general, the station meets all requirements contained in regulatory standards, including providing a safe environment (grills, guardrails, floor plans, etc.) and the use of appropriate personal protective equipment. The most serious risks were explosion and contamination in the liming process, which already have corrective and preventive actions.

Key-words: Occupational risks, FMEA, ETE.

1. Introdução

A manutenção da qualidade dos corpos hídricos é essencial em termos de saúde pública. A contaminação das águas por esgotos sem tratamento pode gerar problemas para a vida aquática e para a própria população, assim como ultrapassar a capacidade de suporte e de

resiliência do corpo hídrico. Dessa forma, verifica-se a importância das estações de tratamento de esgotos (ETE) (SANTIAGO, CALIJURI e LUÍS, 2005), sendo imprescindível o incremento de estações para a ampliação do índice de atendimento e também para alcançar os padrões exigidos pela legislação ambiental vigente.

Entender as ETES como plantas industriais, que prestam serviços à comunidade por meio de um sistema produtivo e de transformação, reflete que estas enfrentam problemas como qualquer outra indústria nas questões de higiene e segurança no trabalho (BUDA, 2004). E devido a isto, devem também desenvolver meios que garantam a segurança dos seus trabalhadores, assim como ações que sejam empreendidas por todos os empregados (NAVARRO, 2010).

Para isso, são utilizadas as normas regulamentadoras (NRs) que são orientações obrigatórias para o funcionamento das organizações de uma maneira geral, pois são controladas por órgãos fiscalizadores (KOSCHEK; WOLFART; POLACINSKI, 2012). As empresas que cumprem estas normas reduzem os acidentes e, conseqüentemente, os custos com acidentes e multas trabalhistas, por outro lado, o trabalhador tem sua saúde e integridade física preservadas no ambiente de trabalho, o que resulta em aumento de sua produtividade.

De maneira geral, os riscos presentes nas ETES, variam de acordo com cada processo de tratamento, mas podem ser divididos em físicos, químicos, ergonômicos, biológicos e de acidentes. Para prevenir ou reduzir os impactos sobre a saúde do trabalhador é importante identificar, avaliar e controlar os riscos presentes (GOMES, REZENDE e CERQUEIRA, 2002; BROPHY, 2011). A metodologia de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA) é uma técnica utilizada para detectar potenciais riscos em projetos, processos e serviços. Esta técnica atribui um valor numérico aos riscos que expressa a sua gravidade (ARABIAN-HOSEYNABADI; ORAEAA; TAVNER, 2010), permitindo assim, que a empresa priorize os mais graves, reduzindo ou até mesmo eliminando-os.

O objetivo deste trabalho é avaliar as medidas de segurança adotadas na ETE Verde do município de Ponta Grossa e realizar a análise de riscos das atividades da estação utilizando a ferramenta FMEA.

2. Material e métodos

2.1 Local de estudo - Município de Ponta Grossa

O município de Ponta Grossa está localizado no Segundo Planalto Paranaense, na região dos Campos Gerais (SMCT, 2012). Apresenta uma superfície de 2.112,6 km², da qual, 47,4% (917,2 km²) correspondem à área urbana e 52,6% (1.195,4 km²) à área rural, representando 1% do território paranaense (PONTA GROSSA, 2006).

Ponta Grossa possui população de 311.611 habitantes (IBGE, 2010) sendo a quarta cidade mais populosa do estado do Paraná (NRE, 2012) e a 76^a do Brasil (GOMES, 2013). Seu clima é definido, segundo a classificação climática de Köppen, sub-tropical úmido mesotérmico, tipo Cfb, sendo a média de temperatura nos meses mais quentes, inferior a 22° C e a dos meses mais frios, inferior a 18° C (NRE, 2012).

Sua área é bem irrigada por uma ampla rede hidrográfica, onde se destacam os rios Tibagi, Verde e Pitangui, também o Arroio da Chapada, assim como as bacias hidrográficas do Botuquara, Cará-Cará, Olarias, Rio da Morte, Arroio Terra Vermelha, Ribeirão Quebra-Perna, entre outros (SMCT, 2012).

A concessão do serviço de esgotamento sanitário do município é da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Segundo informações da própria companhia, atualmente, o sistema atende 87% da população com nove estações operando no município.

2.2 Escolha e descrição da estação: ETE Verde

“O objetivo das plantas de tratamento de esgoto é o de remover maior quantidade possível de contaminantes sólidos, líquidos e gasosos, dentro das possibilidades técnicas e econômicas” (GOMES; REZENDE e CERQUEIRA, 2002).

A ETE Verde está situada no bairro Santa Mônica e opera desde 1991 coletando, tratando e dando destino final aos efluentes de 50% dos bairros do município, dentre estes o Centro, Jardim Carvalho, parte de Uvaranas, Rio Verde, Lagoa Dourada, Santa Mônica, Palmeirinha, entre outros, e por isso foi escolhida para a realização deste trabalho. Além dos componentes de tratamento do esgoto na estação, a mesma é composta ainda pelos seguintes estabelecimentos: escritório e laboratório.

Esta estação foi projetada para vazão de $0,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, mas normalmente opera com vazão de $0,22 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, apresentando pico máximo de vazão de $0,34 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nos períodos muito chuvosos. A ETE verde apresenta nível de tratamento secundário, onde predominam mecanismos de tratamento biológico, cujo objetivo principal é a remoção de matéria orgânica, através de reações bioquímicas realizadas pelos microrganismos, e algumas vezes de nutrientes, como nitrogênio e fósforo (SPERLING, 2005).

O efluente entra na estação e passa por um tratamento preliminar, o qual é composto por grades (Figura 1a), cujo objetivo é remover sólidos grosseiros. Em seguida, passa pelo desarenador, o qual visa à separação de material inorgânico (areia), através de mecanismos físicos, e segue para a unidade de medição de vazão (calha Parshall, conforme mostra a Figura 1b), fundamental para o monitoramento da vazão de esgoto que entra na ETE.



Figura 1 – Tratamento preliminar: a) gradeamento; b) Calha Parshall

A próxima etapa é o tratamento secundário, a ETE não apresenta tratamento primário, sendo removida, desta forma, nesta etapa, tanto a matéria orgânica dissolvida quanto a em suspensão (SPERLING, 2005). Este tratamento ocorre através de reatores anaeróbios de leito fluidizado (RALF). Após a passagem pelo desarenador, ocorre a separação do efluente em quatro canais, os quais o encaminham o esgoto para os quatro reatores RALF da estação, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Reatores RALF

Nos reatores RALF o efluente a ser tratado entra na parte inferior do reator, apresentando um fluxo ascendente, e se encontra com o leito de lodo onde ocorre a adsorção de grande parte da matéria orgânica pela biomassa. O efluente sai pela parte superior do reator, por meio de vertedores (SPERLING, 2005). O biogás gerado no processo é coletado através de tubulação e é queimado em um queimador de gás.

O lodo é retirado dos reatores por meio de tubulações e cerca de 650 m³ seguem para a etapa mecanizada de tratamento, que consiste na centrifugação (Figura 3a) para a retirada de água e 350 m³ por mês de lodo são encaminhados para leitos de secagem de lodo (Figura 3b), onde ocorre um processo natural de retirada de água através da evaporação, permanecendo por um período de até 30 dias. No lodo, depois de desaguado, é adicionado cal para sua estabilização, parte é encaminhada para a utilização na agricultura e o restante para o aterro sanitário.



Figura 3 – Tratamento do lodo – a) Centrifuga; b) Leito de secagem de lodo

A eficiência de remoção de DBO no reator RALF situa-se em torno de 70%, o que é considerada baixa quando comparado com a de outros processos de tratamento (SPERLING, 2005). Assim sendo, se torna necessário um pós-tratamento (NAIR, A. T.; AHAMMED, 2013), o qual é realizado na estação em uma lagoa de polimento. Esta tem como objetivo proporcionar uma melhor qualidade para o efluente e ainda remover organismos patogênicos (SPERLING, 2005). O tempo de detenção do efluente varia em média de 8 dias e o despejo do efluente final é encaminhado para o Rio Verde.

Para o funcionamento da estação são necessários três profissionais que atuam basicamente na manutenção, limpeza geral e na verificação da qualidade do efluente.

2.3 Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA)

A FMEA é uma ferramenta utilizada para analisar possíveis falhas que podem se originar em uma determinada atividade e que possibilitam a geração de efeitos não desejáveis sobre todo o conjunto ou até mesmo sobre algum trabalhador. Esta ferramenta faz uso de variáveis qualitativas e o objetivo de sua aplicação é eliminar ou pelo menos minimizar estas falhas, evitando os seus efeitos (TRALESKI et al., 2014).

A primeira etapa da FMEA consiste no levantamento de atividades que apresentem um maior risco associado, ou seja, identificar os modos de falha que podem estar relacionados a esta atividade. Um modo de falha é um não atendimento a um requisito (RODRIGUES et al., 2010), ou seja, a ocorrência de um evento não esperado para determinada atividade.

Para cada modo de falha encontrado relacionam-se as possíveis causas para a sua ocorrência, o que significa encontrar os possíveis responsáveis e os efeitos. Além disso, para finalizar a primeira etapa, é necessário ainda determinar medidas de avaliar as atividades para que o modo de falha não ocorra e também propor ações preventivas e corretivas (RODRIGUES et al., 2010).

Posteriormente, faz-se a atribuição de índices de severidade, ocorrência e detecção a fim de mensurar os riscos e estabelecer um método de priorização dos modos de falhas, visando evitar seus efeitos, preparar um plano de ação e discutir melhorias (ROTONDARO, et al., 2002).

Para a atribuição de valores aos índices de severidade, detecção e ocorrência, uma escala muito utilizada é a atribuição de valores de 1 a 10, como mostrado na tabela 1 seguinte:

Probabilidade de Ocorrência	Severidade	Probabilidade de Detecção
Muito remota – 1		Muito Alta – 1
Muito pequena – 2	Apenas perceptível – 1	Alta – 2,3
Pequena – 3	Pouca Importância – 2,3	Moderada – 4,5,6
Moderada – 4,5,6	Moderadamente Grave – 4,5,6	Pequena – 7,8
Alta – 7,8	Grave – 7,8	Muito Pequena -9
Muito Alta – 9,10	Extremamente Grave – 9,10	Remota – 10

Fonte: Rotondaro, et al., 2002

Tabela 1: Exemplos de critérios para determinação de índices de ocorrência, severidade e detecção

O grau de priorização de falhas (GPR) origina-se a partir do critério de priorização de falhas, por meio da multiplicação dos valores de cada índice, sendo que, mais crítico será o GPR quanto maior for o resultado desta multiplinação (ROTONDARO et al., 2002; VINODH; SANTHOSH, 2012). A partir deste critério de priorização de falhas é possível demonstrar as atividades mais críticas, sobre as quais se deve elaborar um plano de ação de melhorias (VINODH; SANTHOSH, 2012).

2.4 Levantamento de dados

A análise das medidas de segurança na ETE verde foi realizada através de visitas técnicas e diálogos com os trabalhadores locais. Realizou-se um levantamento de dados iniciais: população atendida, nível de tratamento, manual de operação, número de trabalhadores, entre outros.

Além disso, foi analisado o manual da área de segurança utilizado na estação, o qual é fundamentado nas NRs, e ainda elaborado um checklist para auxiliar no levantamento das informações necessárias, o qual está apresentado na tabela 2 seguinte:

Agente	Riscos	Sim	Não	Comentários
Físicos	Radiação não-ionizante por exposição ao sol ¹			
	Ruído proveniente de máquinas e bombas (bombas de elevatórias, aeradoras, bombas de captação, etc.) ¹			
	Umidade ¹			
Químicos	Contato com cal para tratamento do lodo ²			
	Armazenagem cal ²			
Biológicos	Exposição a microorganismos ¹			
Acidentes	Explosão (atmosfera contendo metano e H ₂ S) ¹			
	Explosão em espaço confinado (poços de visita e tanques esvaziados para reparo)			
	Operação de máquinas ¹			
	Contusões e quedas ¹			
	Choques elétricos ¹			
	Picadas de animais peçonhentos ¹			
	Afogamento por quedas em tanques ¹			
	Pisos possuem saliências que dificultem a circulação de pessoas e/ou transporte ¹			
Mecânicos	Instalações elétricas bem protegidas			
	Iluminação adequada			
	Ventilação adequada			
Ergonômicos	Esforço físico em operações manuais no pré-tratamento ¹			
	Esforço físico em operações manuais no tratamento do lodo			

Fonte: ¹ Gomes; Rezende e Cerqueira (2002); ² Votorantim (2009)

Tabela 2: Checklist utilizado no levantamento de riscos e medidas de segurança na ETE Verde

3. Resultados e discussão

3.1 Avaliação das medidas de segurança na ETE Verde

O manual de segurança da ETE Verde atende a Lei Federal 6.514 (BRASIL, 1977), assim como as NRs 1, 5, 18, 23, 26 e 33. A partir das visitas realizadas foi possível identificar que a estação apresenta, em geral, todas as medidas necessárias a segurança do trabalho.

Os riscos físicos presentes são a umidade e a radiação não-ionizante por exposição ao sol, devido a maior parte das atividades ser realizada ao ar livre. Este risco é neutralizado pela utilização de EPI - protetor solar, além de macacão com mangas longas. A SANEPAR fornece gratuitamente estes equipamentos, conforme determina a NR 6. Dentre os EPI's fornecidos ainda estão: capas de chuva e agasalhos impermeáveis, além dos específicos para o período noturno.

Com relação ao risco físico ruído, não foi observado fontes geradoras no processo de tratamento do esgoto, não sendo necessário o uso de EPI's. No entanto, foi constatado no tratamento do lodo, na centrifugação, utilizada para o desaguamento do mesmo. Apesar de não ter sido realizada a medição deste risco, foi possível perceber um incômodo durante a visita quando próximo do equipamento. Este risco é neutralizado pelo uso de EPI. Por outro lado, não é necessário o acompanhamento contínuo do equipamento por um funcionário, o mesmo permanece apenas 2 horas a cada jornada de 8 horas trabalhadas.

Um risco muito importante, no qual o operador está constantemente exposto, é o biológico. Há uma grande variedade de microrganismos (bactérias, protozoários, fungos e outros) (SPERLING, 2005) que são importantes no processo de tratamento, mas que ao mesmo tempo trazem riscos de contaminação ao trabalhador. O contato ocorre por dispersão aérea, pois a maioria dos sistemas de tratamento são tanques abertos, principalmente na manutenção das etapas de tratamento, como por exemplo, limpeza das grades e até mesmo dos reatores

RALF, quando estes apresentam algum problema na operação. O risco biológico é reduzido também pelo uso do EPI, de sabonete bactericida, álcool iodado, creme contra agentes biológicos e, além disso, a empresa disponibiliza uniformes para a troca diária e realiza a higienização dos mesmos. Além disso, o fato do tratamento não ter processos de aeração, diminui significativamente a dispersão destes microrganismos.

O tratamento do esgoto na estação é realizado principalmente nos reatores RALF, que opera de forma anaeróbia, onde os microrganismos convertem matéria orgânica em biogás – principalmente metano (SPERLING, 2005). Este gás é queimado, sendo transformado em gás carbônico, o qual provoca 21 vezes menos impacto sobre o efeito estufa se comparado ao metano (MMA, 2010) e este dispositivo de queima possui válvula corta-chamas para evitar explosões.

A ETE apresenta pisos planos, antiderrapantes, sem saliências e depressões, grades em aberturas nos pisos, assim como guarda-corpo em todos os componentes do sistema de tratamento (Figura 4), evitando possíveis acidentes, como quedas de pessoas ou objetos, reduzindo conseqüentemente o risco de afogamento nos reatores e facilitando a circulação de pessoas, conforme prevê a NR 8. Os guarda-corpos possuem, aproximadamente, 1,2 m de altura, de acordo com a NR 18. Com exceção do guarda-corpo do leito de secagem do lodo (Figura 4d) que é menor, no entanto está adequado, uma vez que a retirada do lodo ocorre manualmente.

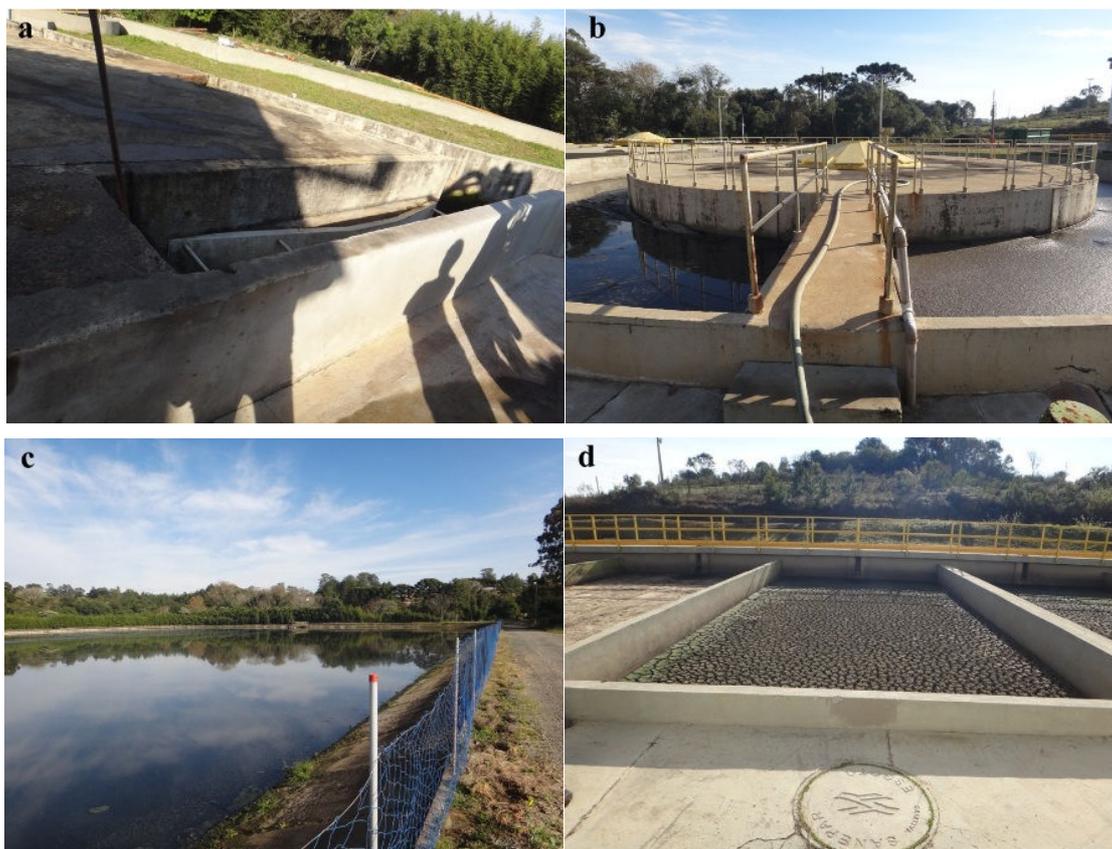


Figura 4 – Guarda-corpo (a: calha Parshall; b: reator RALF; c: lagoa de polimento; d: leito de secagem)

Como medida de manutenção da segurança, a SANEPAR tem a intenção de substituir as grades presentes nos pisos que são de ferro galvanizado, como mostra a Figura 5, por grades de fibra, as quais são mais resistentes à corrosão se comparado com as grades presentes.



Figura 5 – Grades de ferro galvanizado

Segundo a NR 17, todos os locais de trabalho deverão haver iluminação adequada, natural ou artificial, apropriada à natureza da atividade. No caso da ETE, a única parte do tratamento que é realizada em ambiente fechado é o tratamento do lodo (centrifugação e calagem), sendo que este local atende tanto estes requisitos quanto os de ventilação natural, conforme Brasil (1977). O local de tratamento do lodo é mostrado na Figura 6.



Figura 6 – Local onde ocorre a centrifugação do lodo e o tratamento com cal

O tratamento do lodo – calagem - consiste na adição de cal para a desinfecção e estabilização. O óxido de cálcio (CaO) é uma base forte, irritante para o sistema respiratório, pele e olhos, podendo causar queimaduras caso diluída em água (VOTORANTIM, 2009). O armazenamento é realizado em ambiente seco e bem ventilado, sendo no mesmo local onde o material é utilizado. O contato do funcionário com a cal ocorre somente no momento em que carrega o silo do dosador de cal, os riscos são reduzidos com a utilização dos EPIs adequados (luvas de látex, macacão e óculos panorâmico).

Ainda no processo de calagem, ocorre a formação do gás amônia, devido ao aumento de temperatura e pela reação química dos compostos nitrogenados contidos no lodo, desencadeada pelo aumento do pH. Este gás apresenta um odor agressivo especialmente durante o período de armazenagem, o qual é em média de 60 dias (LARA et al., 1999). O odor deste gás foi perceptível durante a visita, mas o mesmo é neutralizado pelo uso de EPI (respirador descartável com camada de carvão). Vale ainda ressaltar, que é baixa a permanência de trabalhadores no local de tratamento do lodo.

O reator empregado no tratamento, RALF, e também os poços de visitas presentes na ETE são considerados espaços confinados, quando é necessário a realização de alguma manutenção, sendo a mais comum na bomba de recirculação de lodo. O risco presente neste caso está associado a deficiência de oxigênio, devido a sua substituição por outro gás, como

por exemplo o metano ou o sulfeto de hidrogênio, ou pelo seu consumo na decomposição da matéria orgânica contida no efluente ou ainda no processo de oxidação de alguma estrutura. Como esta deficiência não é detectada naturalmente, deve-se utilizar instrumentos para determinar a concentração de oxigênio antes da entrada de pessoas neste local (BROPHY, 2011). Neste caso, na estação é adotada esta medida e ainda seguido os outros procedimentos determinados pela NR 33.

Ocorre ainda na ETE a movimentação de veículos, para encaminhamento do lodo, entre outras atividades, neste caso há presença de riscos de acidentes com estes veículos. Este risco é minimizado a partir da delimitação correta do local de tráfego dos veículos. Além disso, o fato de haver poucos funcionários na estação reduz ainda mais o risco deste acidente.

3.2 Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA)

O resultado da FMEA está apresentado no anexo. A partir desta análise foram encontrados dois riscos de maior importância por meio do valor obtido no GPR. O primeiro risco, de maior gravidade (GPR = 90), é o de explosão, mesmo que a ocorrência do efeito que pode provocar este risco seja pequeno, a severidade do dano o faz prioritário. A medida de manutenção preventiva adotada pela SANEPAR reduz significativamente a probabilidade do acontecimento do modo de falha. Sugere-se ainda que se faça a sinalização próxima ao local, para que seja possível o conhecimento deste risco, principalmente no caso de visitantes e até mesmo para reforçar a segurança dos próprios trabalhadores.

E o segundo risco (GPR = 72) se refere a atividade de calagem, uma vez que sua ocorrência é alta, o que acaba expondo, frequentemente o operador a um possível contato com a cal. A fim de melhorar a segurança no que se refere a esta atividade, percebe-se importante a fixação de sinalização de segurança, lembrando o funcionário da utilização dos EPIs e ainda dos riscos do contato com este produto.

Além disso, para ambos os riscos, programas regulares de conscientização podem ser realizados para fornecer conhecimento dos procedimentos de trabalho mais seguros (COWIE et al., 2006; RAJNARAYAN, 2008).

4. Conclusão

No que se refere a segurança, percebe-se que a ETE é realmente comparável a um processo industrial, por todas as medidas e procedimentos adotados. Com isso, é possível reduzir potencialmente os riscos aos quais os trabalhadores estão expostos.

A partir da utilização da ferramenta FMEA, os riscos prioritários são de explosão e do contato com a cal, sendo que medidas, como sinalização de segurança e programas de conscientização proporcionariam segurança aquém das existentes.

Agradecimentos

À Companhia Paranaense de Saneamento do Paraná (SANEPAR) pela autorização para a realização do estudo e ao José Geraldo pelas informações e apoio na pesquisa.

Referências

ARABIAN-HOSEYNABADI, H.; ORAEAA, H.; TAVNER, P. J. *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for wind turbines*. Electrical Power and Energy Systems, v. 32, p. 817–824, 2010.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Lei nº 6.514*, de 22 de dezembro de 1977. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências.

BROPHY, M. O. *Hazards in sewage (waste) treatment plants*. Encyclopedia of Occupational Health and Safety, in 101, International Labor Organization, Geneva, 2011.

BUDA, J. F. *Segurança e higiene no trabalho em estações de tratamento de esgoto*. Sinergia, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 142-146, 2004.

COWIE, C.; DRISCOLL, T.; ARMSTRONG, B.; FOSTER, G.; PRIESTLY, B.; DEERE, D.; NOSSAR, G.; JALALUDIN, B. *Assessment of occupational exposure risks to sewage workers*. Epidemiology, v. 17, n. 6, p. 510-511, 2006.

GOMES, J. M. *O cortejo aos 190 anos*. 2013. Disponível em: <<http://jmnnews.com.br/noticias/espaco%20publico/42,38574,19,09,o-cortejo-aos-190-anos.shtml>>. Acesso em 30 jan. 2014.

GOMES, B. E.; REZENDE, J. M. P.; CERQUEIRA, M. *Manual de procedimentos para auditoria no setor saneamento básico*. Ministério do Trabalho e Emprego, Grupo especial de apoio à fiscalização no setor saneamento e urbanismo, novembro, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2010*. Rio de Janeiro, 2010.

KOSCHEK, D.; WOLFART, T.; POLACINSKI, E. *Normas regulamentadoras no contexto da segurança do trabalho: uma abordagem conceitual*. In: SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR, 2., Horizontina, Rio Grande do Sul. Anais... Horizontina, 2012.

LARA, A. I.; FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; ILHENFELD, R. G. K. *Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura*. SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná, PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Curitiba, 1999. 97 p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Estudo sobre o potencial de geração de energia a partir de resíduos de saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), ARCADIS Tetraplan, São Paulo, 2010.

NAIR, A. T.; AHAMMED, M. M. *The reuse of water treatment sludge as a coagulant for post-treatment of UASB reactor treating urban wastewater*. Journal of Cleaner Production, v. 30, p. 1-10, 2013.

NAVARRO, A. F. *Aplicação de checklists para inspeção de segurança do trabalho*. 2010. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/44341099/Aplicacao-de-Check-Lists-para-inspecao-de-seguranca-do-trabalho>>. Acesso em 11 jun. 2013.

NR. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 1 – Disposições gerais*. Acesso em jun. 2014.

NR. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes*. Acesso em jun. 2014.

NR. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 6- Equipamento de Proteção Individual - EPI*. Acesso em jun. 2014.

NR. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 8- Edificações*. Acesso em ago. 2014.

NR. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 17- Ergonomia*. Acesso em ago. 2014.

NR. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 18- Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção*. Acesso em jun. 2014.

NR. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 23- Proteção contra incêndios*. Acesso em jun. 2014.

NR. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 26- Sinalização de segurança*. Acesso em jun. 2014.

NR. Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 33- Segurança e saúde nos trabalhadores em espaços confinados*. Acesso em jun. 2014.

NRE – Núcleo Regional de Educação. *Municípios de abrangência*. Disponível em: <<http://www.nre.seed.pr.gov.br/pontagrossa/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=38#PontaGrossa>>. Acesso em 19 jun. 2014.

PONTA GROSSA – Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. *Plano diretor participativo Município de Ponta Grossa*. 2006. Disponível em: <http://geo.pontagrossa.pr.gov.br/portal/plano_diretor>. Acesso em 19 jun. 2014.

RAJNARAYAN, R. T. *Occupational health hazards in sewage and sanitary workers.* Indian Journal Occupational & Environmental Medicine, v. 12, n. 3, p. 112–115, 2008.

RODRIGUES, D. M.; MATSCHULAT, E.; DORNELES, V.; MUGGE, T. *Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial – FMEA.* Senai – Serviço nacional de aprendizagem industrial. São Leopoldo, 2010.

ROTONDARO, R. G. et al. *Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços.* São Paulo: Atlas, 2002.

SANTIAGO, A. F., CALIJURI, M. L., LUÍS, P. G. *Potencial para a utilização de sistemas de wetlands no tratamento de águas residuárias: uma contribuição a sustentabilidade dos recursos hídricos no Brasil.* Natureza & Desenvolvimento, v. 1, n. 1, p. 29-39, 2005.

SMCT - Secretaria Municipal de Cultura e Turismo. *A cidade.* Disponível em: <<http://www.pontagrossa.pr.gov.br/acidade>>. Acesso em 19 jun. 2014.

SPERLING, M. V. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.* 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

TRALESKI, A. V.; STEPIEN, H.; BLAUTH, R.; BARSZCZ, S. H. *Análise dos modos de falha e seus efeitos no processo de produção de mancais.* MBA em Gestão Ambiental e Controle da Qualidade. Faculdade União/3G, 2014.

VINODH, S.; SANTHOSH, D. *Application of FMEA to an automotive leaf spring manufacturing organization.* The TQM Journal, v. 24, n. 3, p. 260-274, 2012.

VOTORANTIM Cimentos. *Ficha de informações de segurança de produtos químicos - FISPQ (NBR 14725).* FISPQ 002 – Cal hidratada - Revisão 002, maio, 2009.

ANEXO

Descrição da atividade	Modo de falha (evento indesejável)	Causas	Efeitos	Priorização				Ações recomendadas		Controle de indicadores
				Ocorrência	Severidade	Deteção	Grau de prioridade e risco – GPR	Preventiva	Corretiva	
Manutenção RALF	Quedas	-Distração do trabalhador; -Plataformas Oxidadas/danificadas; -Guarda-corpo danificado;	Ferimentos Fraturas Afogamento	3	9	2	54	-Treinamentos -Existência de guarda-corpo		Controle de Manutenção preventiva
Queima biogás	Explosão	-Defeito na válvula corta-chama	Perda material Queimaduras	2	9	5	90	-Válvula corta-chamas	Sistema Contra Incêndio	Controle de Manutenção preventiva
Calagem	Contato com a pele e olhos, aspirar	-Não utilização de EPI; -Distração do trabalhador; -Reação do produto; -Distração do trabalhador	Irritação Queimaduras	6	4	3	72	-Treinamentos -EPIs -Local ventilado	Disponibilidade de água corrente	
Movimentação de veículos	Atropelamentos	-Distração do motorista; -Falha mecânica do veículo	Ferimentos Fraturas	2	4	3	24	-Treinamentos -Delimitação das vias -Manutenção de veículos		Controle de Manutenção Veicular