

ARTIGO TÉCNICO

INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA EFICIÊNCIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO E CARACTERIZAÇÃO DO CORPO RECEPTOR

⁽¹⁾Fábio de Souza Marques

⁽²⁾Guilherme Manicardi Correia

⁽³⁾Frederico Carlos Martins de Menezes Filho

⁽¹⁾⁽²⁾ Estudante do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba

⁽³⁾ Professor Adjunto do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba

Presidente: Frederico Carlos Martins de Menezes Filho

Membro 1: Cassiano Rodrigues de Oliveira

Membro 2: Lucas Martins Guimarães

RESUMO: Um dos grandes desafios do saneamento básico no Brasil, está relacionado com o esgotamento sanitário que precisa cada vez mais de análises, propostas e principalmente soluções para o elevado déficit de coleta e a baixa eficiência no tratamento realizado nas estações de tratamento de esgoto (ETE). O presente estudo objetivou analisar a influência da sazonalidade na eficiência do tratamento de esgoto da ETE de Lagoa da Prata-MG, a partir dos parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura, turbidez, pH e oxigênio dissolvido (OD). Posteriormente, avaliou-se a capacidade de autodepuração do corpo receptor e comparou os resultados obtidos com os limites estabelecidos pela resolução 357/05 do CONAMA. Com os estudos realizados em épocas de cheia e estiagem foi possível confirmar um considerável aumento da vazão em épocas de chuva, indicando possíveis ligações clandestinas na rede de esgoto, mesmo a cidade dispendo de um sistema separador absoluto. O trabalho permitiu determinar como cada parâmetro do tratamento do esgoto, reage com a variação de temperatura e precipitação, evidenciando as possíveis causas para a queda da eficiência do tratamento, observada em épocas de cheia. Por fim, observou-se que no período de estiagem a eficiência nos reatores da ETE atingiu o ápice de 85,06% e no período de cheia determinou-se uma queda da eficiência para 63,07%.

PALAVRAS-CHAVES: Lagoa da Prata, parâmetros, autodepuração, estiagem, cheia.

SEASONALITY INFLUENCE IN THE EFFICIENCY OF A SEWAGE TREATMENT STATION AND RECEIVER WATERBODY DESCRIPTION

ABSTRACT: One of basic sanitation great challenges in Brazil, is related with sanitary sewage requiring increasingly analyzes, proposals and mainly solutions for high collect deficit and low efficiency at sewage treatment plants. This study analyzed the seasonality influence in Lagoa da Prata's sewage treatment plants efficiency, approaching parameters such as biochemical oxygen

31 demand (BOD), temperature, turbidity, pH and dissolved oxygen (DO). Then, the receiver
32 waterbody self-purification capacity was evaluated and compared to CONAMA resolution 357/05.
33 With studies performed in flood and drought seasons, it was possible to confirm a considerable
34 increase in water flow, indicating possible clandestine connections, even the city having an absolute
35 separator system. This work allowed to determine how each parameter reacts with temperature and
36 precipitation variation, evidencing possible causes for the treatment efficiency drop, noticed in
37 flood season. Finally, it was concluded that in drought season the reactor's efficiency reached
38 85,06% and in flood season, the reactor's efficiency fell to 63,07%.

39 **KEYWORDS:** Lagoa da Prata, parameters, self-purification, drought, rain.

40 1. INTRODUÇÃO

41 Atualmente no Brasil, a organização dos serviços de esgotamento sanitário nos municípios
42 pode ser realizada de forma direta, sem prestador de serviço institucionalizado ou indireta, quando
43 ocorre a delegação da prestação dos serviços para autarquia municipal, companhia estadual ou
44 concessionária privada (ANA, 2017).

45 De acordo com estudos realizados pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2017) a situação
46 do atendimento da população brasileira com serviços de esgotamento sanitário pode ser
47 caracterizada da seguinte forma: 43% é atendida por sistema coletivo (rede coletora e estação de
48 tratamento de esgotos); 12% é atendida por solução individual (fossa séptica); 18% da população se
49 enquadra na situação em que os esgotos são coletados, mas não são tratados; e 27% é desprovida de
50 atendimento, ou seja, não há coleta nem tratamento de esgotos

51 A coleta e tratamento de esgotos não se limita apenas à preservação do meio ambiente. O
52 saneamento básico também engloba outras áreas, como a saúde pública e a economia de um
53 município, por exemplo. Sendo assim, a coleta e o tratamento de esgotos, assim com sua destinação
54 final, devem ser prioridades ao planejamento urbano de uma cidade (ANA, 2017).

55 Neste contexto, existem várias formas de tratamento com eficiência comprovada, podendo ser
56 aeróbios ou anaeróbios, sendo eles principalmente, o método dos lodos ativados e reatores
57 anaeróbios de fluxo ascendente (RAFA's), respectivamente. Quando o tratamento é realizado
58 através dos RAFA's, é necessário ainda que se proceda a um tratamento complementar do efluente,
59 uma vez que a eficiência desse processo não atinge valores satisfatórios. Assim, é muito comum a
60 utilização de lagoas facultativas ou lagoas de polimento para complementar o tratamento e
61 possibilitar o lançamento do efluente no corpo receptor.

62 Paralelamente às condições hidroclimáticas, em períodos de cheias é comum que uma parcela
63 da água precipitada se infiltre nas canalizações de esgoto, aumentando a vazão a ser tratada e
64 modificando a qualidade do afluente (SCARATTI *et al.*, 2014).

65 Sendo o Brasil um país tipicamente tropical, com distinção bem definida entre períodos de
66 estiagem e cheia, o tratamento de esgoto sanitário deve ser eficiente independentemente da estação,
67 uma vez que o saneamento está ligado tanto à qualidade da água do corpo receptor, influenciando
68 na biodiversidade aquática, quanto à qualidade de vida humana.

69 O presente estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Esgoto de Lagoa da Prata – MG,
70 localizada no Centro Oeste de Minas Gerais e inaugurada em 2014. O objetivo deste trabalho foi
71 analisar o impacto da sazonalidade na eficiência do tratamento de esgoto e como o corpo receptor
72 reage a essa interferência, sendo a precipitação pluviométrica o principal fator analisado.

73 **2. O ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

74 O esgoto sanitário é definido pela NBR 9648 (ABNT, 1986) como “despejo líquido
75 constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial
76 parasitária.” A NBR 9648 ainda define esgoto doméstico como sendo o efluente que resulta da
77 utilização da água para higiene pessoal e necessidades fisiológicas humanas. Paralelamente, o
78 esgoto industrial seria tudo aquilo que não é utilizado após todos os procedimentos industriais,
79 respeitando as leis e padrões de lançamento que já são estabelecidos por norma. Já a água de
80 infiltração seria toda a água que, indesejavelmente, penetra nas canalizações e prejudica o sistema
81 separador. Por fim, a contribuição pluvial parasitária seria a parte do deflúvio superficial que
82 inevitavelmente é absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário.

83 Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2009), existem três modalidades de
84 esgotamento sanitário no que tange a coleta: sistema de esgotamento unitário, sistema de
85 esgotamento separador parcial e sistema separador absoluto. No sistema unitário, o esgoto e as
86 águas provenientes da chuva são conduzidos no mesmo sistema. No sistema parcial apenas uma
87 parcela das águas das chuvas são conduzidas juntamente ao esgoto e às águas de infiltração. Já no
88 sistema separador absoluto, o esgoto e as águas de infiltração são conduzidos por um sistema
89 independente ao das águas pluviais.

90 Já o tratamento de esgoto pode ser classificado em quatro níveis de eficiência: preliminar,
91 onde são retirados os sólidos grosseiros; primário, onde processos físicos promovem a
92 sedimentação de partículas suspensas; secundário, que é responsável pela degradação biológica dos
93 compostos carbonáceos; e terciário, que visa à remoção do nitrogênio e do fósforo quando a
94 concentração destes ultrapassa os percentuais exigidos pelo órgão ambiental (MMA, 2009).

95 Neste enfoque, Neto e da Costa (2011) afirmam que as estações de tratamento de esgoto
96 (ETE's) atuais, são projetadas para removerem apenas sólidos orgânicos e matéria orgânica
97 carbonácea, com uma grande deficiência na remoção de nutrientes.

98 Assim, de acordo com o nível de eficiência desejado, a escolha correta do processo de
99 tratamento de esgoto torna-se fundamental, pois a qualidade final do efluente deve ser tolerável e
100 compatível com a capacidade de autodepuração do corpo receptor (MMA,2009).

101 **2.1 Autodepuração do corpo receptor**

102 Conforme os estudos de Sardinha *et al.* (2012), quando o esgoto coletado das residências é
103 despejado *in natura* no corpo receptor, a qualidade da água é diretamente afetada, sendo que o
104 aspecto visual também se torna desagradável e, além disso, pode haver um declínio do nível de
105 oxigênio dissolvido, afetando a vida dos seres aquáticos, juntamente com a exalação de maus
106 odores.

107 Neste contexto, Stehfest (1973), realizou um estudo comparando modelos teóricos que
108 avaliassem a autodepuração dos corpos receptores. O autor analisou de forma quantitativa e
109 qualitativa a capacidade de autolimpeza do Rio Reno, próximo à Holanda. De acordo com seus
110 estudos, a ação dos microrganismos aeróbios representa parte essencial no processo de
111 autodepuração e na decomposição da matéria orgânica.

112 Deste modo, “o fenômeno da autodepuração está vinculado com o reestabelecimento do
113 equilíbrio do meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após alterações induzidas por
114 despejos afluentes” (SPERLING, 1996).

115 Consoante o mesmo autor, a autodepuração é um processo que se desenvolve ao longo do
116 tempo e a dimensão do curso d’água é predominantemente longitudinal. Desta maneira, tem-se que
117 os estágios da sucessão ecológica podem ser associados às zonas que já são fisicamente pré-
118 determinadas e identificáveis nos rios. Essas zonas de autodepuração são identificadas como zona
119 de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação e zona de águas limpas. A zona
120 de degradação tem início logo depois do lançamento das águas residuais e é caracterizada pela
121 elevada quantidade de matéria orgânica, no seu estágio complexo. A zona de decomposição ativa se
122 inicia logo após a fase de perturbação do ecossistema, com os microrganismos realizando a etapa da
123 decomposição. A zona de recuperação é originada após uma intensa decomposição da matéria
124 orgânica presente no corpo receptor e de uma grande degradação do ambiente aquático. Por fim, a
125 zona de águas limpas representa o estágio final da depuração do efluente, quando as águas se
126 tornam novamente limpas, retornando às condições iniciais antes do lançamento do esgoto tratado,
127 lembrando que nem todo rio possui uma capacidade de autodepuração que lhe permite ser resiliente
128 e chegar ao estado de águas limpas, como por exemplo, o Rio Tietê e o Rio Pinheiros, localizados
129 no estado de São Paulo.

130 Assim, quando há ineficiência na estabilização de alguns compostos oriundos do esgoto
131 doméstico, como o fósforo e o nitrogênio amoniacal, suas concentrações se elevam, e há a

132 caracterização de um grande impacto ambiental em potencial, conhecido como eutrofização do
133 corpo de água (DÚPONT E LOBO, 2012).

134 Desta forma, à jusante do lançamento de um despejo predominantemente orgânico e
135 biodegradável têm-se as características de todas as zonas. E à montante tem-se a zona de águas
136 limpas, caracterizada por um equilíbrio ecológico e elevada qualidade de água (SPERLING, 1996).

137 **2.2 Parâmetros para o lançamento**

138 A Resolução nº 430 CONAMA (2011) contempla valores de referência que devem ser
139 seguidos para o lançamento do efluente no corpo receptor. Entretanto alguns parâmetros podem
140 ficar a critério do órgão competente de cada estado (MICHALAKE E SILVA, 2016). Além disso, a
141 deliberação normativa conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 também estabelece padrões para o
142 lançamento de efluentes.

143 Os parâmetros podem ser subdivididos em físicos, químicos e microbiológicos. Dentre os
144 indicadores físicos, pode-se citar a cor, turbidez, sólidos totais (suspensos e dissolvidos) e
145 temperatura da água como os principais (OLIVEIRA E CUNHA, 2014).

146 Neste enfoque, sólidos totais são todas as substâncias e matérias contidas nas águas
147 residuárias, que não seja água, podendo apresentar-se na forma de substâncias sedimentadas, em
148 suspensão ou dissolvidos. A determinação dos sólidos suspensos fornece uma estimativa da matéria
149 orgânica presente no resíduo (MICHALAKE E SILVA, 2016).

150 Por outro lado, os parâmetros químicos mais notáveis são oxigênio dissolvido (OD), demanda
151 bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e potencial hidrogeniônico
152 (pH) (OLIVEIRA E CUNHA, 2014).

153 Sperling (1996) aborda a importância do OD:

154 O oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbios (que
155 vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias
156 fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução
157 da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a
158 morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente
159 consumido, tem-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com geração de maus
160 odores.

161 Sob o mesmo ponto de vista, a DBO pode ser entendida como a quantidade de oxigênio a ser
162 consumido para estabilizar bioquimicamente a matéria orgânica do efluente. Ou seja, quanto maior
163 for a DBO maior será a necessidade de OD para estabilizar os compostos orgânicos (MICHALAKE
164 E SILVA, 2016). Este parâmetro é de grande importância para caracterizar a poluição dos corpos
165 d'água (SPERLING, 1996).

166 O pH é uma medida que, de acordo com Sperling (1996), indica a acidez ou alcalinidade de
167 uma solução através da concentração de íons hidrogênio H⁺ (em escala anti-logarítmica), variando
168 de 0 (muito ácido) a 14 (muito básico). Desta maneira, o pH “interfere na atividade enzimática e na

169 estrutura molecular dos micro-organismos, altera o equilíbrio químico de certos compostos
170 aumentando ou diminuindo sua toxicidade” (SCARATTI, *et al.*, 2014).

171 Paralelamente, outro parâmetro que pode ser analisado é a demanda química de oxigênio
172 (DQO), que pode ser entendida como “o consumo de oxigênio ocorrido em razão da oxidação
173 química da matéria orgânica presente no efluente” (SCARATTI, *et al.*, 2014). Entretanto a
174 Resolução nº 357/05 CONAMA não estabelece limites de DQO para lançamento do efluente. A
175 Resolução nº 430/11, que veio para complementá-la, também não traz referências a esse parâmetro.
176 Portanto, como visto anteriormente, o limite deste parâmetro fica a critério dos órgãos competentes
177 de cada estado (MICHALAKE E SILVA, 2016).

178 Nesse contexto, Michalake e Silva (2016) discorrem sobre a situação da legislação brasileira:

179 Em um breve histórico, observa-se que o Brasil apresenta certa morosidade no que se refere
180 a critérios de parâmetros de monitoramento da sua água, bem como dos valores máximos
181 permitidos para os seus usos e reusos. Por exemplo, a Resolução Nº 020/85 do CONAMA
182 perdurou por 20 anos, até o ano de 2005, para que esses valores e parâmetros fossem
183 revisados com a edição da Resolução Nº 357.

184 Por fim, dentre os indicadores microbiológicos, a concentração de coliformes totais (CT) e de
185 *Escherichia Coli* (*E. Coli*) destacam-se como os principais parâmetros a serem analisados.
186 (OLIVEIRA E CUNHA, 2014).

187 **2.3 Sazonalidade**

188 Segundo pesquisas realizadas por Oliveira e Cunha (2014), parâmetros como cor, turbidez,
189 coliformes totais e *E. Coli* sofrem influências significativas das condições hidroclimáticas, como a
190 precipitação pluviométrica, de maneira a se esperar um maior nível de deterioração da qualidade
191 das águas em condições hidroclimáticas críticas, tanto no âmbito físico, quanto no químico e
192 microbiológico.

193 A eficiência das Lagoas de Estabilização está diretamente ligada à temperatura, tempo de
194 detenção, quantidade de bactérias e algas. O crescimento das algas, bem como a assimilação de
195 nutrientes não dependem apenas da disponibilidade dos mesmos, mas de fatores físicos como, por
196 exemplo, o pH, intensidade da luz, temperatura, vento e radiação solar (VON SPERLING, 2002).

197 Da mesma forma, em outro estudo realizado por Scaratti *et al.* (2014), foi analisada a remoção
198 de DBO e DQO do esgoto em Lagoas de Estabilização de Esgoto (LEE's) e foi observada uma
199 queda na eficiência no tratamento do efluente nos períodos de baixas temperaturas, pouca insolação
200 e elevada precipitação pluviométrica, onde esses parâmetros se mostraram acima dos limites
201 recomendados pela Resolução Nº 430/11 CONAMA, de maneira que afirmou-se a influência das
202 condições hidroclimáticas no tratamento de esgoto nas LEE's.

203 Neste enfoque, foi verificado por Scaratti *et al.* (2014), que nos períodos de cheias as vazões
204 que chegavam na rede de esgoto eram maiores, mesmo o sistema sendo do tipo separador absoluto.

205 Essa vazão extra, provinda de águas pluviais, influenciava diretamente na eficiência do tratamento
206 do esgoto.

207 **3. METODOLOGIA**

208 **3.1 Local de estudo**

209 A cidade de Lagoa da Prata, localizada no centro oeste de Minas Gerais (20° 01' 21" S e 45°
210 32' 37" O) possui uma população estimada de 51.204 habitantes e altitude de 655m, de acordo com
211 dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

212 Atualmente, o município possui um sistema de tratamento de esgoto moderno e desenvolvido,
213 para os padrões brasileiros, operado pela autarquia municipal SAAE – Serviço Autônomo de Água
214 e Esgoto.

215 O sistema de coleta de esgotos de Lagoa da Prata é classificado como separador absoluto,
216 uma vez que as águas pluviais e as águas residuais são coletadas e transportadas em redes
217 independentes. Os esgotos industriais e farmacêuticos são coletados e tratados individualmente,
218 cada um com a sua estação e tratamento próprio.

219 As ligações domiciliares, compostas pelas tubulações secundárias (casas e prédios), são
220 lançadas na rede coletora tronco, também chamada de tubulação principal, que por sua vez lança o
221 esgoto na rede interceptora. Na sequência, a rede interceptora conduz o efluente até os emissários,
222 que chega até a Estação Elevatória de Esgoto (EEE) e por fim, o bombeamento atinge a Estação de
223 Tratamento de Esgoto (ETE), que está sempre a uma cota mais alta, para evitar alagamento e
224 inundação.

225 A cidade conta com uma topografia favorável com declividade para um determinado ponto,
226 onde está localizada a estação de tratamento de esgoto e, por isso, consegue captar 100% do
227 esgotamento do município. Existe apenas uma estação elevatória intermediária para transpor uma
228 área pantanosa.

229 Na chegada do esgoto na ETE, sua vazão é medida por um medidor ultrassônico, passando
230 pelo tratamento preliminar, composto por:

- 231 • Grade Grossa – Remoção dos sólidos de maiores dimensões;
- 232 • Grade Fina – Remoção dos sólidos de menores dimensões;
- 233 • Desarenador – Remoção de areia.

234 Após o tratamento preliminar, o esgoto vai para os RAFA's, onde o esgoto percorre um fluxo
235 de baixo para cima e vai sendo tratado pelas bactérias que são formadas no local. Durante o
236 processo de decomposição da matéria orgânica, o lodo produzido se deposita no fundo do reator, e o
237 gás metano, proveniente de reações químicas, é conduzido para a queima, transformando-se em gás
238 carbônico.

239 A Figura 1 mostra a parte superior dos reatores, por onde é feita a distribuição do esgoto, e ao
240 fundo, as lagoas de polimento.



241
242

Figura 1 - Reatores e lagoas de polimento. Fonte: Acervo pessoal.

243 O esgoto deixa os reatores com eficiência de tratamento em torno de 74%, seguindo para as
244 lagoas de polimento, onde completa o processo de tratamento, que atualmente está com uma
245 eficiência de aproximadamente 86%. Após o tratamento, o esgoto tratado é lançado no corpo
246 receptor, denominado Lagoa Verde, que é afluente do Rio Jacaré, que por sua vez é afluente do Rio
247 São Francisco.

248 Na Figura 2 observa-se parte do corpo receptor.



249
250

Figura 2 - Lagoa Verde (Corpo Receptor) – Lagoa da Prata – MG. Fonte: Acervo Pessoal

251 **3.2 Dados hidroclimáticos**

252 Devido à inexistência de estações pluviométricas na cidade de Lagoa da Prata-MG, fez-se
253 necessário estimar a precipitação e a temperatura média da bacia na qual está inserida a estação de
254 tratamento de esgoto, através de métodos aceitáveis.

255 **3.2.1 Precipitação média**

256 A precipitação média na bacia foi estimada através dos polígonos de Thiessen, com auxílio
257 do software QGIS 2.18.

258 Para isso, utilizaram-se os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de três
259 estações pluviométricas automáticas de cidades vizinhas: Formiga-MG (51 km), Bambuí-MG (47
260 km) e Dores do Indaía-MG (61 km).

261 Através do software QGIS 2.18 determinou-se uma bacia que englobasse a região do
262 município de Lagoa da Prata e a estação de tratamento de esgoto e então determinou-se os
263 polígonos de Thiessen.

264 Para encontrar a precipitação na bacia, utilizou-se a Equação 1:

$$265 \quad P_m = \frac{\sum A_i P_i}{\sum A_i} \quad (\text{Equação 1})$$

266 Onde:

267 P_m : precipitação média na bacia;

268 A_i : área de influência de cada estação;

269 P_i : precipitação de cada estação;

270 **3.2.2 Temperatura**

271 Para determinar a temperatura média da bacia utilizaram-se os dados de temperatura das
272 mesmas estações citadas no item 3.2.1 deste estudo, e adotou-se a média aritmética entre os valores
273 obtidos.

274 **3.3 Preparação para os ensaios e análises**

275 No intuito de se avaliar a eficiência no tratamento de esgoto nas épocas de estiagem e de
276 chuva, fez-se a coleta de amostras do esgoto tratado nessas diferentes épocas, para que
277 posteriormente as análises fossem feitas em laboratório determinando a qualidade do efluente
278 tratado.

279 As coletas foram feitas nos seguintes locais:

- 280 • Caixa de distribuição das lagoas de polimento 3 e 4;
- 281 • Lagoa de Polimento 6;
- 282 • Lagoa de polimento 5;
- 283 • Caixa de distribuição das lagoas de polimento 1 e 2;
- 284 • Saída dos Reatores;
- 285 • Coleta na entrada da ETE;

286 A Figura 3 ilustra os pontos de coleta para a análise do esgoto através de uma imagem de
287 satélite da Estação de Tratamento de Esgoto de Lagoa da Prata – MG.

288 Os ensaios foram realizados de acordo com um cronograma semanal para que houvesse maior
289 organização, de maneira que um ensaio era realizado sempre em um dia específico e sempre no
290 mesmo horário.

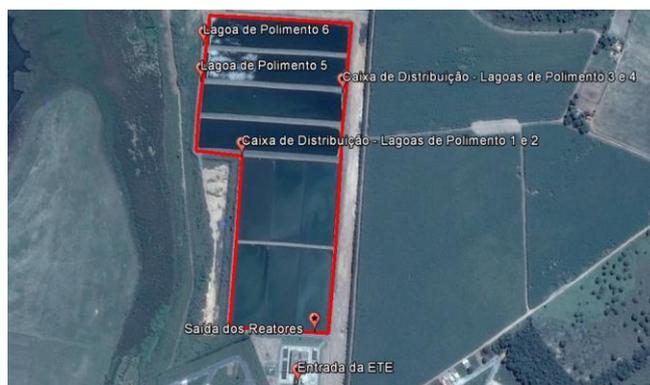


Figura 3 - Pontos de Coleta para análise de esgoto. Fonte: Google Earth

291
292

3.3.1 Oxigênio Dissolvido

293

294 Tem como função prescrever e definir a determinação de oxigênio dissolvido em efluente
295 sanitário pelo método iodométrico de Winkler, ou utilização do “Medidor Portátil de Oxigênio
296 Dissolvido” modelo HI 9146 – HANNA Instruments.

297 O Oxigênio Dissolvido é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação biológica e
298 química das substâncias oxidadas contidas na amostra, nas condições do teste e sua concentração,
299 normalmente é expressa em mg/L.

300

3.3.2 pH

301 Este parâmetro, por definir o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, deve ser
302 considerado, pois os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade
303 e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos
304 seres nela presentes. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e
305 contribuir para corrosão dos sistemas de distribuição de água, ocorrendo com isso, uma possível
306 extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, e dificultar a descontaminação das águas.

307 Com o auxílio de béckeres, um pHmetro e um papel absorvente, é possível analisar o pH da
308 solução.

309

3.3.3 DBO

310 A Demanda Bioquímica de Oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação
311 biológica e química das substâncias oxidadas contidas na amostra, nas condições do teste.

312 O método consiste na determinação da diferença entre a concentração de oxigênio da amostra
313 no início e no fim do período de incubação (5 dias a 20° C).

314 Para determinar a eficiência em remoção da matéria orgânica nos reatores e nas lagoas de
315 polimento, utilizou-se a Equação 2:

$$E_f\% = 100 \times \left[1 - \left(\frac{C_e}{C_a} \right) \right] \quad (\text{Equação 2})$$

316

Onde:

317

Ef%: eficiência do tratamento;

318

319 C_a : concentração do afluente;

320 C_e : concentração do efluente.

321 **3.3.4 Turbidez**

322 A turbidez, diferentemente da cor, é uma propriedade também física, porém voltada para
323 quantidade de materiais em suspensão na água. O nível de turbidez de uma solução é expresso em
324 unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

325 Os equipamentos utilizados para análise da turbidez foram: turbidímetro e cubetas para
326 leitura.

327 **3.4 Análise do Corpo Receptor**

328 Além da análise da eficiência do tratamento de esgoto realizada na ETE de Lagoa da Prata-
329 MG, realizou-se um estudo e análise no corpo receptor, ou seja, a área que recebe o esgoto após o
330 tratamento.

331 Esse estudo foi realizado em outubro de 2017 e, além de analisar a autodepuração da Lagoa
332 Verde, fez-se uma verificação para saber se os valores de DBO, Turbidez, Fósforo Total, DQO,
333 Oxigênio Dissolvido, Aspecto e Coliformes totais estavam de acordo com padrão estabelecido pela
334 resolução do CONAMA 357/05.

335 Os ensaios do corpo receptor foram fornecidos pelo SAAE.

336 **3.5 Estudo estatístico**

337 Para determinar a correlação entre as variáveis analisadas, utilizou-se o coeficiente de
338 correlação de Pearson, que varia entre -1,00 e 1,00. Valores negativos indicam proporcionalidade
339 inversa. Na Tabela 1 observa-se a interpretação dos valores da correlação.

340 Tabela 1 - Valores de referência para interpretação dos valores de correlação

Valores da Correlação	Interpretação
0,00	Nula
0,01 – 0,10	Muito fraca
0,11 – 0,30	Fraca
0,31 – 0,59	Moderada
0,60 – 0,80	Forte
0,81 – 0,99	Muito forte
1,00	Absoluta

341 Fonte: APPOLINÁRIO (2012, p. 154)

342 **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

343 **4.1 Precipitação média**

344 Para cada uma das três estações foi determinada, pelo método dos polígonos de Thiessen, uma
345 área de contribuição. A Figura 4 mostra a área de cada estação analisada. Então determinou-se a
346 precipitação média na bacia em estudo. Os valores das estações e a precipitação encontrada podem
347 ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Precipitação mensal de 2017

Mês	Formiga	Dores do Indaia	Bambu	Lagoa da Prata
	Chuva(mm)	Chuva(mm)	Chuva(mm)	Chuva (mm)
Junho	14,80	19,40	26,80	16,79
Julho	0,00	0,00	2,20	0,30
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembro	31,20	22,40	52,20	33,35
Outubro	75,80	123,80	77,80	79,88
Novembro	142,60	137,40	198,60	149,78
Dezembro	300,20	215,80	254,20	287,27

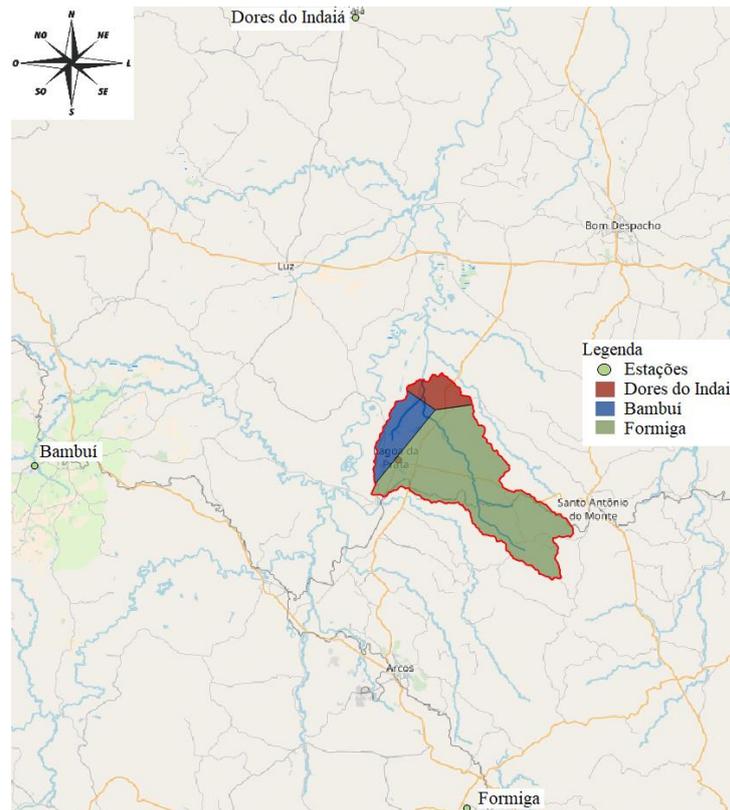


Figura 4 - Polígonos de Thiessen

349

350

351

4.2 Temperatura média

352

353

Os valores de temperatura observados nas estações automáticas do INMET e a temperatura estimada para Lagoa da Prata podem ser observados na Tabela 3.

354

Tabela 3- Temperatura média da bacia (°C)

Mês	Formiga-MG	Dores do Indaia-MG	Bambu-MG	Lagoa da Prata-MG
Junho	18,21	19,76	17,36	18,45
Julho	16,76	17,84	15,16	16,59
Agosto	20,01	21,40	18,53	19,98
Setembro	22,02	22,38	19,35	21,25
Outubro	23,62	24,76	22,91	23,76
Novembro	22,34	23,09	22,68	22,70
Dezembro	23,00	23,88	23,46	23,45

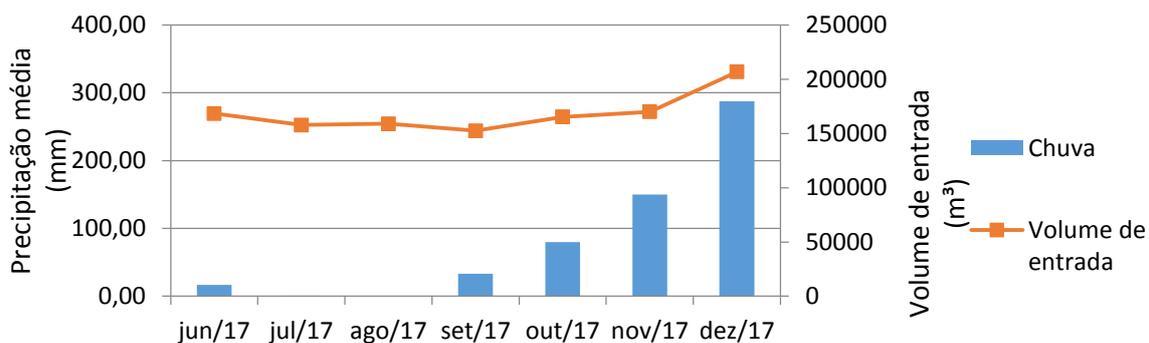
355

4.3 Volume de entrada

356 Como visto no item 3.1 deste estudo, na cidade de Lagoa da Prata-MG utiliza-se sistema do
 357 tipo separador absoluto. Mesmo assim, é importante monitorar a vazão de entrada na ETE, pois
 358 como mencionado por Scaratti *et al.* (2014), em períodos de cheias a vazão recebida pelas redes de
 359 esgoto pode aumentar, mesmo sendo do tipo separador absoluto.

360 Durante o período analisado, todo o volume de esgoto foi medido e, de fato, observaram-se
 361 maiores volumes nos períodos onde houve maior precipitação pluviométrica. Esse aumento pode
 362 ser devido às infiltrações inevitáveis que ocorrem em toda a extensão da rede de esgoto ou pode ser
 363 um indício de ligações clandestinas nas tubulações. Os valores encontrados para cada mês podem
 364 ser observados na Figura 5.

365 O volume de entrada apresentou alto coeficiente de correlação com a precipitação
 366 pluviométrica. O coeficiente pode variar entre -1 e 1, sendo que, quanto mais próximo dos
 367 extremos, maior a interdependência dos dados analisados. Neste caso, o coeficiente encontrado foi
 368 de 0,91, indicando que o aumento no volume de esgoto foi muito influenciado pelo aumento da
 369 precipitação média.



370
 371

Figura 5 - Volume de esgoto

372 A mistura de águas pluviais ao esgoto pode trazer problemas ao seu tratamento, uma vez que
 373 a diluição provocada pela chuva é prejudicial ao tratamento, reduzindo sua eficiência de maneira a
 374 alterar a qualidade final do efluente.

375 4.4 Temperatura

376 Os resultados obtidos para a temperatura estão apresentados na Tabela 4.

377

Tabela 4 - Temperatura do esgoto (°C)

Data	Afluente bruto	Efluente Lagoa 5	Efluente Lagoa 6
Junho	24,5	20,5	20,7
Julho	23,0	16,7	15,9
Agosto	24,1	18,5	18,7
Setembro	25,8	20,0	21,6
Outubro	26,4	22,6	22,7
Novembro	25,8	22,9	23,2
Dezembro	26,1	24,3	24,5

378 Tanto a resolução do CONAMA 430/11 quanto o COPAM/CERH 01/2008 estipulam que a
 379 temperatura máxima para lançamento do efluente é de 40°C. Como pode ser notado na Tabela 4, a
 380 temperatura do efluente tende a aumentar nos períodos chuvosos, isso, porque há também um
 381 aumento da temperatura ambiente nesse período, mas este parâmetro se manteve dentro dos limites
 382 em todos os períodos analisados.

383 4.5 DBO

384 Os resultados obtidos para o parâmetro DBO estão apresentados na Tabela 5.

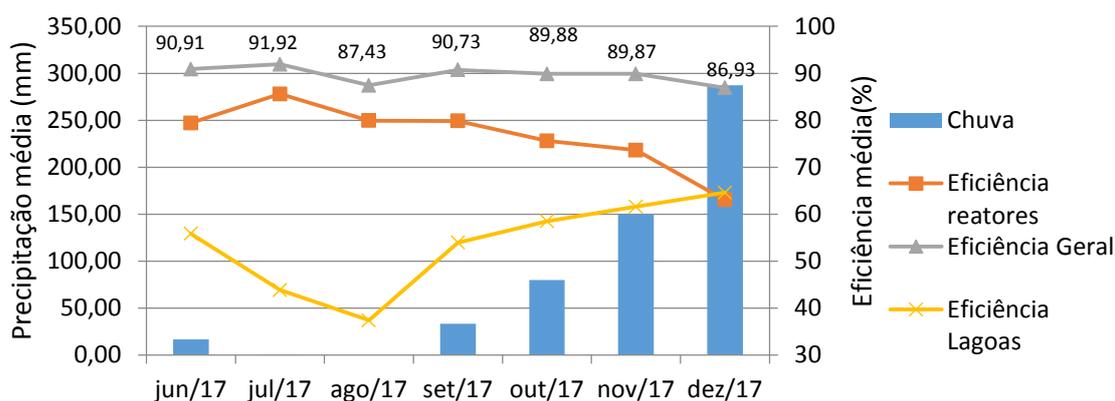
385 Tabela 5 - Resultados DBO

Data	DBO (mg/L)				
	Afluente bruto	Efluente Reatores	Efluente Lagoas 3 e 4	Efluente Lagoa 5	Efluente Lagoa 6
Junho	278,30	57,30	53,00	23,00	25,30
Julho	338,80	48,80	26,00	32,50	27,40
Agosto	346,20	69,50	31,30	43,80	43,50
Setembro	388,50	78,20	31,30	32,50	36,00
Outubro	308,20	75,20	46,50	26,20	31,20
Novembro	266,50	70,30	41,00	22,00	27,00
Dezembro	153,00	56,50	34,00	18,00	20,00

386 A resolução do CONAMA 430/11 estipula que o valor máximo de DBO do efluente para
 387 lançamento em corpos receptores deve ser de 120mg/L. Por outro lado, para o Conselho de Política
 388 Ambiental (COPAM), esse valor não pode ultrapassar 60mg/L.

389 Como observado na Tabela 5, a DBO apresentou valores aceitáveis em todos os períodos
 390 analisados de acordo com os limites estabelecidos por ambos os órgãos ambientais.

391 Embora o efluente tenha atendido os limites para lançamento estabelecidos em todos os
 392 períodos, foi possível notar uma queda na eficiência geral da remoção de DBO em períodos de
 393 maior precipitação pluviométrica, principalmente no efluente dos reatores, como mostra a Figura 6:



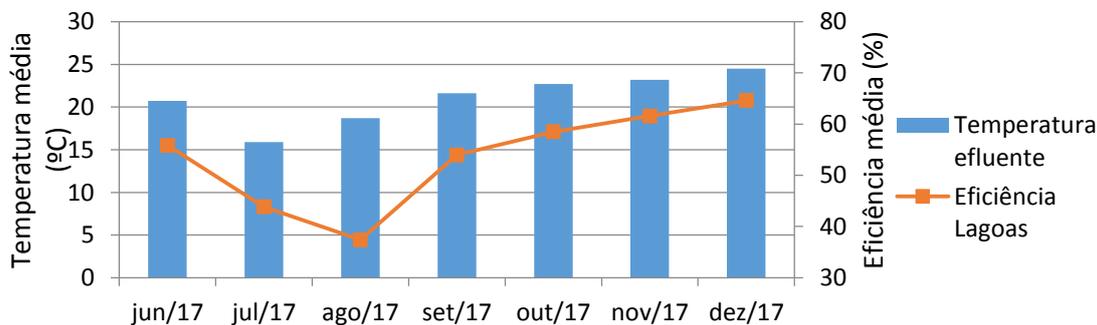
394
 395 Figura 6 - Eficiência da remoção de DBO

396 Foi determinado o coeficiente de correlação entre a eficiência dos reatores e a precipitação
 397 média, sendo este de -0,96, indicando a existência de uma alta dependência entre os dados

398 analisados. O valor negativo indica que na medida em que a precipitação aumenta, a eficiência do
399 tratamento tende a cair.

400 Enquanto a eficiência da remoção de DBO dos reatores tende a reduzir com o aumento da
401 chuva, as lagoas de polimento se comportaram da maneira inversa nesse período, onde foi
402 observada uma maior redução de matéria orgânica nas mesmas. Este aumento na eficiência não está
403 necessariamente relacionado a um maior volume precipitado, estando sujeito também ao aumento
404 da temperatura ambiente, que coincide com o período de cheia, onde são observadas temperaturas
405 maiores no esgoto presente nas lagoas de polimento.

406 Nesse contexto, foi observado que há uma forte correlação entre a temperatura do esgoto e a
407 eficiência das lagoas de polimento, como pode ser observado na Figura 7.



408
409 Figura 7 - Temperatura efluente e eficiência das lagoas

410 O coeficiente de correlação encontrado foi de 0,88, comprovando que na medida em que a
411 temperatura do esgoto aumenta, a eficiência das lagoas de polimento tende a melhorar, de forma a
412 compensar parte da perda de eficiência dos reatores nesse período.

413 De maneira geral, foi possível observar uma moderada influência da sazonalidade na
414 eficiência total da ETE em remoção de matéria orgânica. Como pode ser observado na Tabela 5, no
415 mês de julho houve a maior redução de DBO, com a eficiência atingindo 91,92%. Já no mês de
416 dezembro, período onde foi observada a menor remoção de DBO e maior precipitação
417 pluviométrica, a ETE apresentou eficiência de 86,93%.

418 Para a eficiência geral da ETE em remoção de matéria orgânica, o coeficiente de correlação
419 encontrado foi de -0,59, que indica que a eficiência geral é influenciada pela precipitação,
420 apontando uma correlação moderada.

421 **4.6 Potencial hidrogeniônico (pH)**

422 Mais uma vez a resolução do CONAMA 430/11 e o COPAM/CERH 01/2008 coincidem nos
423 limites para lançamento do efluente em corpos receptores. Neste caso, o pH deve estar entre 6,0 e
424 9,0. Como pode ser observado na Tabela 6, em nenhum momento o pH extrapolou esses limites,
425 embora o efluente final tenha mostrado uma tendência a aumentar sua basicidade em períodos de
426 cheias, apresentando coeficiente de correlação de 0,78 (forte).

Tabela 6 - Resultados pH

Mês	pH			
	Afluente bruto	Efluente Lagoas 3 e 4	Efluente Lagoa 5	Efluente Lagoa 6
Junho	7,55	8,09	7,63	7,65
Julho	7,63	8,31	7,73	7,63
Agosto	7,45	8,25	7,72	7,72
Setembro	7,32	8,15	7,95	7,96
Outubro	7,34	8,30	8,30	8,40
Novembro	7,29	8,27	8,16	8,23
Dezembro	7,46	8,41	8,28	8,36

428 Por outro lado, o afluente demonstrou ser pouco influenciado pelas condições hidroclimáticas,
 429 onde obteve-se um coeficiente de correlação de -0,29. Na Figura 8 observa-se os resultados para o
 430 pH.

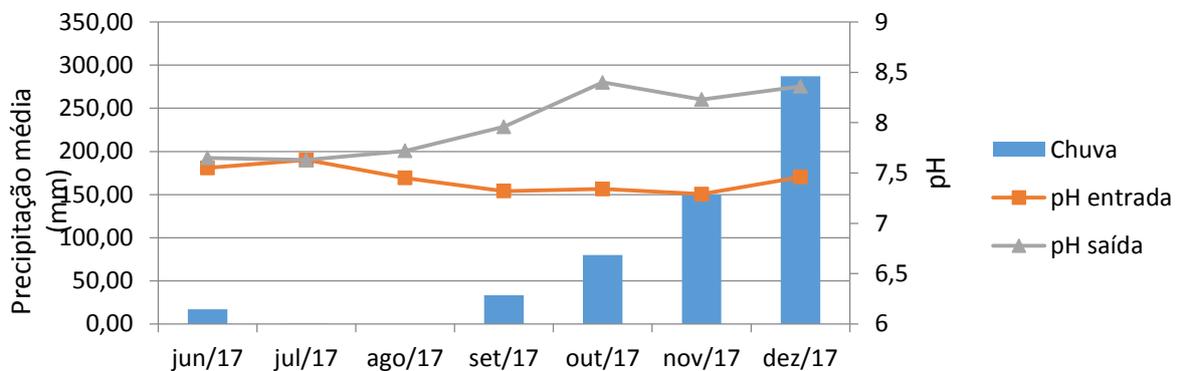


Figura 8 - pH afluente e efluente

431

432

4.7 Oxigênio Dissolvido

433

434 Os órgãos ambientais reguladores não estipulam os valores mínimos de oxigênio dissolvido
 435 para o lançamento do efluente no corpo receptor. Entretanto, como visto anteriormente, este é um
 436 parâmetro importante e que não deve ser negligenciado. Os resultados da ETE estão na tabela 7:

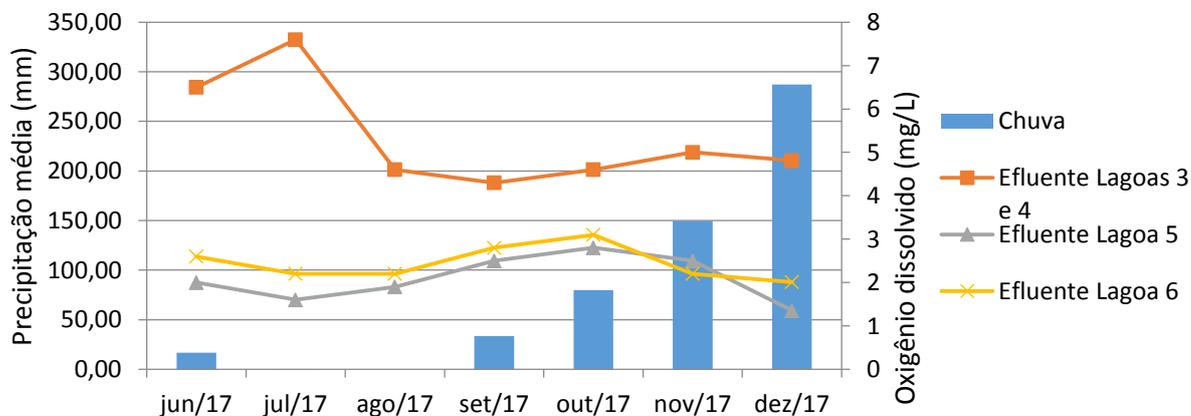
437

Tabela 7 - Oxigênio dissolvido

Mês	Oxigênio Dissolvido (mg/L)		
	Efluente Lagoas 3 e 4	Efluente Lagoa 5	Efluente Lagoa 6
Junho	6,50	2,00	2,60
Julho	7,60	1,60	2,20
Agosto	4,60	1,90	2,20
Setembro	4,30	2,50	2,80
Outubro	4,60	2,80	3,10
Novembro	5,00	2,50	2,20
Dezembro	4,81	1,35	2,01

438 Como pode ser observado, houve alto consumo do oxigênio ao longo do processo de
 439 estabilização da matéria orgânica, mas o efluente não chegou a apresentar condições anaeróbias,
 440 pois o oxigênio não foi totalmente consumido.

441 O consumo de oxigênio mostrou ser pouco influenciado pela precipitação pluviométrica nem
 442 pela temperatura média do ar, como pode ser visto na Figura 9. Os coeficientes de correlação
 443 encontrados entre o efluente final e a precipitação e a temperatura foram -0,38 e -0,21,
 444 respectivamente.



445
446 Figura 9 - Oxigênio dissolvido e precipitação

447 4.8 Turbidez

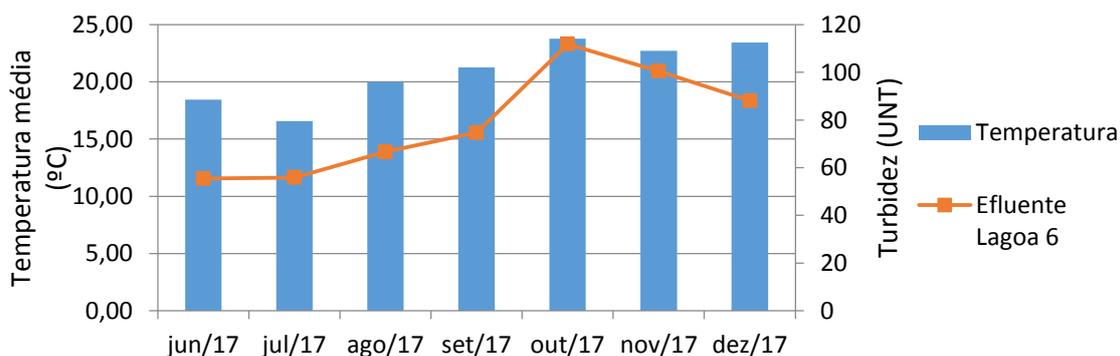
448 Os dados referentes à turbidez estão apresentados na Tabela 8:

449 Tabela 8 - Turbidez

Mês	Turbidez (UNT)		
	Afluente bruto	Efluente Lagoa 5	Efluente Lagoa 6
Junho	77,37	49,67	55,45
Julho	84,40	55,77	55,92
Outubro	117,50	58,00	66,70
Setembro	102,60	72,80	74,70
Outubro	61,80	100,30	111,90
Novembro	51,50	87,70	100,50
Dezembro	97,00	93,30	88,10

450 Para o parâmetro turbidez, não há padrões de lançamento estabelecidos pelos órgãos
 451 regulamentadores.

452 Observou-se uma forte influência da temperatura no comportamento da turbidez do efluente,
 453 apresentando coeficiente de correlação de 0,91. Com relação à precipitação, houve uma média
 454 correlação de 0,57. A Figura 10 mostra o comportamento da turbidez em relação a temperatura.



455
456 Figura 10 - Turbidez e temperatura média do ambiente

457 **4.9 Corpo Receptor (Lagoa Verde)**

458 Foram escolhidos 4 (quatro) pontos principais na Lagoa Verde para que as análises pudessem
459 ser comparadas, sendo eles, respectivamente: montante, centro, local mais profundo e vertedouro.
460 Em cada um desses pontos foram feitas 2 (duas) coletas, a primeira a uma profundidade de 0,3m e a
461 segunda a uma profundidade de 1,0m. Após a coleta, as amostras foram enviadas para uma empresa
462 especializada e chegou-se no seguinte resultado, como observa-se na Tabela 9:

463 Tabela 9 - Análises Lagoa Verde (Outubro de 2017)

PARÂMETROS	PROF. (m)	PONTOS				LIMITES CONAMA
		1	2	3	4	
DBO (mg/L)	0,3	17,80	12,00	14,70	14,10	<5
	1,0	11,90	14,30	8,50	24,40	
TURBIDEZ (UNT)	0,3	84,10	152,40	132,40	65,40	<100,0
	1,0	71,30	151,80	297,60	90,70	
FÓSFORO TOTAL (mg/L)	0,3	0,75	0,40	0,20	0,33	<1
	1,0	< 0,02	0,39	0,23	0,28	
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)	0,3	8,70	8,90	5,50	4,40	>5
	1,0	10,30	8,40	6,70	1,30	
DQO (mg/L)	0,3	49,00	35,00	41,70	42,60	-
	1,0	32,30	39,10	25,80	70,10	
COLIFORMES FECALIS (NMP/100 mL)	0,3	4,1x10 ²	1x10 ²	1x10 ²	2x10 ²	<1x10 ³
	1,0	8,5x10 ²	1x10 ²	6,3x10 ²	1x10 ²	
ASPECTO	0,3	Amarelado	Amarelado	Amarelado	Amarelado	-
	1,0	Amarelado	Amarelado	Amarelado	Amarelado	

464 Conforme a resolução do CONAMA 357/05 a Lagoa Verde se enquadra na Classe 2, sendo
465 que suas águas são destinadas à atividade de pesca e à irrigação de hortaliças e canaviais. De acordo
466 com a resolução do CONAMA 357/05 e com os resultados observados na Tabela 9, pode-se dizer
467 que os resultados de DBO em todos os 4 (quatro) pontos e em ambas profundidades, não foram
468 satisfatórios.

469 Além disso, a turbidez analisada no centro e no ponto mais profundo em ambas as
470 profundidades também não atenderam aos limites pré-estabelecidos.

471 Por fim, o oxigênio dissolvido na área do vertedouro, nas profundidades de 30 cm e 1m,
472 também não estava de acordo com a resolução do CONAMA 357/05. Outros parâmetros como o
473 fósforo total e coliformes fecais se apresentaram dentro dos limites estabelecidos pelos órgãos
474 regulamentadores.

475 **5. CONCLUSÃO**

476 Os resultados obtidos permitem concluir que a sazonalidade interfere diretamente na remoção
477 de matéria orgânica de esgotos domésticos.

478 Foi observado um aumento significativo no volume de esgoto recebido pela ETE nos períodos
479 de maior precipitação pluviométrica. Por se tratar de sistema do tipo separador absoluto, é possível
480 que existam ligações clandestinas na rede de esgoto.

481 A maior queda de eficiência foi observada na remoção de DBO nos reatores. Notou-se que no
482 mês de julho (período de estiagem) a eficiência dos reatores foi de 85,60%, enquanto que em
483 dezembro (maior precipitação do período) a eficiência foi de apenas 63,07%.

484 Por outro lado, as lagoas de polimento aparentam se beneficiar de períodos mais quentes,
485 onde sua eficiência em remoção de matéria orgânica aumentou em decorrência das temperaturas
486 elevadas.

487 Parâmetros como oxigênio dissolvido e pH não apresentaram sofrer interferências da
488 precipitação pluviométrica ou da temperatura.

489 Embora tenha sido notada a interferência da sazonalidade na remoção de matéria orgânica,
490 observou-se que o efluente final da ETE esteve apto a ser lançado no corpo receptor em todos os
491 meses cobertos por este estudo, de acordo com a legislação vigente.

492 Por outro lado, em estudo realizado na Lagoa Verde em outubro de 2017, notou-se que,
493 mesmo o efluente da ETE estando dentro dos limites estabelecidos pelos órgãos ambientais, alguns
494 parâmetros, no corpo receptor, como DBO, OD e turbidez não estavam de acordo com a resolução
495 do CONAMA 357/05.

496 **6. REFERÊNCIAS**

497 AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Cadastro Nacional de Usuários de Recursos**
498 **Hídricos (CNARH)**. 2017.

499 APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia da Ciência: filosofia e prática da pesquisa**. 2 ed. São
500 Paulo: Editora Cengage Learning, 2012.

501 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de**
502 **concepção de sistemas de esgoto sanitário**: Referências. Rio de Janeiro, p. 01. 1986.

503 BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n°
504 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes,
505 complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio
506 Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, 1(92), 89-91.2011.

507 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Licenciamento Ambiental de Estações de**
508 **Tratamento de Esgoto e Aterros Sanitários**. Brasília, 2009. Disponível em: <
509 <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 07 dez. 2017.

510 CENSO DEMOGRÁFICO 2017. Características da população e dos domicílios: resultados do
511 universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em:
512 <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/censo2017/caracteristicas_da_população/_resu
513 [ltados_do_universo](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/censo2017/caracteristicas_da_população/_resu)>. Acesso em: 05 jan. 2018.

514 DUPONT, A., and LOBO, E. A.. **Evaluation of the efficiency of the sewage treatment**
515 **plant from the University of Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, Brazil.** Acta Limnol. Bras.. 2012,
516 vol.24, n.2, pp.119-126. Epub Sep 06, 2012. ISSN 2179-975X.

517 SCARATTI, D., et al. **Influência das condições hidroclimáticas no tratamento de esgoto**
518 **sanitário por lagoas de estabilização de esgoto.** Evidencia, Joaçaba, v. 14, n. 2, p.139-154, jul.
519 2014.

520 GONÇALVES, J. C. de S. I. et al. **Avaliação espaço-temporal da qualidade da água e**
521 **simulação de autodepuração da bacia hidrográfica do córrego São Simão, SP.** Ambiente e
522 Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 141-154, dez. 2012.
523 ISSN 1980-993X.

524 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em:
525 <<http://www.inmet.gov.br/portal>>.

526 NETO, L. G., & DA COSTA, R. H. R.. (2011). **Tratamento de esgoto sanitário em reator**
527 **híbrido em bateladas sequenciais: eficiência e estabilidade na remoção de matéria orgânica e**
528 **nutrientes (N, P).** Engenharia Sanitaria E Ambiental, 16(4), 411–420. Rio de Janeiro, out./dez.
529 2011.

530 MICHALAKE, A. E.; SILVA, C. R. da; SILVA, F. F. da. **Análise dos parâmetros físico-**
531 **químicos do esgoto tratado de Curitiba (PR) – Estação Belém.** Ciência e Natura, [s.l.], v. 38, n.
532 3, p.1560-1569, 28 set. 2016. Universidade Federal de Santa Maria.

533 MINAS GERAIS (Estado). **Deliberação Normativa COPAM, de janeiro de 2008.** Diário
534 Executivo de Minas Gerais de jan. 2008. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo, Belo
535 Horizonte, MG. Jan. 2008.

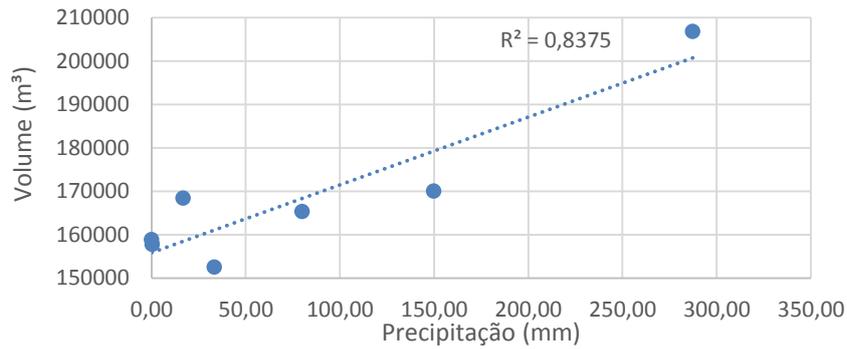
536 OLIVEIRA, B. S. S. de; e CUNHA, A. C. da. **Correlação entre qualidade da água e**
537 **variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá.** Rev. Ambient. Água. 2014, vol.9,
538 n.2, pp.261-275. ISSN 1980-993X.

539 SPERLING, V. M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2 ed.
540 Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996.

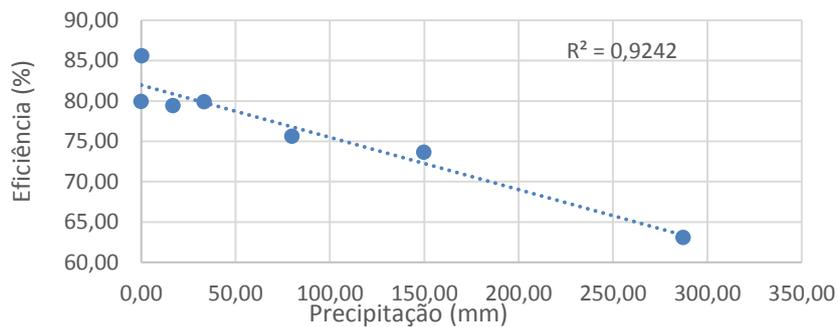
541 SPERLING, V. M.. **Lagoas de Estabilização: Princípios do Tratamento Biológico de**
542 **Águas Residuárias.** 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 3, 2002.

543 STEHFEST, N.. **Modelltheoretische Untersuchungen zur Selbstreinigung von**
544 **Fliessgewässern.** KFK 1654 UF, 1973.

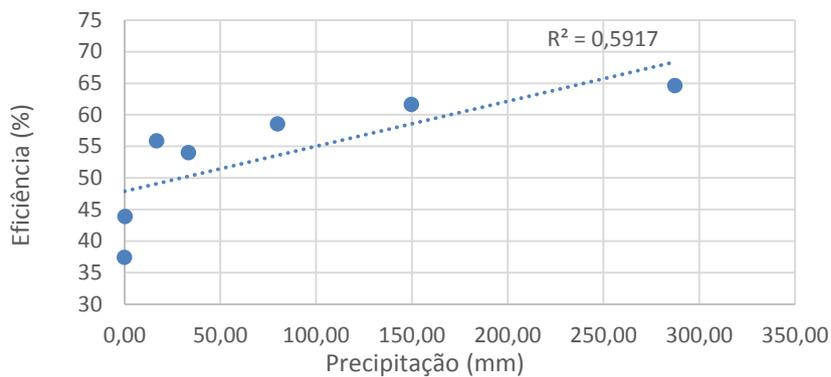
APÊNDICE A – Gráficos de correlação entre as variáveis



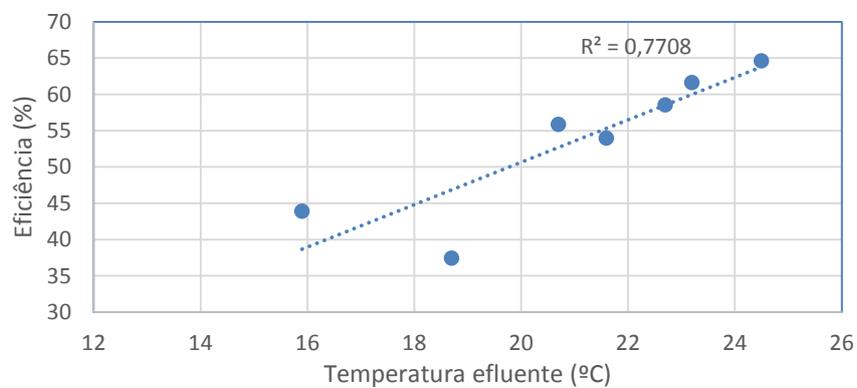
Volume x Precipitação



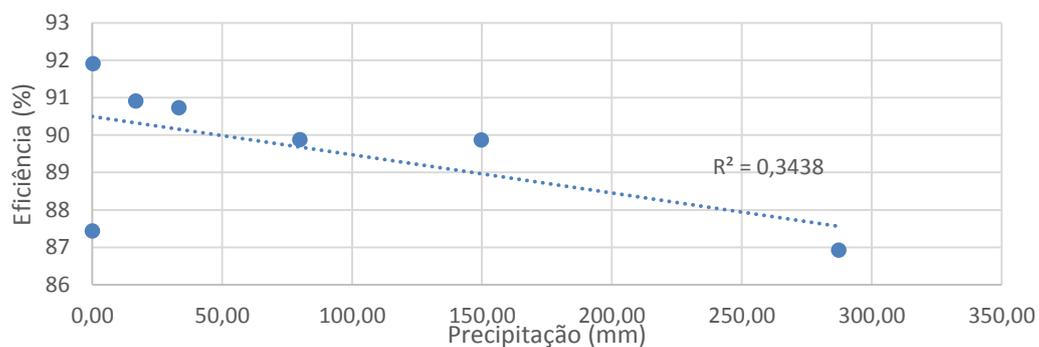
Eficiência dos reatores x Precipitação



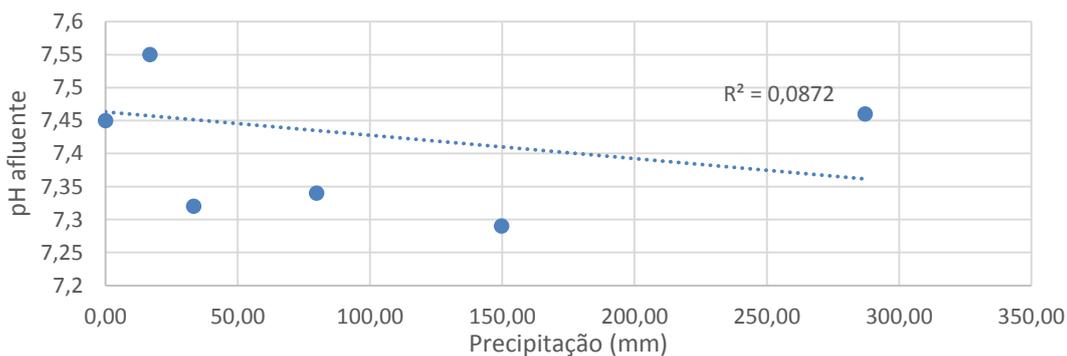
Eficiência das lagoas de polimento x Precipitação



Eficiência das lagoas de polimento x Temperatura efluente



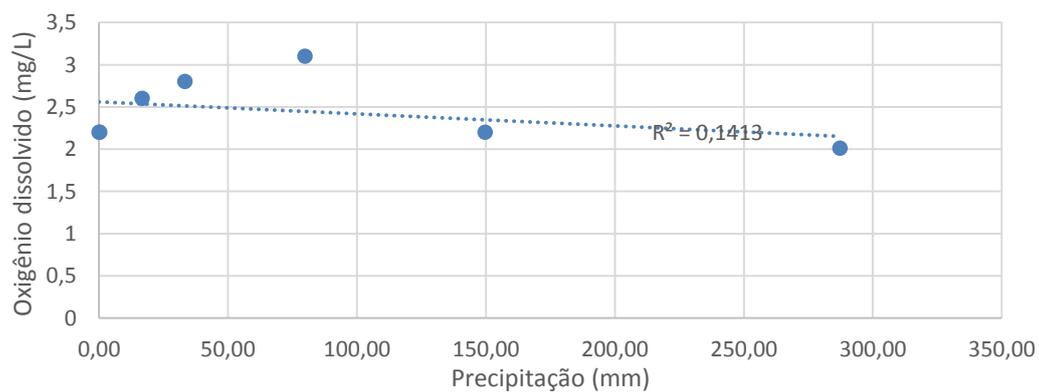
Eficiência geral da ETE x Precipitação



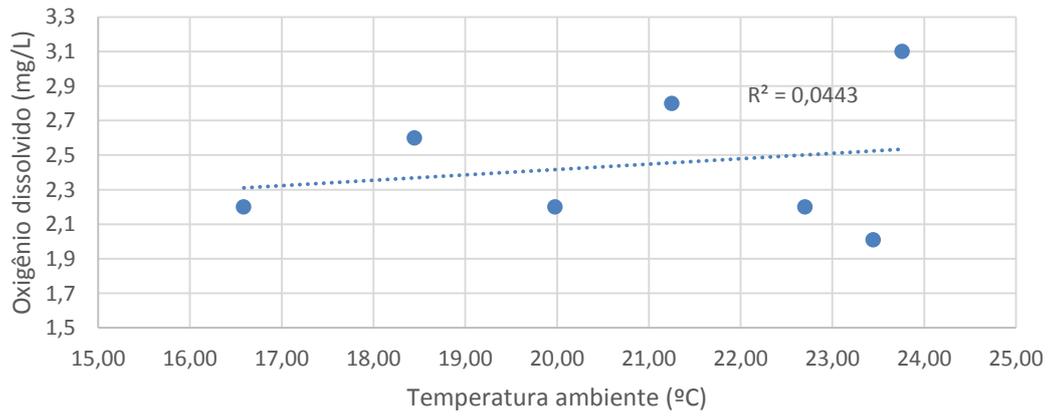
pH afluente x Precipitação



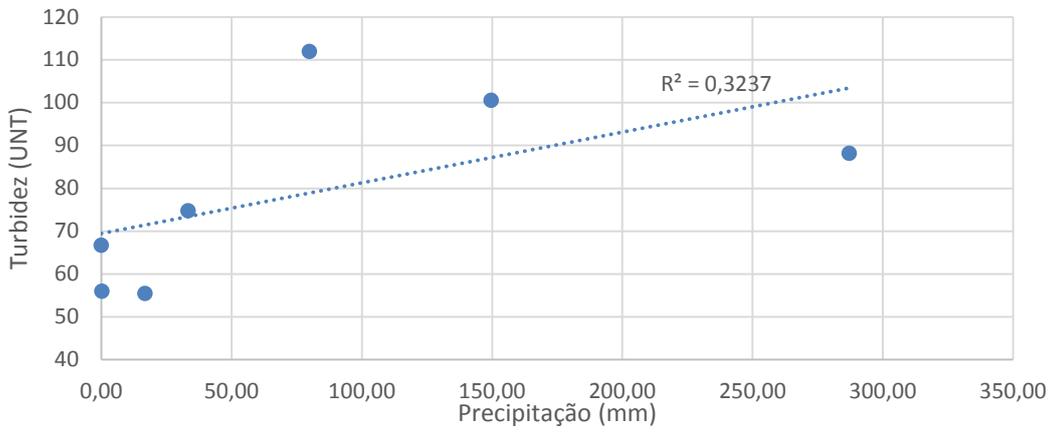
pH efluente x Precipitação



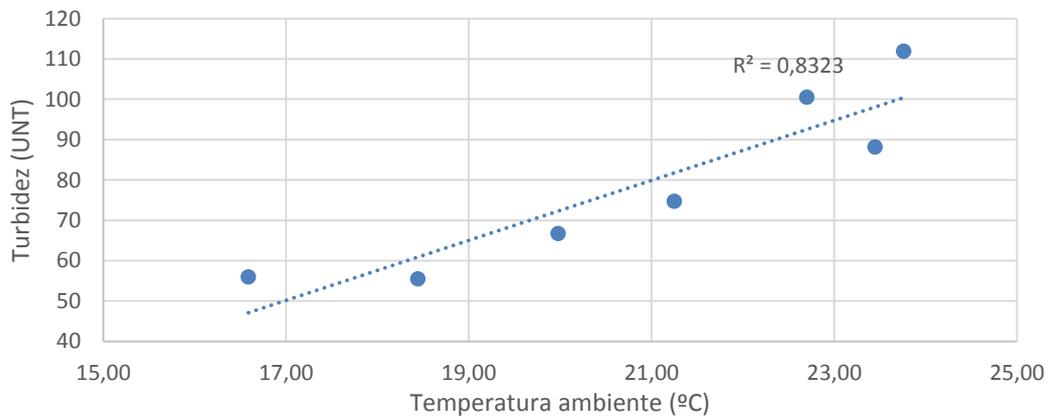
OD x Precipitação



OD x Temperatura ambiente



Turbidez x Precipitação



Turbidez x Temperatura ambiente

ANEXO A – Parâmetros para o lançamento de efluente em corpo receptor e qualidade da água.

Parâmetro	Lançamento		Qualidade da água
	CONAMA 430/2011	COPAM/CERH-MG 2008	CONAMA 357/2005
Temperatura (°C)	<40	<40	-
DBO (mg/L)	<120	<60	<5
pH	entre 5 e 9	entre 6 e 9	-
OD (mg/L)	-	-	>5
Turbidez (UNT)	-	-	<100
DQO (mg/L)	-	-	-
Coliformes fecais (NMP/100ml)	-	-	<1000