

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Leandro Amêndola Corrêa

**RECONHECIMENTO DOS RISCOS AOS OPERADORES DE
UMA SERPENTINA DE SECAGEM TÉRMICA DE LODO
PROVENIENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES INDUSTRIAIS**

**Taubaté/SP
2018**

Leandro Amêndola Corrêa

**RECONHECIMENTO DOS RISCOS AOS OPERADORES DE UMA SERPENTINA
DE SECAGEM TÉRMICA DE LODO PROVENIENTE DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Maria Judith Marcondes Salgado Schmidt

**Taubaté/SP
2018**

Leandro Amêndola Corrêa

**RECONHECIMENTO DOS RISCOS AOS OPERADORES DE UMA SERPENTINA
DE SECAGEM TÉRMICA DE LODO PROVENIENTE DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Maria Judith Marcondes Salgado Schmidt

Data: ___ / ___ / ___

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Carlos Alberto Guimarães Garcez

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Me. Maria Judith Marcondes Salgado Schmidt

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”

(Albert Einstein)

RESUMO

As atividades de secagem térmica de lodo nas estações de tratamento de efluentes apresentam grandes riscos em potencial aos trabalhadores. A abordagem destes riscos e seu gerenciamento auxilia na identificação dos principais pontos de falha de uma companhia. O presente trabalho tem como objetivo analisar esta atividade em uma indústria aleatória e justificar a necessidade de melhorias para evitar problemas futuros. Ferramentas e técnicas são aplicadas neste trabalho em um contexto explicativo que facilita a visualização e identificação tanto de ameaças quanto de oportunidades. A metodologia aplicada foi por meio de pesquisas, observações e análises.

Palavras-chave: Risco. Secagem. Lodo.

ABSTRACT

Thermal sludge drying activities at effluent treatment plants means great potential risks to workers. Addressing these risks and managing them helps to identify key points of failure for a company. The present work aims to analyze this activity in a random industry and justify the need for improvements to avoid future problems. Tools and techniques are applied in this work in an explanatory context that facilitates the visualization and identification of both threats and opportunities. The methodology applied was through research, observations and analysis.

Keywords: Risk. Drying. Sludge

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Meios de tratamento de lodos	10
Figura 2 Serpentina de secagem térmica do lodo	14
Figura 3 Lodo seco e acondicionado em caixas.....	15
Figura 4 Resultado da análise <i>bow tie</i>	16
Figura 5 Filtro prensa	17

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Agentes identificados e normas aplicáveis	13
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Objetivo	8
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	9
3	METODOLOGIA.....	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
5	CONCLUSÃO.....	18
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se ao reconhecimento dos riscos aos operadores de uma serpentina de secagem térmica de lodo proveniente de estação de tratamento de efluentes industriais, por meio da aplicação adaptada da ferramenta *bow tie* (gravata borboleta).

A REVISÃO DE LITERATURA apresenta os resíduos líquidos industriais, as estações de tratamento de efluentes industriais, as tratativas com lodo gerado pelas estações de tratamento e a segurança dos trabalhadores de estações de tratamento.

A METODOLOGIA relaciona os meios e técnicas utilizadas para a elaboração do estudo.

Em RESULTADOS E DISCUSSÕES são apresentados os riscos, as prevenções, as mitigações e as consequências reconhecidos no processo de secagem térmica dos lodos e nos trabalhos realizados pelos operadores.

A CONCLUSÃO evidencia que é sempre importante gerenciar os riscos de um local de trabalho, principalmente quando existe exposição direta de trabalhadores.

1.1 Objetivo

Reconhecer os riscos dos operadores de uma serpentina de secagem térmica de lodo proveniente de estação de tratamento de efluentes industriais, por meio da aplicação adaptada da ferramenta *bow tie* (gravata borboleta).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os resíduos líquidos industriais

Resíduo líquido industrial é o esgoto resultante dos processos industriais. Dependendo do tipo de indústria, ele possui características muito específicas; daí a necessidade de se estudar, com o objetivo de tratamento e disposição, cada tipo de despejo isoladamente. Esgotos industriais lançados na rede pública são resíduos líquidos industriais devidamente condicionados de modo a respeitar os padrões de lançamento estabelecidos (BRAGA *et al*, 2005).

As estações de tratamento de efluentes industriais

Os sistemas de tratamento de águas residuárias estão inseridos entre as fontes geradoras e os locais para disposição final do efluentes (corpos de água receptores ou o solo) e visam a minimizar os efeitos deletérios causados ao ambiente pelo aporte de substâncias em concentrações indesejáveis. Sistemas de tratamento de efluente industrial devem ser integrados ao processo produtivo, considerando, previamente, medidas de minimização de vazão, de contaminação e de carga orgânica por meio de modificações racionais no processo industrial (CALIJURI e CUNHA, 2013).

As tratativas com lodo gerado pelas estações de tratamento

Embora o lodo possua de 95% a 99,5% de água (RICHTER, 2001), ainda estão presentes os hidróxidos de metais resultantes dos produtos do coagulante utilizado. Portanto é necessário que sua disposição final seja adequada ambientalmente conforme as normas.

Apesar das restrições existentes no Brasil quanto à disposição final do lodo, como a resolução Conama nº 357 (2005), a norma NBR 10.004 (2004) e a lei nº 9.605 (1998), as instituições que gerenciam estes sistemas têm encontrado dificuldades quanto ao gerenciamento desse resíduo, como os custos de manuseio e transporte e as restrições ambientais (RICHTER, 2001).

A fim de reduzir os impactos ambientais, o lodo de estação de tratamento precisa ser tratado previamente antes de ser reaproveitado ou encaminhado à sua

disposição final. Para isso, há algumas técnicas químicas e mecânicas. As opções de técnica servem para resultar uma 'torta' de lodo com concentração máxima de sólidos, pois tal fator garante mais alternativas de aproveitamento e disposição (SABOGAL-PAZ, DI BERNARDO, 2005). A etapa de tratamento do resíduo não deve ser pensada de forma isolada, pois o tipo de tratamento usado vai influenciar o método de reaproveitamento e destinação final (ACHON, 2011). O tratamento do lodo tem o objetivo de remover a água para concentrar os sólidos e, com isso, reduzir o volume de lodo. De acordo com Cordeiro (2003), diminuindo-se o volume de lodo com tratamento servirá para reduzir custos de transporte e disposição final e redução de degradação ambiental. O adensamento (ou espessamento) é uma técnica para preparar o lodo para seu posterior condicionamento e desidratação. Segundo Reali (1999), essa fase é importante para separar a água do lodo com o objetivo de diminuir seu volume e para facilitar os equipamentos utilizados na etapa de desidratação final (cujo custo depende do volume do lodo). Após o adensamento, o lodo vai para a fase de desidratação que pode ser feita por processo natural, como o leito de secagem e as lagoas de lodo (a desidratação ocorre por evaporação natural ou drenagem) ou pode ser feito por desidratação mecânica através de prensa desaguadora, filtro prensa e de centrifugação, conforme a Figura 1, após a desidratação o lodo está pronto para disposição final (RIBEIRO, 2003).

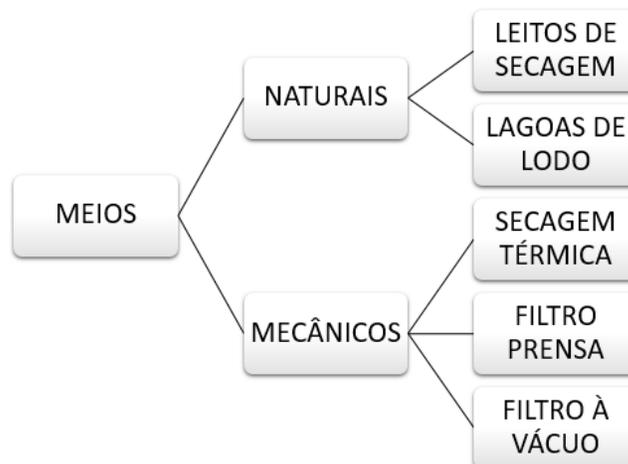


Figura 1 Meios de tratamento de lodos

Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2003.

A segurança dos trabalhadores de estações de tratamentos

As estações de tratamento de esgoto, por sua atividade, produtos manuseados e subprodutos, possuem riscos ambientais. A partir do levantamento destes riscos fica fácil determinar quais os equipamentos de proteção individual devem ser utilizados pelos operários, bem como que fatores devem ser controlados e monitorados de forma a não causar danos à saúde do trabalhador. Entre os equipamentos mais comuns estão a máscara de proteção respiratória, capacete, botas, luvas, macacões, mascaras de respiração autônoma, óculos e outros. A utilização destes equipamentos vem do trabalho contínuo dos técnicos e engenheiros de segurança na conscientização e na fiscalização do uso dos mesmos e de como são de grande importância para evitar acidentes. As campanhas de conscientização e os manuais devem ser atualizados constantemente e serem de fácil entendimento (LOUREIRO, 1982).

Muitos acidentes ainda são comuns, como por exemplo, contaminação por produtos químicos, quedas de caminhões, atropelamentos, picadas de animais peçonhentos, queda de alturas, cortes e queda de materiais durante a operação de limpeza das grades grosseiras. Muitos destes já foram observados por Loureiro em seu trabalho de doutorado, em 1982. Logo, a mudança de cultura do trabalhador e empregador, bem como as campanhas constantes, são de grande importância para evitar os danos ao bem-estar dos operários do setor de saneamento, de forma que este possa exercer satisfatoriamente sua atividade profissional (LOUREIRO, 1982).

3 METODOLOGIA

Para realização deste trabalho, foi feito um estudo de campo em uma estação de tratamento de efluentes industriais escolhida, que utiliza a secagem térmica como método para pré-tratamento do lodo gerado.

Utilizou-se um gerenciamento do risco personalizado em que se consultou a norma ISO 31000:2009, que trata da gestão de riscos para realizar a identificação, avaliação e tratamento de riscos identificados através da aplicação adaptada da ferramenta *bow tie* (gravata borboleta).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estação de tratamento de efluentes industriais escolhida foi analisada considerando os tipos de agentes e quais normas regulamentam a proteção dos colaboradores expostos, neste estudo, identificou-se 2 (dois) trabalhadores que, em revezamento de turnos, executavam o controle total da estação, portanto, uma análise para identificar os riscos foi realizada. O Quadro 1, apresenta os tipos de agentes identificados, bem como sua descrição e normas aplicáveis.

Tipo de agente	Descrição do agente	Normas regulamentadoras
Agentes físicos	Cortes e ferimentos corporais Ruído excessivo causado por bombas e máquinas Calor ou umidade (trabalho a céu aberto)	NR 12 NR 15 NR 16
Agentes químicos	Contato com vapores	NR 15
Agentes biológicos	Contato com resíduos contaminados Contato com contaminantes biológicos Contato com lodos Contato com sprays dos efluentes	NR 15
Agentes ergonômicos	Dificuldades de execução dos serviços de raspagem do lodo seco Dificuldades de execução dos serviços de limpeza dos leitos de secagem dos lodos Iluminação inadequada Má postura durante a limpeza	NR 17 NR 18
Agentes mecânicos ou acidentes	Acidentes pessoais na operação de secagem do lodo – cortes, fraturas, queimaduras etc. Perigo de incêndio e explosões devido nos locais de concentração de gases gerados no processo e tubulação de vapor pressurizada Perigo de eletricidade proveniente dos painéis de operação, bombas e durante a manutenção de equipamentos de difícil acesso Sinalização precária	NR 8 NR 10 NR 11 NR 12 NR 13 NR 16 NR 18 NR 20 NR 21 NR 23 NR 24 NR 26

Quadro 1 Agentes identificados e normas aplicáveis

Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2003

Com base neste levantamento, escolheu-se a atividade de secagem de lodo para gerenciamento dos riscos, pois em uma análise rápida, pois devido à exposição

direta, identificou-se que a mesma representava o maior potencial de causar um acidente de trabalho.

As Figuras a seguir, mostram o local onde a atividade secagem de lodo era praticada:



Figura 2 Serpentina de secagem térmica do lodo

Fonte: O autor, 2018.

A Figura 2, mostra um leito de secagem onde é descartado o lodo proveniente do processo de tratamento de efluentes industriais na estação objeto deste estudo, este local é dotado de uma serpentina com vapor pressurizado, o qual realiza o aquecimento induzindo a evaporação da água para a desidratação do lodo que após seco, forma um tipo de borra que é raspada e acondicionada provisoriamente em caixas para uma posterior caçamba, conforme demonstrado na Figura 3.



Figura 3 Lodo seco e acondicionado em caixas

Fonte: O autor, 2018.

Após a realização destes levantamentos e registros fotográficos, a ISO 31000:2009 que trata da gestão de riscos, foi consultada para encontrar uma forma ideal de levantar os riscos e trata-los apropriadamente. A norma cita que para melhor entendimento da situação, deve-se aplicar uma ferramenta de identificação dos riscos, neste caso, foi escolhido o modelo *bow tie* do inglês “Gravata Borboleta”, nesta ferramenta a abordagem é feita com duas diretrizes e um evento crítico, considerando a atividade de secagem de lodo, foi considerado um possível acidente de trabalho como sendo evento crítico em destaque, o qual foi mitigado da seguinte forma: - o primeiro passo foi encontrar os riscos que poderiam ocasionar isto, bem como o que é feito para prevenir esta situação. Em um segundo momento, considerou-se que o evento ocorreu e levantou-se assim, as consequências que podem ser evitadas por prevenção, bem como o que seria feito para mitigar essas suposições.

A Figura 4 mostra o resultado desta aplicação:

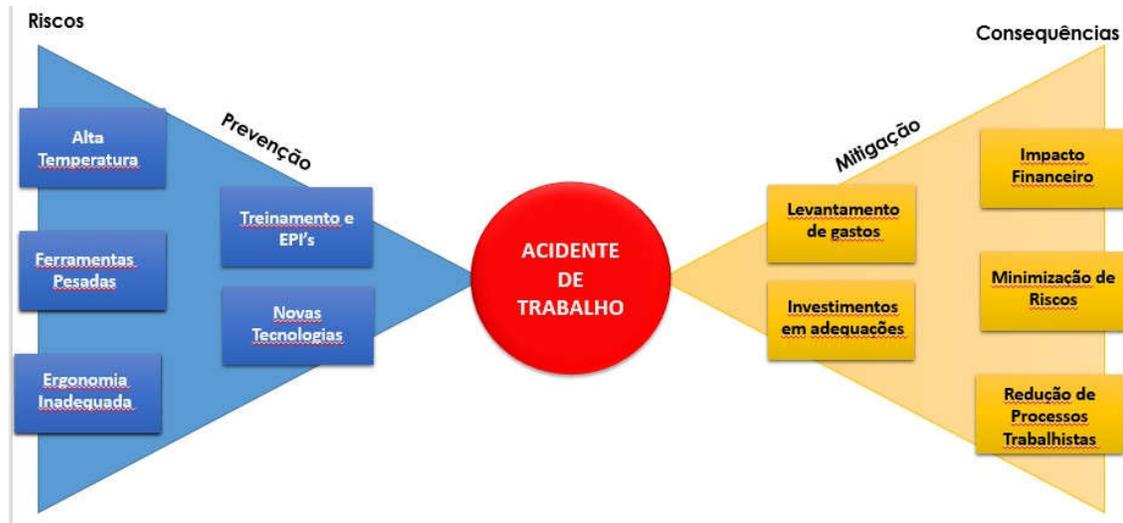


Figura 4 Resultado da análise *bow tie*

Fonte: O autor, 2018.

Percebeu-se que os trabalhadores estavam expostos a altas temperaturas, devido ao vapor encanado e que utilizavam pás e enxadas como ferramentas de raspagem e remoção do lodo, como o local era de difícil acesso, a ergonomia foi comprometida. Neste cenário, eram realizados treinamentos periódicos e EPI's eram fornecidos, contudo, a ferramenta mostrou que não era realizada uma pesquisa de mercado para desenvolvimento de novas tecnologias então o método estava defasado.

Considerando o pior cenário, em que um acidente tenha ocorrido, constatou-se que o investimento em novas tecnologias fatalmente seria cobrado pelo Ministério do Trabalho, bem como que isto causaria um impacto financeiro maior do que um investimento prévio.

Uma pesquisa de mercado foi realizada e encontrou-se um equipamento mais moderno que eliminaria a exposição dos trabalhadores, conforme demonstrado na Figura 5.



Figura 5 Filtro prensa

Fonte: PUREWATER, 2017.

Este equipamento supracitado é conhecido como filtro prensa, o qual realiza a prensagem do lodo para remoção da umidade, como resultado, temos um resíduo sólido seco que pode ser direcionado pelo próprio filtro à tambores ou bombonas, evitando que o trabalhador faça o uso de equipamentos pesados, é necessário apenas o acionamento por botões. O equipamento precisa de um investimento financeiro para aquisição, porém conforme levantado pela ferramenta, isto é justificável em função das consequências de um acidente de trabalho

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que é sempre importante gerenciar os riscos de um local de trabalho, principalmente quando existe exposição direta de trabalhadores. Este estudo realizou o gerenciamento dos riscos de uma estação de tratamento de efluentes industriais que utiliza a secagem térmica em seu lodo gerado, bem como propôs melhorias que dependem de aprovação da instituição para implementação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: Classificação de resíduos sólidos**. ABNT, Rio de Janeiro, 48 p., 2004.

ACHON, C. L.; Barroso, M. M.; Cordeiro, J. S. **Avaliação do uso da água em sistema de tratamento de água com proposta e uso de indicadores**. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 19., Maceió – AL 2011. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/l-169.pdf>>. Acesso em: 9 de setembro. 2017.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução a engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo, Editora Person Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União - DOU nº 053, de 18.03.2005, p. 58-63.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Lei Nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998**. Lei da vida - Lei dos crimes ambientais. Brasília, DF, 1998.

CALIJURI, M. C.; Cunha, D. D. F. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro, Editora Elsevier, 2013.

CORDEIRO, J. S. **Micro propriedades de lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de água**. In: Anais do Congresso Interamericano de *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 28., Cancun, México, 2003. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/iii-014.pdf>>. Acesso em: 25 de agosto 2017.

CURIA, L. R.; Céspedes, L.; Rocha, F. D. **Segurança e medicina do trabalho**. 17 ed., atual – São Paulo: Saraiva, 2016.

LOUREIRO, R. V. **Higiene e segurança em estações de tratamento de esgoto**. 1982. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Departamento de Saúde Ambiental, FSP, USP, São Paulo, 1982.

PUREWATER – Controle de efluentes. **Filtro prensa (desaguador)**. Disponível em: <<http://www.purewaterefluentes.com.br/equipamentos/filtro-prensa.html>>. Acesso em: 20 de agosto 2017.

REALI, M. A. P. **Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs**. In: REALI, M. A. P. (Coordenador). Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 240 p. 1999.

RIBEIRO, H. K. S. S. **Avaliação de desempenho ambiental em estações de tratamento de água**. 158 p. Distrito Federal: UnB, 2003.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estação de tratamento de água**. 1ª edição, Editora Edgard Blucher Ltda, 2001.

SABOGAL-PAZ, L. P.; Di-Bernardo, L. **Aspectos conceituais relativos à seleção das tecnologias de tratamento e de disposição dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., Campo Grande - MS, 2005. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/l-040.pdf>>. Acesso em: 9 de setembro. 2017.