

II-065 - ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE PROGRAMA DE RECEBIMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS PARA A CIDADE DE JUIZ DE FORA

Sue Ellen Costa Bottrel ⁽¹⁾

Bacharel em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Professora Adjunta no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Paula Rafaela Silva Fonseca ⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

Júlio César Teixeira ⁽³⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Professor Associado no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora. Perito das Justiças Federal, do Trabalho e do Estado de Minas Gerais.

Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva ⁽⁴⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atua como chefe de Departamento de Projetos na Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA) em Juiz de Fora e professor nos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia Civil da Rede de Ensino Doctum em Juiz de Fora.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Bairro São Pedro, Juiz de Fora - MG. CEP: 36036-900 – Brasil – Tel: (32) 3229-3419, ramal 25 – E-mail: sue.bottrel@ufjf.edu.br

RESUMO

O município de Juiz de Fora – MG apresenta em seu Plano Municipal de Saneamento Básico como uma das ações a serem executadas, a elaboração de programa de recebimento de efluentes não domésticos. Diante da ausência de estudos até o momento em tal tema, o presente trabalho buscou fornecer subsídios que possam contribuir na implementação deste programa. A partir do estabelecimento de parâmetros de controle realizado previamente, definiu-se os padrões para recebimento de efluentes não domésticos. As concentrações foram obtidas considerando-se a capacidade de diluição dos esgotos domésticos, a concentração do parâmetro em questão nos efluentes domésticos e não domésticos bem como a concentração máxima permitida para lançamento em corpos receptores e a remoção do componente na Estação de Tratamento de Esgoto Barbosa Lage, hoje a única responsável por parte do tratamento de esgoto em Juiz de Fora. Além disso, também foram consideradas as concentrações máximas para a ocorrência dos processos biológicos de tratamento de esgoto, tanto aeróbios quanto anaeróbios para cada um dos parâmetros definidos. Como resultados obteve-se os seguintes padrões de lançamento de efluentes não domésticos em redes de esgoto para Juiz de Fora: fósforo total: 42 mg/L; nitrogênio amoniacal total: 568 mg/L; chumbo total: 3,2 mg/L; zinco total: 3,75 mg/L. Tais valores podem constituir referência para o órgão ambiental responsável pelo licenciamento e companhia de saneamento em uma análise primária, mas apenas o seu cumprimento não isentaria o gerador de maiores restrições de acordo com o tipo de empreendimento.

PALAVRAS-CHAVE: Padrões de lançamento, Plano de Saneamento Básico, Esgotamento Sanitário, Efluentes Não-Domésticos, Esgoto Industrial.

INTRODUÇÃO

O município de Juiz de Fora, atendendo ao estabelecido pela Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007), elaborou entre 2012 e 2014 o seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PSB/JF), resultado do esforço coletivo de

diversos atores sociais. Especificamente em relação à gestão do serviço de esgotamento sanitário, uma das ações apresentadas no produto Programas, Projetos e Ações do PSB/JF foi “Elaborar programa para recebimento de efluentes não domésticos (ENDs)”, que deveria ser realizada pela Companhia de Saneamento Municipal (Cesama) até o ano de 2017. Essa ação vai ao encontro dos objetivos e premissas de uma agenda para a sustentabilidade das cidades, apresentado pela Agenda 21 brasileira em uma das estratégias de produção e consumo: reavaliar os padrões atuais de produção, emissão e despejos de poluentes no ambiente urbano, modernizando os instrumentos técnicos, legais e financeiros que regulam o assunto, respeitando as peculiaridades locais e garantindo a participação da comunidade (CPDS, 2002).

A ausência de um programa que trace de maneira clara as diretrizes ambientais e sanitárias que os geradores de efluentes não domésticos devem seguir, além da possibilidade de trazer danos ambientais, dificulta a ação de todos os envolvidos: da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, que depende do posicionamento da Cesama sobre o recebimento dos efluentes industriais na rede de esgotos domésticos; do empreendedor, que não sabe o que será cobrado para sua adequação ambiental; da Cesama, que corre o risco de prejudicar a eficiência das estações de tratamento de esgoto, expondo sua equipe de trabalho a riscos ocupacionais desconhecidos, além de não cobrar tarifas compatíveis ao potencial poluidor de cada indústria, tendo apenas uma tarifa única diferenciada para toda a classe industrial.

Com relação ao tratamento de esgotos na cidade, o mesmo é executado por duas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), ETE Barbosa Lage e ETE Barreira do Triunfo, que são responsáveis pelo tratamento de 10% do esgoto coletado em Juiz de Fora. Em 2002, foi elaborado o “Estudo de Concepção da Complementação do Sistema de Esgotamento Sanitário de Juiz de Fora”, que propôs ampliação dos sistemas existentes (compostos por coletores tronco, interceptores, elevatórias e ETEs), bem como construção de novos sistemas até o ano de 2024 (JUIZ DE FORA, 2014). A ampliação do tratamento na cidade torna ainda mais importante o conhecimento e controle dos END lançados na rede coletora, uma vez que, como previamente mencionado, a diferença na composição de tais efluentes quando comparado com os esgotos domésticos, podem causar efeitos adversos ao tratamento do esgoto sanitário.

O Plano Municipal de Saneamento Básico (JUIZ DE FORA, 2014) apresenta o valor de 932,5 L/s para a vazão de esgoto faturado (incluindo o percentual de 25%, correspondente às de águas de infiltração), sendo que 904,5 L/s correspondem aos esgotos domésticos e 18,65 L/s aos efluentes de origem industrial. Entretanto, para o cálculo dessas vazões considera-se o volume de água consumido pelos usuários que é fornecido pela Companhia de Saneamento Municipal (Cesama). Logo, a água oriunda de fontes alternativas ao abastecimento público como, por exemplo, poços utilizados em indústrias, não é levada em consideração para efeitos de cálculo de geração de esgoto, o que pode levar a subestimar os volumes lançados nas redes.

OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi fornecer subsídios para a elaboração de uma proposta de programa de recebimento de efluentes não domésticos para Juiz de Fora – MG. Como objetivos específicos foram definidos: (i) Comparar programas de recebimento de efluentes não domésticos implantados em Belo Horizonte, São Paulo e Uberlândia com a NBR n° 9800:1987 - Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário; (ii) Definir padrões de lançamento na rede coletora para constar do programa de recebimento de efluentes não domésticos para a cidade de Juiz de Fora.

MATERIAIS E MÉTODOS

Comparou-se os limites estabelecidos para o lançamento de efluentes líquidos industriais em sistemas públicos de esgotamento sanitário entre as seguintes referências: Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) n° 9800 (ABNT, 1987); Norma Técnica T.187/4 da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) (COPASA, 2012); Decreto Estadual n° 8.468 usado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) (SÃO PAULO, 1976) e Decreto Municipal n° 13.481 (UBERLÂNDIA, 2012) utilizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE). Dessa forma, foi possível conhecer os diferentes critérios adotados entre as normas referenciadas. No estabelecimento dos padrões de lançamento de ENDs adotou-se o seguinte critério: para os padrões iguais em todos os programas e iguais a NBR n° 9800 (ABNT,

1987) sugeriu-se manter os mesmos valores; para os padrões que diferem entre si de acordo com cada programa, apresentou-se o cálculo considerando a diluição feita pelo próprio esgoto doméstico no esgoto industrial e o padrão de lançamento de efluentes em corpos receptores estabelecido pela DN nº 01 (COPAM/CERH, 2008). A equação utilizada foi:

$$C_{ind} = \frac{C_{mistura} \cdot (Q_{ind} + Q_{dom}) - C_{dom} \cdot Q_{dom}}{Q_{ind}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

C_{ind} = concentração a ser calculada para o parâmetro em questão;

Q_{ind} = vazão total de efluente industrial gerado no município;

C_{dom} = concentração do parâmetro no esgoto (bruto ou tratado, a depender da eficiência de remoção de tal composto pela ETE);

Q_{dom} = vazão total de efluente doméstico;

$C_{mistura}$ = concentração máxima permitida para lançamento em corpo receptor pela DN nº 01 (COPAM/CERH, 2008).

Os dados foram obtidos através de monitoramento efetuado na ETE Barbosa Lage (JUIZ DE FORA, 2014) ou de dados contidos na literatura. Para estabelecimento das vazões, considerou-se um cenário onde todo o esgoto gerado chegaria até às ETEs, que, por sua vez, teriam eficiência média igual à ETE Barbosa Lage. Pelos motivos expostos previamente, a vazão de esgoto industrial apresentada no PSB/JF (JUIZ DE FORA, 2014) é inferior à vazão real. Portanto, para os cálculos realizados através da Equação 1, aplicou-se um coeficiente de segurança de 50% sobre a vazão de esgoto industrial do PSB/JF. Sendo assim, adotou-se a vazão de 28 L/s para os esgotos de origem industrial.

Adicionalmente, analisou-se o padrão obtido segundo a sua influência nos processos biológicos de tratamento de esgoto, considerando os limites para digestão anaeróbia e respiração aeróbia apresentados por Montgomery e ESSE (1996), Quadro 1. Compreende-se que tal análise é necessária, para evitar que o afluente à ETE contenha compostos em concentrações que prejudiquem a biomassa microbiana.

Quadro 1: Concentrações limite para digestão anaeróbia e respiração aeróbia

Parâmetro	Limite de inibição da digestão anaeróbia (mg/L)	Limite de inibição da respiração aeróbia (mg/L)
Cádmio	20	1
Cromo VI	110	1
Cromo III	130	10
Cobre	40	1
Chumbo	340	0,1
Níquel	10	1
Zinco	400	0,3
Arsênio	1,6	0,1
Prata	13 (dissolvido)	0,25
Mercúrio	-	0,1
Cianeto	4	0,1
Nitrogênio amoniacal	1500	480
Sulfatos	500	10
Sulfetos	50	25
Fenol	-	50
Vários Orgânicos	Valores Específicos na faixa de 0,2 a 3,3	5 a 500

Fonte: Adaptado de Estudo da Poluição Industrial elaborado por Montgomery e ESSE (1996)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação entre diferentes programas de recebimentos de END e NBR 9800 (ABNT, 1987)

Em relação aos parâmetros físicos, a literatura estudada apresenta os mesmos valores, diferindo apenas na referência para o cálculo da vazão de lançamento de ENDs permitida. Enquanto a NBR 9800 (ABNT, 1987) e o DMAE (UBERLÂNDIA, 2012) adotam a vazão média horária, a Sabesp (SÃO PAULO, 1976) adota a vazão média diária e a Copasa (BELO HORIZONTE, 2012) a vazão de projeto.

No Quadro 2 destacou-se em negrito os maiores e menores valores de concentração para cada parâmetro químico referente aos metais pesados segundo o programa ou norma estudada, sendo que no caso de valores iguais, o negrito se refere a programas ou norma mais antigos.

Os padrões da NBR 9800 (ABNT, 1987), quando não são iguais aos de outros programas, são sempre inferiores, ou seja, mais restritivos. Os valores apresentados pelo DMAE (UBERLÂNDIA, 2012) igualam-se aos valores da NBR 9800 (ABNT, 1987) para todos os parâmetros. Enquanto os padrões da Copasa (COPASA, 2012), quando não são iguais, comparados às outras referências, são superiores, ou seja, menos restritivos.

Quadro 2: Comparativo entre os valores apresentados por diferentes programas estudados e a NBR 9.800 – metais pesados

Parâmetros químicos - metais pesados	Unidade de medida	NBR 9800	PREMEND (Uberlândia)	PREND (São Paulo)	PRECEND (Belo Horizonte)
Arsênio Total	mg/L	1,5	1,5	1,5	3
Cádmio Total	mg/L	0,1	0,1	1,5	5
Chumbo Total	mg/L	1,5	1,5	1,5	10
Cobre Total	mg/L	1,5	1,5	1,5	10
Cromo hexavalente	mg/L	0,5	0,5	1,5	1,5
Cromo Total	mg/L	5	5	5	10
Estanho Total	mg/L	4	4	4	5
Ferro solúvel (Fe²⁺)	mg/L	15	15	15	15
Mercúrio Total	mg/L	0,01	0,01	1,5	1,5
Níquel Total	mg/L	2	2	2	5
Prata Total	mg/L	1,5	1,5	1,5	5
Zinco Total	mg/L	5	5	5	5

Definição de padrões para constar do programa de recebimento de efluentes não domésticos para a cidade de Juiz de Fora

Ao considerar a tipologia industrial predominante no município de Juiz de Fora, os autores definiram em estudo anterior os parâmetros de interesse no controle de ENDs que serão considerados no presente trabalho, quais sejam: pH; temperatura; óleos e graxas; sólidos totais em suspensão; sólidos sedimentáveis; demanda bioquímica de oxigênio (DBO); demanda química de oxigênio (DQO); fósforo total; nitrogênio amoniacal total; fenóis totais; cádmio total; chumbo total; cianeto livre e zinco total. Sendo proposto que os parâmetros cádmio total; chumbo total; cianeto livre e zinco total isentos de monitoramento mediante justificativa técnica baseada no processo produtivo do empreendimento.

Para os parâmetros cujos padrões são iguais em todos os programas e iguais à NBR n° 9800 (ABNT, 1987) sugeriu-se manter os mesmos valores para o programa de recebimento de ENDs de Juiz de Fora. Portanto, a faixa de pH proposta é entre 6 e 10, a temperatura até 40°C; sólidos sedimentáveis até 20 mL/L; óleos e graxas visíveis ausentes. Embora a concentração permitida para o zinco também seja igual a 5 mg/L em todas as

referências estudadas, este valor não foi adotado, devido à inibição da respiração aeróbia ocorrer abaixo desse valor, conforme Quadro 1.

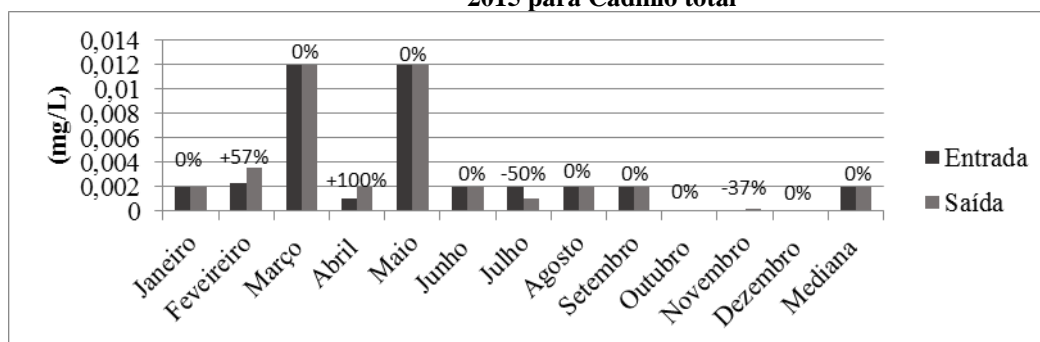
Para Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Sólidos Totais em Suspensão não foram apresentados limites, pois estes parâmetros podem ser utilizados para quantificar posteriormente o fator “k”, utilizado para tarifar os geradores de ENDs, assim como acontece nos programas de recebimento apresentados na revisão de literatura deste trabalho. Recomenda-se apenas atenção à constituição do efluente em termos de matéria orgânica. Recomenda-se para empreendimento que utilizem matéria prima e ou insumos que contenham elevado teor de compostos orgânicos não biodegradáveis, que seja feita avaliação individualizada para imposição de limites restritivos para tais constituintes.

Exemplo de cálculo – Cádmio total

O cálculo da concentração máxima permitida de cádmio total nesta proposta de programa de recebimento de ENDs foi efetuado utilizando-se a Equação 1, onde $C_{mistura}$ foi substituído por 0,1 mg/L, concentração máxima permitida para lançamento em corpos receptores segundo a DN nº 01 (COPAM/CERH, 2008). Salienta-se que essa concentração de cádmio afluente à ETE não prejudica o tratamento biológico de esgotos. Segundo o Quadro 1, o limite de cádmio para digestão anaeróbia equivale a 20 mg/L, enquanto para a respiração aeróbia esse limite cai para 1 mg/L.

Segundo Damasceno (1996), do ponto de vista ambiental, o metal pesado é aquele que, em determinadas concentrações e tempo de exposição, oferece risco à saúde humana e ao meio ambiente, prejudicando a atividade dos organismos vivos. Devido às suas propriedades de toxicidade e de acumulação no organismo, podem causar inúmeras doenças e serem associados aos problemas de poluição e contaminação ambiental (TONANI, 2008). Devido a esses motivos, para os metais pesados como o cádmio, foram utilizadas em substituição a C_{dom} (Equação 1) as concentrações do esgoto bruto – entrada da ETE - visando caracterizar o pior cenário, em que a ETE não remove parcela alguma destes compostos. A remoção de metais pesados por sistemas biológicos pode ser considerada como um efeito adicional e tido como muito variável (OLIVER; COSGROVE, 1974; NEUFELD; HERMANN, 1975). A Figura 1 mostra claramente essa variação, justificando a utilização da concentração de cádmio no esgoto bruto na equação 1, cuja mediana é igual a 0,002 mg/L.

Figura 1. Gráfico do monitoramento do esgoto bruto e tratado da ETE Barbosa Lage durante o ano de 2015 para Cádmio total



Fonte: Adaptado de Cesama (2015)

A partir dos cálculos efetuados, encontrou-se a concentração máxima de cádmio a ser aceita no recebimento de ENDs de 3,3 mg/L. Esse valor, embora seja superior ao recomendado pela NBR 9800 (ABNT, 1987), é inferior ao atualmente adotado pelo PRECEND, da Copasa.

Cálculo dos demais padrões

Seguindo a metodologia descrita, os valores máximos para os parâmetros considerados no presente trabalho foram: fósforo total: 42 mg/L; nitrogênio amoniacal total: 568 mg/L; chumbo total: 3,2 mg/L; zinco total: 3,75 mg/L.

Não foi possível calcular as concentrações limite para os parâmetros fenóis totais e cianeto livre, pois os dados de monitoramento da ETE Barbosa Lage para estes parâmetros não foram fornecidos a tempo.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Entre as referências estudadas, os padrões da NBR 9800 (ABNT, 1987), se mostraram de maneira geral mais restritivos, enquanto aqueles adotados pela Copasa (COPASA, 2012), menos restritivos.

A partir da metodologia adotada foi possível estabelecer padrões de lançamento de ENDs na rede pública de esgotos sanitários para os seguintes parâmetros: pH; temperatura; sólidos sedimentáveis; óleos e graxas; fósforo total; nitrogênio amoniacal total; chumbo total e zinco total. Recomenda-se que sejam analisados os dados de monitoramento de fenóis totais e cianeto livre ao longo de um ano para posterior cálculo das concentrações a serem permitidas no programa de recebimento de ENDs de Juiz de Fora.

Definir qual metodologia assumir foi uma das dificuldades deste trabalho, por este motivo recomenda-se o estabelecimento e a divulgação de uma metodologia padronizada para a elaboração de programas de recebimento de efluentes não domésticos.

Ainda, recomenda-se a criação de bancos de dados específicos sobre o consumo de água e a geração de efluentes das indústrias de Juiz de Fora, em termos quali e quantitativos, visando a construção de material para maior controle por parte da Cesama e dos órgãos ambientais do município. Além disso, também sugere-se a elaboração de estudos sobre a tarifação imposta no recebimento e tratamento de esgotos em Juiz de Fora, visando obter um “fator k”, que relacione as concentrações de demanda química de oxigênio e sólidos totais em suspensão com a cobrança realizada para que a tarifa seja proporcional ao potencial poluidor do gerador de END.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9800 – Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987.
2. BRASIL, Lei. nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília: Diário Oficial da União de 08 de janeiro de 2007.
3. COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CPDS). Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional, 2002.
4. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. Norma Técnica T.187/4, de 24 de Janeiro de 2012. Estabelece condições e critérios para o lançamento de efluentes líquidos não domésticos – END's, no sistema de esgotamento sanitário da COPASA. Belo Horizonte, 2012a.
5. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL; CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º1, de 05 de mai. de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Belo Horizonte: COPAM, 2008.
6. DAMASCENO, S. Remoção de metais pesados em sistemas de tratamento de esgotos sanitários por processo de lodos ativados e por um reator compartimentado anaeróbio. 1996. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos.
7. JUIZ DE FORA. Plano de Saneamento Básico de Juiz de Fora - MG. Juiz de Fora: Prefeitura de Juiz de Fora, Esse Engenharia e Consultoria Ltda., 2014. 180p.
8. MONTGOMERY W.; ESSE ENGENHARIA E CONSULTORIA. Estudo sobre o controle da poluição industrial. Relatório técnico final: capítulos 8 a 10. [S.l.: s.n], 1996. v. II. Relatório de outubro de 1996.
9. NEUFELD, R.D.; HERMANN, E.R. Heavy metal removal by acclimated activated sludge. Journal Water Pollution Control Federation, p. 310-329, 1975.
10. OLIVER, B.G.; COSGROVE, E.G. The efficiency of heavy metal removal by a conventional activated sludge treatment plant. Water Research, v. 8, n. 11, p. 869-874, 1974.
11. SÃO PAULO. Decreto Estadual no 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente.



12. TONANI, K.A. de A. Identificação e quantificação de metais pesados, parasitas e bactérias em esgoto bruto e tratado da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto - SP. 2008. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/tde-12032008-100717/>>. Acesso em: 21 de junho de 2016.
13. UBERLÂNDIA. Decreto nº 13.481, de 22 de junho de 2012. Dispõe sobre o programa de recebimento e monitoramento de efluentes não domésticos do município de Uberlândia –MG – PREMEND e revoga o Decreto nº 10.643, de 16 de abril de 2007. Uberlândia: Diário Oficial do Município de Uberlândia de 26 de junho de 2012.