

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO**

NAIARA LUISE DE SOUZA GARCIA

**ANÁLISE DOS RISCOS BIOLÓGICOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ESGOTO SANITÁRIO**

São Leopoldo

2018

NAIARA LUISE DE SOUZA GARCIA

**ANÁLISE DOS RISCOS BIOLÓGICOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ESGOTO SANITÁRIO**

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, pelo Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Oliveira Caetano

São Leopoldo

2018

ANÁLISE DOS RISCOS BIOLÓGICOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Naiara Luise de Souza Garcia*

Marcelo Oliveira Caetano**

Resumo: O esgoto doméstico é gerado diariamente em todas as cidades através da manutenção de atividades básicas do cotidiano. Este efluente possui altas concentrações de agentes patogênicos e matéria orgânica que necessita de tratamento antes de ser lançado no meio ambiente. Conseqüentemente, os trabalhadores, principalmente operadores das Estações de Tratamento de Esgoto ficam expostos a estes agentes, seja através da realização de ações básicas de manutenção para remoção de sólidos grosseiros e lodo ou da dispersão de bioaerossóis contaminados, por exemplo, nos processos de aeração superficial. O contato com estes agentes pode provocar diversas enfermidades conhecidas, dentre elas a gastroenterite e a Hepatite A. Apesar de diversos autores relatarem a dificuldade de estabelecer a relação causa-efeito com as análises realizadas, os elementos avaliados por esta pesquisa confirmam a existência de riscos aos trabalhadores. Por fim, este artigo ainda apresenta medidas de proteção à saúde e segurança dos trabalhadores, que devem ser adotadas para execução de tarefas operacionais em ETE.

Palavras-chave: SST. Saúde e Segurança do Trabalhador. Risco biológico. ETE. Esgotos domésticos.

1 INTRODUÇÃO

Os esgotos domésticos são gerados diariamente por toda população em decorrência da realização das atividades básicas do cotidiano e manutenção das necessidades fisiológicas. Segundo Mendonça e Mendonça (2016), os esgotos domésticos ou águas residuais consistem basicamente nos resíduos das atividades humanas que são lançados nas redes coletoras dos sistemas de esgotamento sanitário das edificações, assim como de estabelecimentos comerciais, públicos e similares.

* Engenheira Ambiental (ULBRA), pós graduanda em Engenharia de Segurança do Trabalho (UNISINOS). naiaragarcia.amb@outlook.com.

** Engenheiro Civil e de Segurança do Trabalho, Mestrado em Engenharia Civil (UNISINOS) e Doutorado em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais (UFRGS), Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Unisinos (PPGEC). Av. Unisinos, 950, São Leopoldo/RS. mocaetano@unisinos.br.

O montante de esgoto gerado *per capita* é calculado com relação ao consumo de água e a determinação do chamado coeficiente de retorno, onde ABNT NBR 9649/1986 estipula em 80%. Em geral, a contribuição de esgoto doméstico *per capita* fica entre 100 a 160 l/hab.dia (ABNT NBR 7229:1993).

De acordo com Von Sperling (2014), os esgotos domésticos consistem em aproximadamente 99,9% de água, sendo o restante distribuído entre sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos e os microrganismos. O esgoto doméstico tem aparência desagradável e é extremamente perigoso, principalmente, por causa do elevado número de organismos patógenos (vírus, bactérias, protozoários, helmintos) causadores de enfermidades (MENDONÇA E MENDONÇA, 2016).

Devido às características dos esgotos domésticos, principalmente em razão ao seu grau de risco à saúde pública e ao meio ambiente sadio, é necessário realizar o seu tratamento adequado anteriormente a sua disposição no meio ambiente. Para tanto, no decorrer dos anos, diversas técnicas de tratamento foram desenvolvidas e devem ser aplicados frente à realização de um estudo prévio e definição da qualidade necessária para disposição do efluente tratado.

Uma estação de tratamento de esgoto (ETE) é um local destinado a realizar o tratamento do esgoto doméstico gerado por uma população. Este tratamento visa reduzir a carga poluidora que está presente no esgoto, a fim de atender prerrogativas legais de disposição do efluente final.

A remoção dos poluentes no tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente está associada aos conceitos de nível do tratamento e eficiência do tratamento (VON SPERLING, 2014). De acordo com Jordão e Pessoa (2017), a eficiência do tratamento vai variar em função dos parâmetros de disposição final definidos pela legislação, pelo órgão ambiental quando do licenciamento da atividade e das características do corpo receptor, tais como, capacidade de autodepuração, enquadramento e usos da água.

Segundo Jordão e Pessoa (2017), os processos de tratamento de esgoto doméstico são formados por etapas físicas, químicas e biológicas, que muitas vezes atuam de forma combinada. A combinação de uma ou mais etapas irá depender da eficiência necessária de tratamento.

O tratamento de esgoto é geralmente classificado em função dos seus níveis de tratamento, tal seja, preliminar, primário, secundário e terciário. O Quadro 1 a seguir descreve sucintamente estes processos principais de tratamento.

Quadro 1: Principais processo de tratamento de esgotos domésticos adotados em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE)

Tratamento	Especificação
Preliminar	O tratamento preliminar visa à remoção de sólidos grosseiros através de etapas físicas como gradeamento, desarenação e a medição de vazão. Nesta etapa, frequentemente há a necessidade de remoção manual de resíduos sólidos, quando não há processo mecanizado, que ficam depositados e seu encaminhamento para destinação adequada.
Primário	O tratamento primário visa a remoção dos sólidos sedimentáveis, conseqüentemente a matéria orgânica em suspensão. Para remoção, geralmente são utilizados processos físicos, onde estes sólidos ficam retidos no fundo dos tanques de decantação e, quando necessário, é realizada a combinação da etapa química, através da adição de coagulantes, que auxiliam no processo. Esta massa de sólidos é denominada lodo primário bruto (VON SPERLING, 2014). De acordo com as frequências de remoção do lodo definidas em projeto, é necessário realizar a limpeza dos decantadores, através da remoção do lodo depositado.
Secundário	Este nível de tratamento possui como objetivo principal a remoção de matéria orgânica, conhecida como DBO, ou Demanda Bioquímica de Oxigênio com a utilização de processos biológicos. Estes processos de tratamento envolvem a utilização de reatores aeróbios e anaeróbios, que atuam de forma a degradar os contaminantes biodegradáveis ainda presentes no esgoto doméstico através de reações bioquímicas. Esta degradação ocorre através das ações das bactérias e microrganismos presentes no esgoto, onde a matéria orgânica serve de alimento. O tratamento secundário inclui as unidades do tratamento preliminar, mas pode ou não incluir as unidades do tratamento primário (VON SPERLING, 2014). A exemplo dos processos de tratamento de esgoto doméstico a nível secundário, Von Sperling (2014) destaca as lagoas de estabilização (aeróbias, facultativas, de maturação, de polimento, de alta taxa), processos de disposição no solo, wetlands, reatores anaeróbios, lodos ativados e reatores aeróbios com biofilmes. No caso das lagoas aeradas, há necessidade de suprimento de oxigênio no processo através de sistemas mecanizados que provocam o turbilhonamento do líquido nos tanques, a fim de manter a taxa necessária de oxigênio para a ocorrência do processo aeróbio de forma adequada. Estes sistemas mecanizados podem ser aeradores superficiais ou por ar difuso.
Terciário	Os sistemas terciários visam principalmente a remoção dos níveis de nitrogênio e

	fósforo do efluente e da realização de desinfecção, quando exigido pelo órgão ambiental. Os tratamentos terciários geralmente utilizados a fim de realizar a desinfecção do efluente, segundo Jordão e Pessoa (2017) e Von Sperling (2014) são: filtração final, absorção por carvão ativado, cloração, ozonização, radiação ultravioleta e membranas (nanofiltração).
--	--

Segundo Gonçalves, Jordão e Sobrinho (2003), dentre os organismos patogênicos encontrados nos esgotos domésticos, as bactérias detêm maior quantidade do percentual frente aos outros organismos, já que uma fração importante da população de bactérias presente no esgoto faz parte da microbiota do trato gastrointestinal dos seres humanos. Dentre elas, Von Sperling (2014) destaca as bactérias do grupo coliformes termotolerantes, que se trata de um grupo de bactérias encontradas predominantemente no trato intestinal humano e de animais de sangue quente. A densidade de coliformes fecais típico de esgoto bruto é de 10^7 NMP/100 ml (GONÇALVES, JORDÃO e SOBRINHO, 2003).

Gonçalves, Jordão e Sobrinho (2003) ainda relatam que o montante de organismos patogênicos no esgoto, assim como a sua diversidade depende de diversos fatores, tais como a quantidade de indivíduos infectados na população e a densidade de organismos patogênicos nos excrementos desses indivíduos. Estes fatores estão intrinsicamente ligados a fatores socioeconômicos e culturais de uma população, assim como hábitos de higiene e de acesso a água.

A literatura técnica acerca do tema efluentes domésticos versa sobre os diversos microrganismos que o compõem. A maioria dos trabalhos aborda critérios de Engenharia, Microbiologia, projetos, tecnologias, sistemas de tratamentos, etc. Contudo, poucas pesquisas, principalmente a nível nacional, estudam o tema de riscos à saúde e segurança do trabalho relacionados a estes processos, sendo a lacuna acadêmica explorada neste artigo.

Assim, o objetivo principal do presente artigo é contribuir para o estudo dos riscos biológicos associados às atividades desenvolvidas em Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário, enfermidades que podem ser desencadeadas através da exposição a agentes patógenos e as principais vias de exposição destes microrganismos com os trabalhadores. Além disso, através do conhecimento obtido, busca-se apresentar alternativas de minimização destes riscos através de medidas

de controle, mecanização de processos, ou caso necessário, a indicação de EPC's e EPI's que tornem as atividades diárias de uma ETE mais segura.

2 MATERIAL(IS) E MÉTODOS

A pesquisa adotada por este artigo é considerada por qualitativa. Conforme Roesch (1999), se reconhece a pesquisa qualitativa como uma fase que precede o teste de hipóteses, argumentando que este tipo de pesquisa e seus métodos de coleta de dados e análise dos dados são apropriados para uma fase exploratória de pesquisa. Isto significa dizer que a pesquisa qualitativa é apropriada para avaliação formativa (melhorar efetividade de um programa, proposição de planos, etc), porém não adequada para avaliar resultados de programas ou planos.

2.1. Técnica de Coleta de Dados

Os materiais e métodos utilizados referem-se à coleta de dados na literatura nacional e internacional, utilizando-se como base de dados livros de literatura técnica específica, manuais e *sites* de busca disponíveis na rede mundial de computadores. Dentre os *sites* de busca utilizados, cita-se: <https://scholar.google.com.br/>, <http://www.periodicos.capes.gov.br/> e <https://www.sciencedirect.com/>.

Para a realização das buscas, utilizaram-se expressões na língua portuguesa, como: risco biológico em estações de tratamento de esgoto, risco biológico esgoto, riscos ocupacionais em estações de tratamento de esgoto; e na língua inglesa, como: *occupational risk wastewater, biological hazards in sewage treatment plants, biological hazards wastewater treatment plants*.

2.2. Técnica de Análise dos Dados

Os dados foram analisados buscando a construção da teoria. A ideia foi identificar a relação entre a atividade de operação de estações de tratamento de esgotos e os riscos à saúde e segurança do trabalhador que executa tarefas neste ambiente laboral.

Por fim, a partir do resultado desta primeira etapa, ainda se fez propostas de ações coletivas e individuais para proteção deste trabalhador.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de resultados obtidos com cada uma das palavras chave descritas nos referidos bancos de dados está apresentado a seguir na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados quantitativos das buscas realizadas nos bancos de dados descritos

Expressões chave	Bases de dados		
	scholar.google.com.br	periodicos.capes.gov.br	sciencedirect.com
Risco biológico em estações de tratamento de esgoto	18.600	11	15
risco ocupacional esgoto	12.800	55	9
riscos ocupacionais em estações de tratamento de esgoto	5.540	1	1
<i>occupational risk wastewater</i>	45.300	3.590	2.848
<i>biological hazards in sewage treatment plants</i>	94.000	3.358	7.237
<i>biological hazards in wastewater treatment plants</i>	84.800	3.690	7.811

Cabe destacar que o maior número de estudos relativos ao tema foram encontrados em trabalhos na língua inglesa. A expressão chave que mais apresentou resultados significativos para o presente estudo foi *occupational risk wastewater* no banco de dados scholar.google.com.br.

3.1 Riscos biológicos em ETE

Risco é a probabilidade de um evento adverso ocorrer, em razão das suas salvaguardas. A NR 32 considera risco biológico quando há probabilidade de exposição ocupacional a agentes biológicos, sendo microrganismos, culturas de células, parasitas, as toxinas e os príons. Quando se utiliza processo de aeração para tratamento de resíduos, esses microrganismos podem estar dispersos no ar representando fonte de contaminação (BRASIL, 2002).

Segundo a NR 15, a definição de insalubridade em razão de agentes biológicos é caracterizada pela avaliação qualitativa, ou seja, da existência ou não das atividades que propiciam o contato com os materiais contaminantes. Trabalhos

ou operações em contato permanente com esgotos sejam em galerias ou tanques caracteriza insalubridade em grau máximo.

O esgoto doméstico é constituído, além da água, em grande parte por matéria orgânica biodegradável e organismos patogênicos causadores de doenças. O esgoto e as águas residuárias contêm bactéria, fungos, parasitas e vírus que podem causar doenças intestinais, pulmonares e outras infecções (CPWR, 2004). Os operadores de estações de tratamento de esgoto estão expostos a estes riscos principalmente quando estão próximos a áreas onde há movimentação de esgoto com geração de bioaerossóis.

De acordo com Kindzierski *et al* (2015), alguns estudos da década de 90, identificaram as tarefas nas estações de tratamento de esgoto com mais representatividade de existência de risco biológico, a exemplo dos equipamentos de pré-tratamento, desague de lodo e que envolvessem água utilizada para limpeza de equipamentos que possuem contato com o esgoto bruto.

Os riscos biológicos em uma estação de tratamento de esgoto sanitário estão envolvidos em diversas etapas do tratamento. Este pode estar presente na geração dos bioaerossóis, principalmente onde há grande fluxo e turbulência do efluente, a exemplo dos processos que envolvam aeradores e pelo contato cutâneo e dispersão pelas vias úmidas, como boca e aparelho respiratório, através da limpeza de tanques (decantadores), secagem de lodo, limpeza das grades de tratamento prévio, dentre outros. Algumas estações ainda possuem sistema manual de limpeza da etapa de gradeamento.

Korzeniewska (2011) relata que, visto a grande diversidade de microrganismos encontrados em águas residuais urbanas, alguns patógenos ainda são concentrados no lodo durante o tratamento de efluentes.

3.1.1 Bioaerossóis

O esgoto bruto é um potencial condutor de microrganismos, sendo que ele pode representar um risco à saúde quando microrganismos patogênicos são aerolizados, como o que ocorre em uma queda d'água, por exemplo, ou em processos de aeração.

De acordo com Korzeniewska (2011), as partículas de esporos de fungos, bactérias, pólen e vírus, assim como de seus fragmentos e subprodutos e demais partículas biológicas dispersas aereamente são conhecidos como bioaerossóis.

Uma vez no ar as gotas evaporam e as bactérias na forma de bioaerossóis juntamente com as massas de ar podem ser transportadas para longas distâncias. A presença de bactérias depende de uma combinação de fatores, tais como a intensidade luminosa, tamanho e composição das gotas, assim como temperatura e umidade do ar (LINS, 2010). Essas gotículas contaminadas podem possuir uma grande variedade de microrganismos que, quando em contato com os trabalhadores da ETE poderão desencadear enfermidades e, conseqüentemente, doenças do trabalho. Por óbvio, a gravidade irá depender do tipo de microrganismo presente, das condições do sistema imunológico do trabalhador e dos mecanismos de prevenção utilizados na atividade.

De acordo com Dionísio (2006) o diâmetro aerodinâmico da partícula afeta diretamente no local de deposição da partícula no organismo humano, assim como, o efeito dos bioaerossóis na saúde irá depender de suas propriedades físicas e seu tamanho.

Contudo, a quantidade de microrganismos e a sobrevivência destes no ar dependem de diversos fatores. Brown (1997) relata estes fatores como sendo: quantidade de microrganismos presentes no esgoto doméstico, nas lagoas de aeração ou lodo, umidade relativa do ar, seu impacto com uma superfície, a morte dos organismos com a distância, direção do vento, temperatura e luz solar.

3.1.2 Resíduos sólidos: lodos

Os resíduos sólidos que possuem contaminação com microrganismos patogênicos em estações de tratamento de esgoto são compostos basicamente pelo lodo gerado nos processos de decantação e secagem e os resíduos sólidos que são retidos no processo preliminar de gradeamento. Algumas estações ainda possuem esse processo manual, embora já seja comum a sua substituição por sistemas mecanizados.

O lodo, mesmo que possua percentual considerável de água na sua composição, é classificado, segundo a NBR 10.004 como resíduo sólido. Ainda, a Portaria da FEPAM nº 67/2017, que dispõe sobre a coleta, o transporte e a

destinação de resíduos oriundos do esgotamento sanitário, considera os resíduos provenientes do esgotamento sanitário como perigosos, por conter substância infectante de acordo com a Resolução nº 5232/16 da ANTT. Em princípio, todos os processos de tratamento biológico geram lodo (VON SPERLING, 2014a).

O tipo de lodo varia, distinguindo-se os lodos aeróbios (não estabilizados), lodos aeróbios (estabilizados) e os lodos anaeróbios (estabilizados) (VON SPERLING, 2014a). O lodo não estabilizado contém concentrações consideráveis de patógenos, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2: Concentrações típicas de patógenos em lodos não estabilizados e dirigidos anaerobicamente.

Patógeno	Lodos não estabilizados (nº/100ml)	Lodos digeridos anaerobicamente (nº/100ml)
Vírus	2,500 – 70.000	100 – 1.000
Coliformes Fecais	10 ⁹	30.000 – 6x10 ⁶
<i>Salmonella</i>	8.000	3 – 62
<i>Ascaris Lumbricoides</i>	200 – 1.000	0 – 1.000

Fonte: EPA, 1984.

O lodo é retirado na fase líquida e encaminhado para processos de secagem e estabilização, como leitos de secagem, centrífugas, filtros prensa e tratamento térmico. Estes processos visam à retirada da umidade presente no resíduo e estabilização dos agentes patogênicos ainda presente para posterior descarte. Após estes processos, o lodo é encaminhado para disposição final, onde Jordão e Pessoa (2017) cita processos como: aterros, incineração, usos agrícolas e reúsos industriais.

Embora os processos de tratamento de efluentes aeróbios e anaeróbios reduzam o número de bactérias no esgoto, alguns patógenos podem permanecer na saída do esgoto e no produto final do biossólido (KORZENIEWSKA, 2011).

Além disso, as tarefas necessárias para manter o processo em funcionamento, tais como manutenção ou limpeza dos equipamentos, também expõem os trabalhadores a níveis potencialmente altos de patógenos (KHUDER *et al*, 1998). Dentre estas limpezas, pode-se destacar a realização periódica de retirada de excesso de lodo em decantadores e a remoção de material sobrenadante nas lagoas.

3.2 Vias de contato

As principais vias de contato com os agentes biológicos com os trabalhadores de Estações de Tratamento de Esgoto são as vias respiratórias, o contato cutâneo e por via oral. Baua (2010) descreve com detalhamento as rotas primárias de ingestão e transmissão de agentes biológicos por trabalhadores de esgoto, que são descritas abaixo:

- a) Via oral: através de respingos de esgoto; produtos alimentares contaminados; comer, beber e fumar sem lavar as mãos; qualquer contato corpo-boca com a roupa ou equipamentos de proteção individual contaminados;
- b) Via sistema respiratório (inalação): por bioaerossóis;
- c) Via contato cutâneo ou membranas mucosas: por penetração onde existem lesões cutâneas; respingos nos olhos e nariz; onde há redução das barreiras de proteção; contatos mão-face; contato com a roupa contaminada ou equipamento de proteção;
- d) Penetração em tecidos profundos: picadas de agulha ou corte com peças/equipamentos contaminados.

É possível verificar que a contaminação por agentes patogênicos em estações de tratamento de esgoto geralmente não ocorrem apenas por uma única via de exposição, podendo ocorrer de forma combinada. A exemplo disso, tem-se a contaminação via oral, onde primariamente poderá ter ocorrido a contaminação cutânea, através de contato com equipamentos ou roupas contaminadas e posteriormente, o contato mão-boca, ocorrendo a ingestão do agente patogênico.

3.3 Doenças do trabalho em trabalhadores de ETE's

De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o Código Nacional de Atividade Econômica - CNAE 3701-1/00 corresponde à operação de estações de tratamento de esgoto e tratamento de esgoto por meio de processo físico, químico e biológico, tais como: a diluição, seleção, filtragem e sedimentação. A última edição do Anuário Brasileiro da Previdência Social (2016) retrata que, para o CNAE 3701, em 2014 foram 104 acidentes com CAT registrada,

sendo 02 por doença do trabalho e em 2016 foram 109 acidentes com CAT registrada e 01 por doença do trabalho.

Os principais organismos causadores de doenças transmitidas pelo esgoto e as doenças relacionadas são descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Organismos patogênicos encontrados nos esgotos domésticos e doenças relacionadas

Organismo	Tipo	Doença principal
<i>Salmonella typhi</i>	Bactérias	Febre tifoide
<i>Salmonella paratyphi</i>		Febre paratifoide
Outras Salmonellas		Salmonelose
<i>Shigella</i>		Desintéria bacilar
<i>Vibrio cholerae</i>		Cólera
<i>E coli entereopatoênica</i>		Gastroenterite
<i>Yersinia enteropatogênica</i>		
<i>Campylobacter jejuni</i>		
Vírus da pólio		Enterovirus
Vírus da Hepatite A	Hepatite infecciosa	
Enterovirus (vários)	Meningite, encefalite	
<i>Balantidium coli</i>	Protozoários	Desintéria
<i>Entamoeba histolytica</i>		Desintéria amebiana
<i>Giardia lamblia</i>		Giardiase
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Helmintos e Nematóides	Ascaridíase
<i>Trichuris trichiura</i>		Tricuríase
<i>Ancilostoma duodenale</i>		Ancilostomíase

Fonte: Adaptado de Jordão e Pessôa (2017, pg. 750).

Verificou-se que diversos trabalhos relatam a existência probabilidade de desenvolvimento de enfermidades de veiculação hídrica nos operadores de Estações de Tratamento de Esgoto, como a gastroenterite (KHUDER *et al*, 1998; THORN, BEIJER E RYHANDER, 2002), Hepatite A (BROWN, 1997; KINDZIERSKI *et al*, 2015; DIVIZIA *et al*, 2008), problemas respiratórios (BROWN, 1997; KINDZIERSKI *et al*, 2015; KOERZENIEWSKA, 2011; AL-BATANONY E EL-SHAFIE 2011; THORN, BEIJER E RYHANDER, 2002), náuseas, vômitos e diarreias. Contudo, retratam a difícil correlação entre causa e efeito, já que diversos outros fatores podem estar relacionados. Dentre estes, destaca-se os hábitos de higiene,

alimentação, saneamento da habitação onde reside, contato em transporte público, relações interpessoais, dentre outros.

Brown (1997) retrata em seu estudo o risco de infecção nos pulmões por tuberculose e por vírus entéricos.

Kindzierski *et al* (2015) realizou um levantamento de dados na literatura a fim de verificar a existência denexo causal entre as enfermidades desenvolvidas pelos trabalhadores de ETE. Encontraram 28 estudos de observação epidemiológica publicados entre 1990 e 2015, que baseavam os sintomas relatados com a saúde dos trabalhadores das ETE e os que não sofriam exposição. Quanto à contaminação bacteriana, apenas os seguintes levantamentos apresentaram sentido de causa-efeito: Croácia (sintomas respiratórios), França (parasitas intestinais), Suécia (endotoxinas, asma e problemas respiratórios), Emirados Árabes (problemas respiratórios) e Estados Unidos (gastrointestinais). Quanto a contaminações virais, apenas o estudo realizado na Grécia apresentou resultados para contaminação por Hepatite A e B.

Koerzeniewska (2011) relata em seu trabalho, a ocorrência de diversas enfermidades desenvolvidas por patógenos encontrados no trato gastrointestinal de seres humanos e animais, conseqüentemente lançados no esgoto doméstico que chega às estações, tais como: *E. Coli*, que é uma das causas comuns de infecções urinárias, *Klebsiella spp* e *Enterobacter spp* podem causar pneumonia, todos do gênero *Enterobacteriaceae* estão associados a infecções sanguíneas e gastrointestinais, a *Salmonella* pode ser responsável pela febre tifóide e paratifóide. Quanto aos principais grupos de doenças respiratórias associadas à exposição de bioaerossóis de ETE, destaca a rinite alérgica e asma, bronquite crônica, alveolite alérgica e a síndrome da poeira orgânica.

Divizia *et al* (2008), analisou em seu estudo o risco de trabalhadores que possuem contato com esgoto adquirirem infecções por vírus entéricos, incluindo Hepatite A, em razão de que trabalhadores de estações de tratamento de esgoto podem ser expostos a aerossóis e contato direto com contaminantes potenciais. Destacou que os trabalhadores de estações de tratamento de esgoto tem um risco hipotético maior de infecção por Hepatite A em razão da presença endêmica deste vírus no esgoto.

Al-Batanony e El-Shafie (2011) realizaram estudo com 43 trabalhadores de uma ETE e outro grupo igual que não possuía contato com a atividade. Os

trabalhadores da ETE teriam apresentado resultados significativos para dores abdominais e doenças respiratórias, como asma e dispnéia.

Thorn, Beijer e Ryhander (2002) realizaram um estudo de sintomas relacionados a trabalhadores que tem contato com esgoto doméstico na Suécia. Destacam que outros autores também verificaram relação de sintomas com o agente do vírus de Norwalk, assim como a endotoxina. Concluíram que os resultados demonstraram maior risco aos trabalhadores ligados a atividades com esgoto para o desenvolvimento de doenças respiratórias e gastrointestinais, destacando a necessidade de investigações clínicas.

Ferreira e Pádua (2016) descrevem o vírus tipo Norwalk como entérico e que o homem é o único hospedeiro conhecido, provocando o desenvolvimento de gastroenterite aguda, tendo como sintomas náuseas, vômito e diarreias. A principal via de transmissão é a via fecal-oral, assim como pelo consumo de água ou comida contaminada. A gastroenterite foi apresentada no estudo de Khuder *et al* (1998) como de significancia elevada para desenvolvimento em trabalhadores de ETE e que possivelmente, muitos sintomas relatados como vômitos, diarreias e dores abdominais descritas pelos trabalhadores em estudos podem estar relacionadas a esta enfermidade.

Brown (1997) descreve diversos casos clínicos relacionados a patógenos encontrados no esgoto doméstico. Contudo, destaca que, apesar do vasto conhecimento na literatura sobre a presença destes microrganismos no esgoto doméstico bruto, a relação causa-efeito com a atividade em ETE é de difícil concepção, já que outros fatores podem estar relacionados. Alguns casos descritos no estudo de Brown (1997) são relacionados abaixo:

- a) Trabalhadores da estação de tratamento de águas residuais de Manitoba possuíam maior nível de anticorpos para o reovírus, um vírus entérico;
- b) Em trabalhadores de Cincinnati (Ohio), Chicago (Illinois) e Memphis (Tennessee) os anticorpos do agente Norwalk foram maiores em trabalhadores com alta e média taxa de exposição a aerossóis do que em baixa;
- c) Trabalhadores de águas residuais de Bucareste mostraram uma prevalência de anticorpos contra três vírus respiratórios (adenovírus, parainfluenza tipo 1 e influenza tipo A), sendo possivelmente relacionado à exposição com esgotos domésticos.

- d) Em trabalhadores de esgoto de Copenhague, os anticorpos contra hepatite A eram encontrados com mais frequência do que entre outros trabalhadores;
- e) Em Rennes, na França, as maiores concentrações de *Entamoeba histolytica* e *Giardia intestinalis* foram encontradas nas fezes dos trabalhadores de esgoto;
- f) Autores de estudos em Hamburg, W, na Alemanha acreditam que deve ser considerado o reconhecimento de amebíase e giardíase como doenças ocupacionais para trabalhadores de águas residuais.

3.4 Identificação dos riscos biológicos em ETE por nível de tratamento

A partir dos resultados obtidos com a pesquisa apresentada nos itens 3.1, 3.2 e 3.3, o Quadro 2 a seguir apresenta uma compilação dos riscos biológicos identificados por etapa de tratamento, as condições de exposição ao agente patogênico, as vias de contato e o risco sobreposto. O risco adicional/ sobreposto apresenta as condições de exposição e as vias de contato secundário que incluem ações posteriores ao contato primário.

Quadro 2: Compilação de resultados

Tratamento	Risco Biológico		Risco adicional / sobreposto	
	Atividade	Vias de contato primário	Condição de exposição	Vias de contato secundário
Preliminar	Limpeza manual dos sistemas de gradeamento e desarenação.	Cutâneo ou membranas mucosas.	- Projeção de esgotos na pele ou mucosas. - Risco de corte devido à grade possuir arestas vivas.	- Ingestão, através do contato mão-boca. - Penetração em tecidos profundos.
	Medição manual da vazão de entrada de esgoto bruto.		- Projeção de esgotos na pele ou mucosas.	Ingestão, através do contato mão-boca.
Primário	Remoção de óleos e graxas sobrenadantes.	Cutâneo e/ou membranas	- Projeção de esgotos na pele	Ingestão, através do contato mão-

		mucosas.	ou mucosas.	boca.
	Limpeza de decantadores	- Cutâneo e/ou membranas mucosas; - Respiratória.	- Respingos do residual existente no tanque durante o processo de lavagem; - Projeção de esgotos na pele ou mucosas.	Ingestão, através do contato mão-boca.
Secundário	Aeração superficial	- Respiratória; - Cutânea e/ou membranas mucosas.	- Formação de bioaerossóis em razão do turbilhonamento do efluente. - Projeção de respingos e bioaerossóis na pele e vias respiratórias.	Ingestão, através do contato mão-boca.
Terciário	-	-	-	-
Tratamento de lodo	Deságue de lodo	- Respiratória; - Cutânea e/ou membranas mucosas.	- Projeção de respingos e bioaerossóis na pele e vias respiratórias.	Ingestão, através do contato mão-boca.

Verifica-se no Quadro 2 que as principais vias de contato primário são a respiratória e a cutânea. Cabe salientar que não pode ser entendido como esgotadas as atividades descritas no referido quadro, quando realizada a análise de risco biológico em estações de tratamento de esgoto. A análise do risco *in loco* deve ser realizada levando em consideração as diversas configurações que os processos de tratamento de esgoto apresentam. Não se verificou nos trabalhos a descrição de riscos associados estritamente aos processos terciários.

3.5 Cuidados que podem ser adotados

Muitas doenças e acidentes de trabalho acabam não sendo registrados com CAT (Certidão de Acidente de Trabalho) junto ao Ministério do Trabalho, ou

determinadas doenças por se manifestarem tempos após o trabalho. Alguns trabalhadores acabam também por não procurar os serviços de medicina do trabalho ou emergências de hospitais ou desconhecem possível relação com a atividade desenvolvida.

O controle da saúde e de possíveis enfermidades desenvolvidas pelos trabalhadores e operadores de Estações de Tratamento de Esgoto deve ser realizado pela equipe de Medicina e Segurança do Trabalho das companhias e/ou empresas do ramo. Estes controles envolvem primariamente o conhecimento e o mapeamento da equipe quanto aos riscos biológicos envolvidos na atividade através da elaboração de PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) preciso que deverá estar articulado junto ao PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional). Segundo a NR 7:

O PCMSO deverá ter caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico precoce dos agravos à saúde relacionados ao trabalho, principalmente de natureza subclínica, além da constatação da existência de casos de doenças profissionais ou danos irreversíveis à saúde dos trabalhadores.

O controle envolve a realização, por exemplo, de exames periódicos. Estes exames podem incluir as anamneses e laboratoriais, que devem ser realizados principalmente com o estipulado pelas normas regulamentadoras, a fim de verificar a existência de relação entre possíveis patologias com a atividade desenvolvida, ou seja, relação causa e efeito. Contudo, as normas regulamentadoras não especificam a dose de exposição a estes agentes patogênicos, e a confirmação de sua presença no meio ambiente de trabalho se dá através da simples constatação da atividade com o agente insalubre, neste caso o esgoto doméstico. Diversas enfermidades relacionadas a microrganismos encontrados no esgoto doméstico já foram descritos no item 3.3 deste presente trabalho.

Destaca-se a necessidade de treinamento contínuo e a demonstração aos trabalhadores de Estações de Tratamento de Esgotos dos riscos biológicos associados às atividades desenvolvidas nestes locais. Junto ao programa de treinamento, deve ocorrer à instrução para procurar ajuda médica no setor de Medicina do Trabalho da empresa assim que apresente qualquer sintoma, como náuseas, vômito, dores abdominais, problemas respiratórios e irritações na pele, por exemplo.

Deve ser prevista a existência de vestiários, locais adequados à higiene dos trabalhadores e o repasse de instruções básicas como lavar as mãos frequentemente, tomar banho e trocar de roupa ao sair do local de trabalho. A existência de vestiários e locais adequados para realização de higiene é condição obrigatória pela NR 24. Atitudes como estas, ajudam a evitar a propagação de agentes patogênicos para outros ambientes e principalmente a ingestão destes quando em contato com alimentos ou contato mão-boca.

Outro ponto importante é a instrução quanto a não ingestão de alimentos ou líquidos próximo a estas áreas, sendo provida de locais próprios para bebedouros e refeitórios.

A CPWR (2004) recomenda a vacinação dos operadores contra tétano e difteria. Já a FEAM (2006), recomenda, além destes citados, a vacinação contra Hepatite A e B, devendo ser mantido junto a ETE os cartões de vacinação para consulta em caso de emergência.

É imprescindível que o local de trabalho seja examinado pela equipe de engenheiros de segurança e responsável técnico pela Estação de Tratamento de Esgoto, tais como Engenheiros Ambientais, Sanitaristas ou Civis, por exemplo, a fim de identificar possíveis melhorias no processo. Estas melhorias devem visar à minimização do contato dos trabalhadores com os agentes patogênicos.

Como exemplo, em locais onde a limpeza do sistema de gradeamento é realizada de forma manual utilizando o rastelo, seja prevista a implantação de sistemas mecanizados de coleta e disposição, como ilustra a Figura 01.

Figura 1 – Sistemas de gradeamento manual e mecanizado



Fonte: FEAM, 2006.

Além da adoção das medidas de controle, deve ser ressaltado a adoção de EPI's (Equipamentos de Proteção Individual), quando necessário. Dentre os EPI's adequados, a fim de minimizar o contato do operador com agentes patogênicos, recomenda-se a utilização de óculos de proteção, protetor facial, roupas impermeáveis e botas de borracha (na realização de atividades que envolvam a utilização de água), calçado de segurança fechado, com solado antiderrapante e luvas de látex ou nitrílicas. Na Tabela 04 são ilustrados os tipos de EPI's descritos.

Tabela 4 – EPI's apropriados ao controle de exposição a agentes biológicos em ETE

EPI	Exemplo
Óculos de proteção	
Protetor facial	
Roupas impermeáveis e botas de borracha	
Calçado de segurança fechado com solado antiderrapante	
Luvas de látex ou nitrílica	

Fonte: Catálogo CENCI, 2015; Catálogo WURTH, 2014.

A regulamentação de utilização dos EPI's adequados as atividades pode ser retratada pela empresa juntamente com os POP's (Procedimento Operacional Padrão). No POP devem conter todas as instruções adequadas a realização da atividade com segurança para o operador, utilizando preferencialmente linguagens

simples e de fácil entendimento. Podem conter no POP ainda: fluxogramas, imagens, ações corretivas, medidas de segurança e checklists.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estações de tratamento de esgoto sanitário são necessárias para manter a qualidade de nossos mananciais e, principalmente, do controle e disseminação de doenças para a população. O esgoto doméstico, conhecido por carregar elevadas cargas de patógenos chega às estações de tratamento de esgoto e expõe os trabalhadores destes locais a agentes biológicos, reconhecido pela NR 15, como grau de insalubridade máximo.

Contudo, esta exposição dos trabalhadores de ETEs a estes agentes é pouco discutido e debatido em nosso país. Diversos trabalhos científicos estrangeiros remetem a preocupação na dificuldade de concepção da relação causa-efeito, já que existem outros fatores de difícil controle envolvidos nesta análise. É importantíssimo que os profissionais ligados a esta área do saneamento conheçam os riscos das atividades realizadas nas estações de tratamento de esgotos, admitindo ainda as diversas configurações entre os tipos de tratamento existentes, e que seja buscada, cada vez mais, alternativas para minimização do contato, ou seja, trabalhar com o controle na fonte, sejam elas de mecanização de processos ou adoção de tecnologias com menor dispersão destes agentes para o meio.

Ademais, recomenda-se em trabalhos futuros, a realização de levantamentos de campo, tanto da microbiologia destes locais, como de conversa e debate com estes trabalhadores de enfermidades percebidas durante o seu tempo de exposição aos agentes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-BATANONY, M.A., EL-SHAFIE, M.K., *Work-related health effects among wastewater treatment plants workers*. The International Journal of Occupational and Environmental Medicine, v. 2, n. 4, pgs. 237 – 244, 2011.

BRASIL. *Manual de Procedimentos para Auditoria no Setor Saneamento Básico*. Ministério de Trabalho e Emprego, 2002.

BROWN, N.J. *Health hazard manual: Wastewater treatment plant and sewer workers*. Manuals and User Guides, Cornell University ILR School, 54 pgs., 1997.

CENCI. Catálogo de produtos. 2015. Disponível em: <http://www.cenciseg.com.br/web/arquivos/catalogo2015.pdf>. Acesso em 31/07/2018.

CPWR. *Biological Hazards in Sewage and Wastewater Treatment Plants: Hazard Alert*. The Center to Protect Workers Rights, 2004.

DIONÍSIO, J. A. *Riscos biológicos na Estação de Tratamento de Esgotos ETE-Belém*, Curitiba-PR. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

DIVIZIA, M., CENCIONI, B., PALOMBINI, L., PANÀ, A. *Sewage workers: risk of acquiring enteric virus infections including Hepatitis A*. *The new microbiologica*, v. 31, n. 3, pgs. 337 -341, 2008.

EPA. *Environmental Regulations and Technology: Use and Disposal Of Municipal Wastewater Sludge*. United States Environmental Protection Agency. Washington, 84 pg., 1984.

FEAM. *Orientações básicas para operação de estações de tratamento de esgoto*. Fundação Estadual de Meio Ambiente. Belo Horizonte, 52 pg., 2006.

FEPAM. Portaria FEPAM nº 67/17. Dispõe sobre a coleta, o transporte e a destinação de resíduos oriundos do esgotamento sanitário.

FERREIRA, A.C.S., PÁDUA, V.L. *Abastecimento de água para consumo humano: Qualidade da água para consumo humano*. Editora UFMG, Belo Horizonte, cap. 4, Vol. 01, 3ª ed., 66 pg., 2016.

GOLÇALVES, R.F., JORDÃO, E.P., SOBRINHO, P.A. *Desinfecção de efluentes sanitários*. PROSAB: Programa de Pesquisas em Saneamento Básico, Rio de Janeiro, 438 pg., 2003.

JORDÃO, E.P., PESSÔA, C.A. *Tratamento de esgotos domésticos*. Editora ABES, Rio de Janeiro, 8ª ed., 916 pg., 2017.

KHUDER, S., ARTHUR, T., BISESI, M.S., SCHAUB, E.A. *Prevalence of Infectious Diseases and Associated Symptoms in Wastewater Treatment Workers*. American Journal of Industrial Medicine, v. 33, n. 6, pgs. 571 - 577, 1998.

KINDZIERSKI, W., BARI, M.A., WANG, X., WETMORE, T., MAAL-BARED, R., MICHAELS, C. *Evidence of Wastewater Treatment Plant Worker Biohazard Exposure and Health Symptom Responses*. The Canadian Society for Bioengineering, 10 pg., 2015.

LINS, G. A. *Impactos ambientais em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs)*. Rio de Janeiro – RJ. 2010. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MENDONÇA, S.R., MENDONÇA, L.C. *Sistemas sustentáveis de esgotos: orientações técnicas para projeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, tratamento e reuso na agricultura*. Editora Blucher, São Paulo, 347 pg., 2016.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. *Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração – Guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudo de caso*. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1999.

NBR, ABNT. 7229: *Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. Rio de Janeiro, 1997.

NBR, ABNT. 9649: *Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento*. Rio de Janeiro, 1986.

NBR, ABNT. 10004: *Resíduos Sólidos - Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

THORN, J., BEIJER, L, RYLANDER, R. *Work related symptoms among sewage workers: a nationwide survey in Sweden*. Occupational and environmental medicine, v. 59, n. 8., pgs. 562 – 566, 2002.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Editora UFMG, Belo Horizonte, V.01, 4ª ed., 472 pg., 2014.

WURTH. Catálogo de EPI's. 2014. Disponível em:
https://www.wurthdobrasil.com.br/PT/caderno_Epis_manuten%C3%A7%C3%A3o.pdf
f. Acesso em 31/07/2018.