https://doi.org/10.4322/cobramseg.2022.0787
ISBN: 978-65-89463-30-6

*XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*
*IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas*
*IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens*
*VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens*
*15 a 18 de Setembro de 2020 – Campinas - SP*

# Avaliação da Eficiência da Estação de Tratamento de Chorume sobre o Efluente do Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho

Conrado Oliveira Carestiato de Carvalho
ALTA Geotecnia Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil, conrado.carvalho@altageotecnia.com

Caio Duque Estrada Amendola
ALTA Geotecnia Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil, caio.amendola@altageotecnia.com

Álvaro de Freitas Viana
ALTA Geotecnia Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil, alvaro.viana@altageotecnia.com

Tácio Mauro Pereira de Campos
PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, tacio@puc-rio.com

Vinicius Santos Freitas
Gás Verde S.A., Rio de Janeiro, Brasil, vinicius@gasverde.com.br

RESUMO: O líquido gerado pela decomposição de resíduos sólidos urbanos, conhecido como chorume, é altamente nocivo ao meio ambiente. Embora sua composição varie conforme o tipo de resíduo, técnicas de disposição e condições climáticas, existem métodos de tratamento adaptáveis ao percolado que possibilitam a sua restituição à natureza sem danos ao local. Tratando-se do Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, o empreendimento conta com uma estação de tratamento de chorume própria, capaz de tratar cerca de 50m³/h. Desde 2017 são implementadas novas técnicas no local visando atingir os parâmetros físico-químicos requeridos pelo órgão ambiental estadual. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia das etapas primária, secundária e terciária da Estação de Tratamento de Chorume (ETC) do Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho sobre o líquido gerado pela decomposição dos resíduos dispostos no local. Ainda, será avaliado a variação dos parâmetros físico-químicos do chorume em função das melhorias realizadas na ETC. Para a realização deste trabalho foi levantado o histórico de tratamento da ETC entre 2016 e 2018.

PALAVRAS-CHAVE: Chorume, Tratamento de Chorume, Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho.

ABSTRACT: The residual liquid produced during decomposition of waste in landfills is highly hazardous to the environment. Although its composition can change due to several factors, such as waste type, disposal technics and climate conditions, there are different kind of treatment methods capable of reducing the amount of undesirable substances that cannot be thrown in nature. In the Metropolitan Waste Landfill of Jardim Gramacho (MWLJG), there is a Leachate Treatment Station with capacity to treat 50m³/h. Since 2017, improvements have been made targeting best levels of physical-chemical parameters required by the State Bureau of Environment. This paper focus on evaluating the efficiency of each step of MWLJG's station over the leachate produced there. Yet, the variation of parameters after the improvements' installed is within the scope of this paper. Analysis were made with data between 2016 and 2018.

KEYWORDS: Leachate, Leachate Treatment, Metropolitan Waste Landfill of Jardim Gramacho.

## 1 Introdução

A degradação de resíduos sólidos urbanos (RSU) geram dois subprodutos principais: um gás e um líquido. A porção gasosa, conhecida como biogás, é composta majoritariamente por metano ($CH_4$), gás carbônico ($CO_2$) e vapor de água (EPA, 1997). Por sua vez, o líquido originado, nomeado chorume, apresenta uma cor escura e um odor forte característico.

ISBN: 978-65-89463-30-6



O chorume é um líquido com um potencial de poluição extremamente elevado cuja composição é função das propriedades do resíduo originário. Steggmann et al (2005) define que os principais componentes deste líquido são compostos nitrificados, tais como amônia ($NH_3$), nitratos e nitritos; ácidos orgânicos e íons inorgânicos dissolvidos. Ainda, o lixiviado apresenta valores elevados de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), que são parâmetros fundamentais para a avaliação da sua capacidade de retorno ao meio ambiente.

Existem duas fases distintas durante a decomposição anaeróbica dos resíduos depositados em um aterro sanitário que interferem diretamente nas características do chorume. Inicialmente, em um ambiente ácido, o chorume pode apresentar um pH entre 5 e 6. Neste momento, os valores de DBO podem atingir 10.000mg/L enquanto a razão DBO/DQO apresenta valores maiores que 0,7, indicando uma alta concentração de matéria orgânica. Em seguida, já em um ambiente básico, observa-se uma brusca redução de DBO, fornecendo valores de cerca de 600mg/L (STEGGMANN et al, 2005).

Mesmo assim, a concentração de matéria orgânica, além da presença de compostos químicos nocivos, se mantém em patamares elevados para a restituição *in natura* do chorume no meio ambiente. O contato deste líquido com ecossistemas pode causar a supressão da vegetação, perda de espécies da fauna nativa e danos significativos à vida humana.

Dentro deste contexto, este trabalho visa avaliar a eficácia das condições de tratamento aplicado pelo Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho ao chorume gerado no empreendimento, situado em uma área onde se predomina um ecossistema de manguezal.

## 2 Caracterização da área

Neste item são apresentados a localização da área em estudo e um breve histórico da região.

### 2.1 Localização

O AMJG está localizado no Município de Duque de Caxias-RJ, região metropolitana do Rio de Janeiro. Com formato aproximado de um elipsoide, o empreendimento possui cerca de 1.700.000m² de área. A Figura 1 apresenta o mapa de localização e as principais referências do entorno, dentre as quais se destacam o Rio Iguaçu (nordeste), Rio Sarapuí (norte), a Baía de Guanabara (sul e leste) e o bairro Jardim Gramacho (oeste).

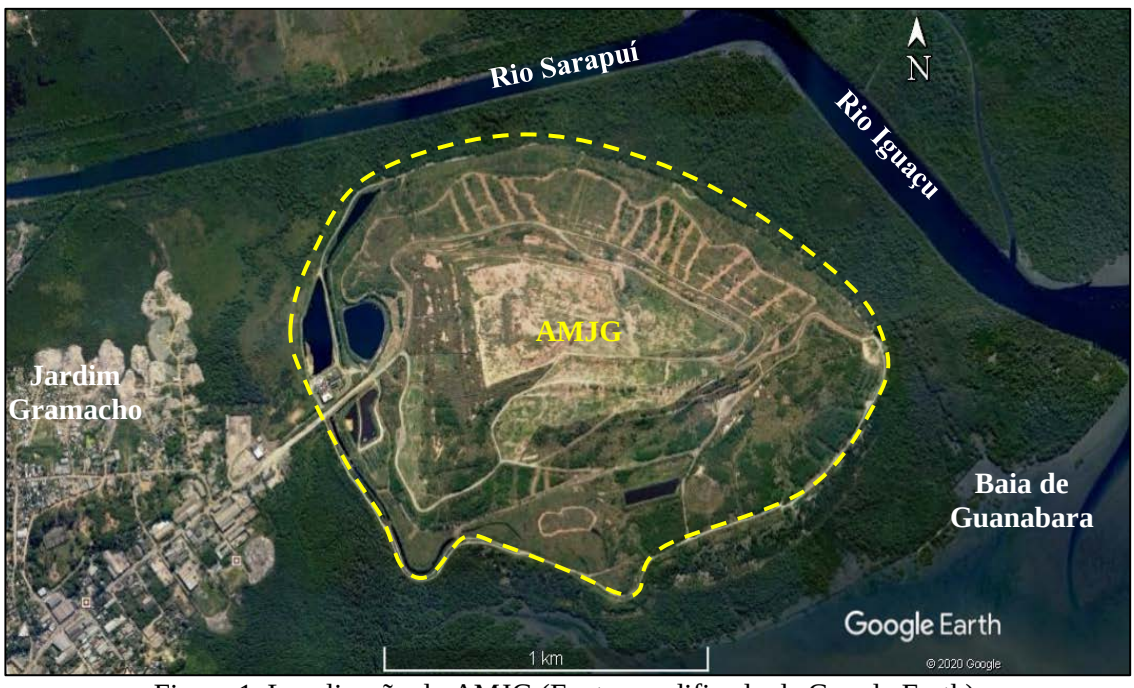



Figura 1. Localização do AMJG (Fonte: modificado de Google Earth).

ISBN: 978-65-89463-30-6



## 2.2 Breve histórico

Com o desenvolvimento da capital fluminense e suas adjacências, veio o crescimento populacional e, com ele, o aumento da geração de resíduos sólidos advindos de atividades domésticas, comerciais e industriais.

Como a disposição dos mesmos se dava em diferentes locais da cidade, e sem qualquer controle, em novembro de 1976, por intermédio de uma parceria entre a extinta Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (FUNDREM), Companhia de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro (COMLURB) e Prefeituras Municipais de Duque de Caxias e Nilópolis, estabeleceu-se um projeto de exploração de uma área doada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), em Duque de Caxias, às margens da Baía de Guanabara, que foi denominada Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho (AMJG).

Até a década de 80, a região onde hoje é o Bairro de Jardim Gramacho não era habitada. Somente com a construção da via de acesso (atual Avenida Monte Castelo), as primeiras moradias e comércios começaram a ocupar o bairro. As atividades de disposição de resíduos foram iniciadas no final de 1978, sob gestão da COMLURB.

Na década de 80, o aterro passou a não ter controle sobre a deposição de resíduos ou da operação. Não havia cobrimento diário de resíduos, ocorriam incêndios constantes, extravasamento superficial de chorume para o manguezal do entorno, Rios Sarapuí e Iguaçu, bem como para a Baía de Guanabara e, não raros, escorregamentos na massa de resíduos.

Nesta mesma década, o aterro passou a receber também resíduos industriais. O uso dessas áreas vizinhas fez crescer o número de trabalhadores e moradores, aumentando a população no entorno.

O aterro funcionou como um vazadouro de lixo até a segunda metade da década de 1990, sem técnicas adequadas de operação, controle e segurança. A partir de então, o governo decidiu concedê-lo parcialmente à iniciativa privada, visando sua recuperação operacional e ambiental, assim como exploração comercial.

Em 2008, com a entrada da empresa Gás Verde S.A., atual concessionária do aterro, iniciou-se o processo de beneficiamento do biogás gerado. Nesta mesma época, estudos apontavam que a sua vida útil se estenderia somente até 2009, em função de suas condições de estabilidade. Ainda assim, a operação ocorreu até junho de 2012, quando o AMJG, oficialmente, deixou de receber resíduos sólidos urbanos, embora permanecesse gerando chorume e biogás.

# 3 Estação de Tratamento de Chorume do AMJG

A estação de tratamento de chorume (ETC) do AMJG possui capacidade para tratar 50m³ de chorume por hora em quatro macroetapas: (i) preliminar; (ii) primário; (iii) secundário; e (iv) terciário. Neste tópico serão descritos brevemente os componentes de cada etapa de tratamento existente na ETC.

## 3.1 Etapa Preliminar

A primeira etapa de tratamento do chorume do AMJG é composta por sistema de lagoas de equalização. Os dispositivos de acúmulo de chorume atuam como um pulmão, evitando que picos de produção, inclusive durante eventos de maior pluviosidade, prejudiquem os equipamentos da ETC.

Ainda, as lagoas garantem uma equalização da matéria orgânica por meio de processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos.

## 3.2 Etapa Primária

Após a etapa preliminar, o chorume recebe um tratamento inicial de caráter físico-químico. Primeiramente, o líquido segue para um tanque de alcalinização. Nesta unidade, misturadores mecânicos adicionam ao percolado uma solução de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), promovendo a precipitação química dos sólidos em suspensão. Ao final desta fase, há uma redução da concentração de matéria orgânica, sais dissolvidos, cor e amônia, apresentando condições mais propícias ao tratamento secundário.

ISBN: 978-65-89463-30-6



Após a alcalinização, o chorume segue para o decantador primário. Neste local, ocorre a separação por sedimentação entre o líquido e o lodo. Em seguida, o chorume é submetido a um processo de *stripping*, etapa que reduz os índices de nitrogênio amoniacal dissolvido no líquido.

Na sequência, o efluente escoa para um tanque de correção de pH, onde dióxido de carbono é difundido no líquido, formando carbonato de cálcio ($CaCO_3$). O fluido segue para um segundo decantador primário, no qual ocorre a sedimentação do $CaCO_3$.

### 3.3 Etapa Secundária

A etapa secundária é responsável pelo tratamento bioquímico do chorume. Após o primário, o líquido segue para um tanque de aeração, que promove o aumento da concentração de oxigênio dissolvido no efluente. Nesta etapa, é adicionado lodo ativado à mistura, constituído por bactérias aeróbicas que, na presença de oxigênio, degradam a matéria orgânica presente no efluente. São também inseridos nutrientes, como ácido fosfórico, para auxiliar a degradação feita pelas bactérias.

A mistura segue para o decantador secundário. Com a ação do lodo ativado, são formados flocos de matéria orgânica com diâmetros entre 50 e 200µm. Estes flocos se depositam no fundo do decantador, gerando um lodo. Após esta etapa de sedimentação, o líquido segue para o tratamento terciário. Do lodo depositado, parte é reinserida no tanque de aeração, para atuar como lodo ativado.

### 3.4 Etapa Terciária

O efluente do decantador secundário é filtrado em um leito de areia para reter eventuais materiais particulados que possam danificar os equipamentos das fases finais do tratamento. É necessária a realização da retrolavagem destes filtros com certa periodicidade. Neste processo, faz-se fluir o efluente tratado em sentido contrário ao fluxo de tratamento, fluidificando o meio granular para liberar as impurezas retidas. O líquido utilizado nesta operação retorna para ser tratado novamente.

Após a filtragem, o líquido segue para um tanque de correção de pH, onde é inserido dióxido de carbono na mistura. Com isso, o pH do efluente deve ficar próximo a 7. Em seguida, o efluente passa por um novo processo de filtragem, por meio de filtros de cartucho, que utiliza carvão ativado e em pó.

Após a filtragem, o efluente escoa por uma calha Parshall para medição de vazão e, por fim, é lançado no “braço morto” do rio Sarapuí.

### 3.5 Modificações nos sistemas de tratamento

Visando a diminuição dos parâmetros de qualidade do chorume conforme estipulado pelo órgão ambiental estadual, a partir do final de 2017, foram implementadas novas técnicas de tratamento em todas as etapas dos processos existentes na ETC.

Inicialmente, no etapa primária, a adição de $Ca(OH)_2$ ao efluente começou a ser realizada por meio de sopradores, facilitando a dissolução da base no chorume. Na fase secundária, foi adotada como técnica de aeração um sistema de injeção de gás oxigênio diretamente no líquido, substituindo os agitadores mecânicos nos tanques de aeração. Além disso, foi instalado um tanque anóxido onde ocorre uma reação de desnitrificação.

Ressalta-se que as modificações na etapa terciária se encontram em fase de implantação e, portanto, não apresentam influência nos dados apresentados.

## 4 Parâmetros avaliados

Foram adotados cinco parâmetros para avaliar a eficiência do tratamento do líquido percolado do AMJG. São elas: condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), cor aparente e nitrogênio amoniacal.

A condutividade elétrica está inter-relacionada com a quantidade de sais dissolvidos no líquido. Um fator que modifica o valor deste parâmetro em efluentes é a variação da quantidade de íons livres, tais como

ISBN: 978-65-89463-30-6



hidrogênio ($H^+$), hidroxila ($OH^+$), fosfatos e nitratos (LEVLIN, 2007). Este parâmetro é medido em siemens por centímetro (S/cm), sendo S correspondente ao inverso da unidade de resistência ohm (Ω).

A demanda bioquímica e a química de oxigênio são itens analisados para avaliar a presença de poluentes orgânicos em líquidos. A digestão aeróbica promovida por microrganismos presentes no efluente consome as moléculas de oxigênio dissolvidas no fluido. Neste sentido, a DBO retrata a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica presente no líquido. Em contrapartida, a DQO está relacionada com a degradação da matéria orgânica por meio de agentes químicos (ROCHA e FUKUDA, 1973; ZUCCARI et al., 2005). A DBO é mensurada em miligrama de oxigênio por litro ($mgO_2/L$), enquanto a DQO é medida em miligrama por litro (mg/L).

A resolução CONAMA n° 430 (BRASIL, 2011) regula uma redução mínima de 60% da carga de DBO de efluentes, enquanto a norma estadual DZ-205.R-6 (RIO DE JANEIRO, 2007) adota um valor máximo de 250mg/L para DQO em líquidos oriundos de estações de tratamento.

A dissolução de metais e matéria orgânica na água modificam a cor do líquido. A cor aparente, por sua vez, indica a cor resultante desta dissolução de substâncias juntamente com a cor de sólidos em suspensão causadores de turbidez (KOWATA et al., 2000; LUCIDO, 2010). Sua medição é feita em unidades Hazen (uH). A norma estadual NT-202.R-10 (RIO DE JANEIRO, 1986) define que a cor de um efluente deva ser virtualmente ausente, definindo uma avaliação de sensibilidade visual.

Ainda, o nitrogênio amoniacal total pode se apresentar em sua forma iônica ($NH_4^+$) ou molecular ($NH_3$), esta mais tóxica que a primeira. Este composto é produzido pela decomposição anaeróbica de matéria orgânica, principalmente de proteínas. (MAGALHÃES, 2014). A sua concentração em líquidos, assim como a DQO, é mensurada em mg/L. Brasil (2011) limita a presença de 20mg/L de nitrogênio amoniacal total em efluentes.

## 5 Resultados

Entre os anos de 2016 e 2018, foram analisados os dados mensais provenientes de análises de parâmetros físico-químicos do chorume bruto do AMJG e do efluente final da estação de tratamento presente no empreendimento. Em posse destes dados, definiu-se o percentual de redução de cada parâmetro descrito no item 4 deste trabalho.

Destaca-se que Amendola et al. (2019) apresentaram as variações de alguns parâmetros físico-químicos do chorume bruto do AMJG, entre 2016 e 2018, em função do tempo com relação aos períodos de estiagem e alta pluviosidade, verificando-se assim suas respectivas influências. Ainda, fizeram comparações de tais parâmetros com estudos anteriores, associando-os às fases de digestão dos resíduos sólidos.

A Figura 2 ilustra os dados de tratamento relacionados à condutividade elétrica. Nota-se que, no tocante a este parâmetro, a ETC não apresenta influência expressiva em seu tratamento, uma vez que o percentual médio de redução é de 25% no período analisado, sendo este valor correspondente a cerca de 13.586µS/cm no efluente tratado. É importante destacar que o meio onde está inserido o AMJG se caracteriza como um ambiente salobro, dada a presença da Baía de Guanabara muito próximo ao aterro, o que pode justificar os altos índices de condutividade registrados.

Evidenciado pela Figura 3, o tratamento do chorume do AMJG se mostra efetivo em relação à DBO, com uma média de 81% de redução, se adequando aos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente. Já o parâmetro DQO não sofre muita influência pelo tratamento aplicado na ETC, como pode ser analisado na Figura 4. É possível perceber uma dispersão acentuada em seu percentual de redução, com a média em torno de 28%. Os valores típicos de DQO no efluente tratado são da ordem de 1700mg/L. Após a implantação de melhorias realizadas na estação de tratamento, o índice, inclusive, obteve uma redução na eficácia de tratamento.

Também se observa uma redução mínima no que tange a cor aparente do efluente final da ETC. No entanto, a partir de setembro/2017, a Figura 5 ilustra uma tendência de aumento no percentual de redução deste parâmetro e de redução na dispersão dos valores.

Em relação ao nitrogênio amoniacal, a Figura 6 apresenta uma variância expressiva dos dados de redução no período analisado. A média deste parâmetro no efluente tratado foi de 140mg/L no ano de 2018. No entanto, ao final deste ano, foi atingido uma redução de 99% deste parâmetro, obtendo-se valores inferiores a 1mg/L.

ISBN: 978-65-89463-30-6



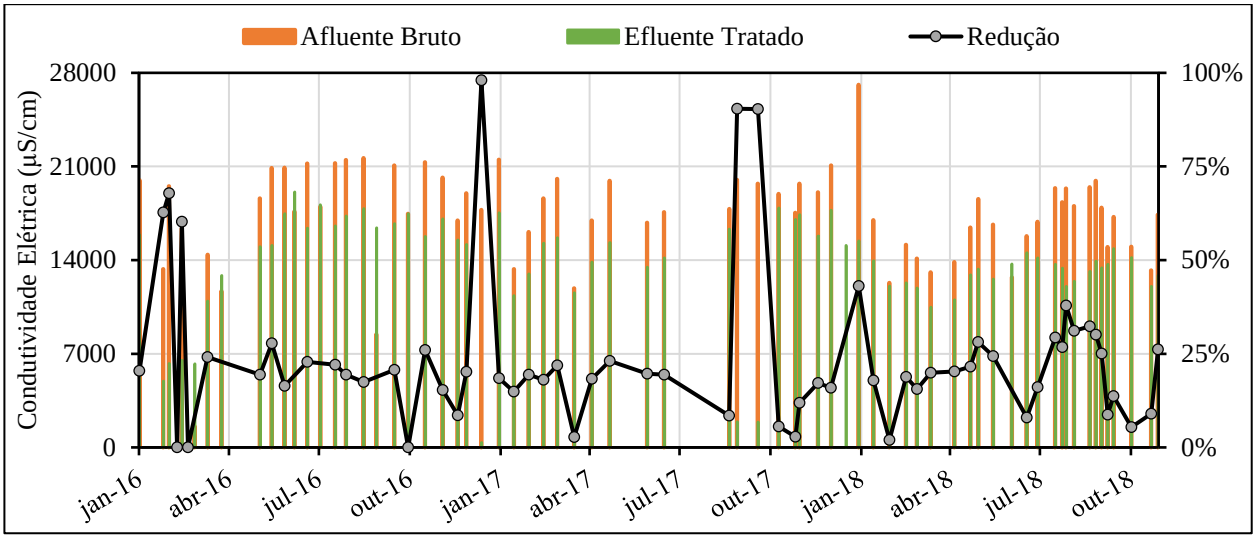



Figura 2. Tratamento de condutividade elétrica pela ETC.

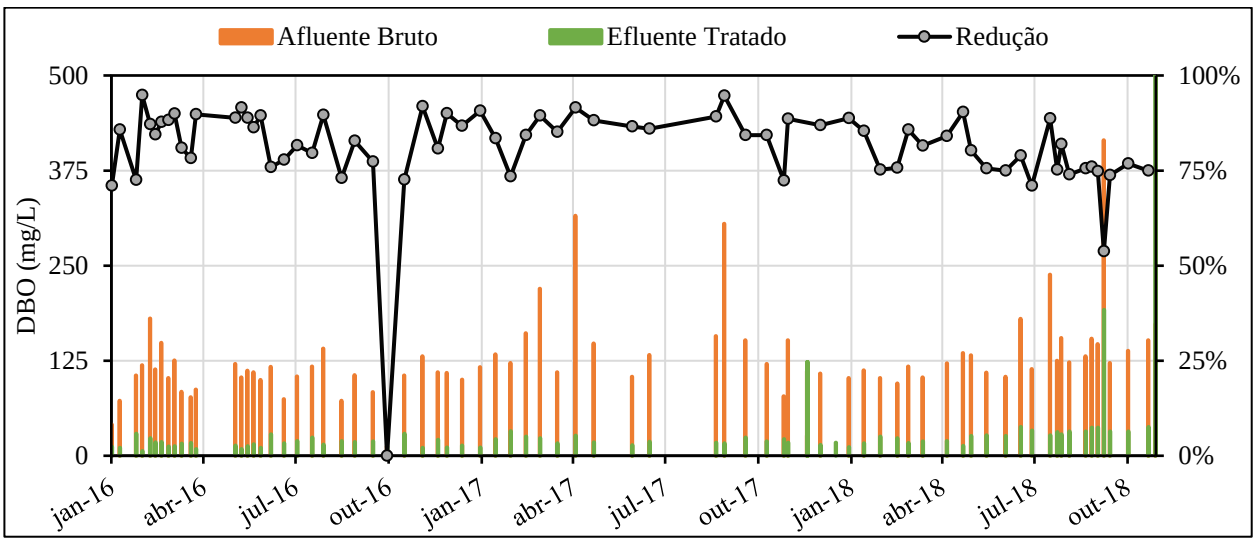



Figura 3. Tratamento de DBO pela ETC.

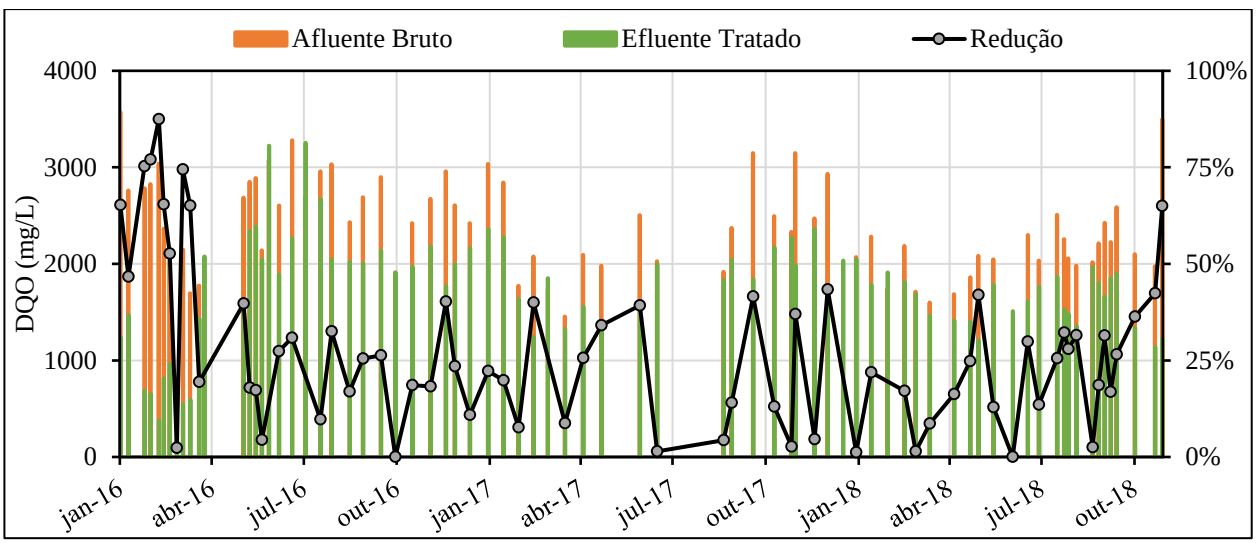



Figura 4. Tratamento de DQO pela ETC.

ISBN: 978-65-89463-30-6



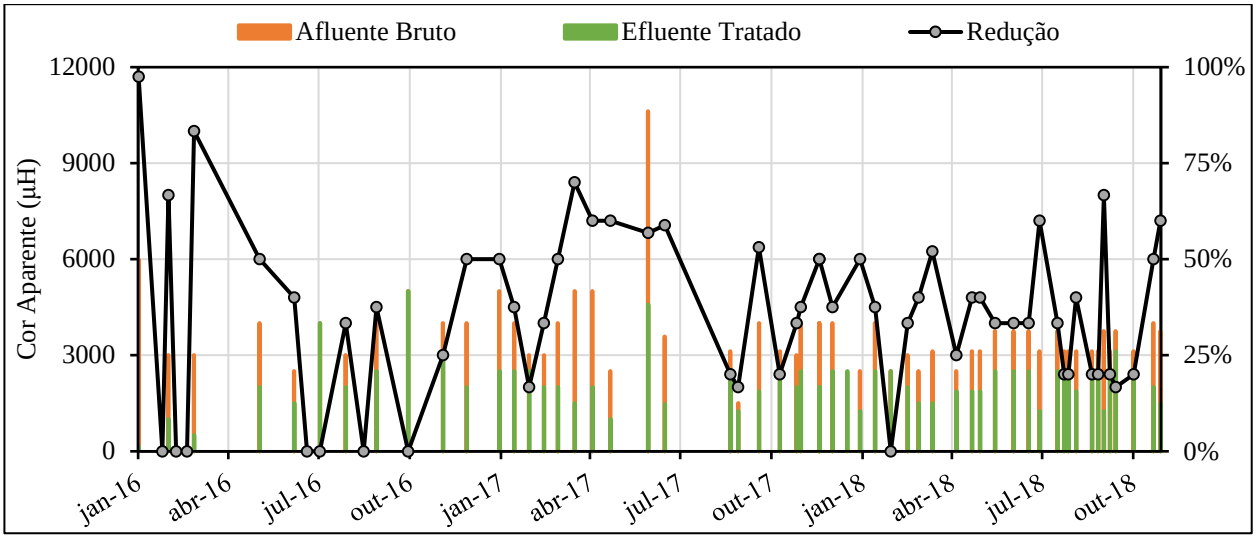



Figura 5. Tratamento de cor aparente pela ETC.

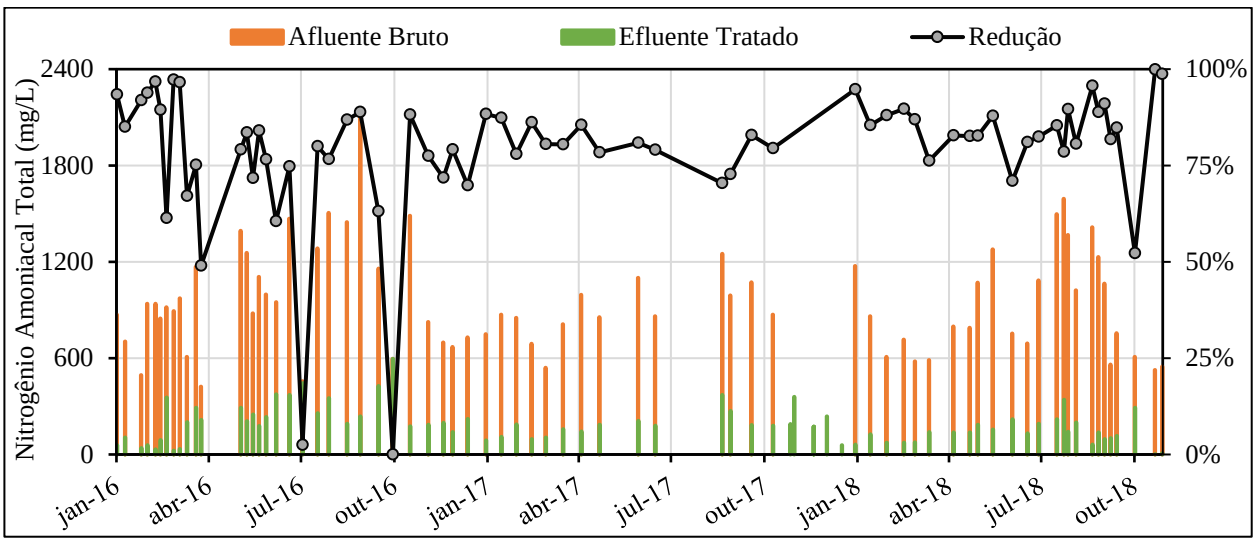



Figura 6. Tratamento de nitrogênio amoniacal total pela ETC.

## 6 Conclusões

A partir dos dados analisados, nota-se que a ETC foi capaz de adequar os parâmetros DBO e nitrogênio amoniacal aos limites estabelecidos pela legislação vigente, principalmente ao final de 2018. Parte deste fato se deve à implantação de novas práticas de tratamento na estação, especialmente nos setores primário e secundário.

Em relação aos parâmetros DQO e cor aparente, estes são mais passíveis de redução pela etapa terciária do tratamento, que se mostrou insuficiente. Os valores registrados de DQO no efluente tratado equivalem a aproximadamente 7 (sete) vezes o permitido pelo órgão ambiental estadual. No entanto, encontra-se em andamento a ampliação do tratamento terciário da ETC, visando reduzir os índices registrados destes parâmetros.

É importante destacar que, neste trabalho, não foi avaliado a influência da variabilidade dos parâmetros do chorume bruto no tratamento realizado pela ETC presente no empreendimento.

Por fim, a ETC ainda carece de melhorias para que os parâmetros analisados sejam adequados aos valores estipulados pelos órgãos ambientais. Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a avaliação da eficiência da ETC após a ampliação do tratamento terciário e consideração da variação dos parâmetros de entrada da estação de tratamento de chorume.

ISBN: 978-65-89463-30-6






## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Gás Verde S.A., responsável pela manutenção do AMJG, por ceder dados de tratamento de chorume da ETC, assim como à ALTA Geotecnia Ambiental por permitir a publicação dos dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amendola, C. D. E.; Viana, A. F.; Paes, I. T.; Freitas, V. S.; Campos, T. M. P. (2019) Caracterização Físico-Química do Chorume do Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, Duque de Caxias-RJ, entre 2016 e 2018. In: Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 9, São Carlos-SP. *Anais...* Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. 8 p.

Brasil (2011). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005.* Brasília: Diário Oficial da União.

EPA – Environmental Protection Agency (1997) *Landfill Manuals: Landfill operations practices*. Ardcavan, Wexford, Ireland, 69 p.

Kowata, E. A.; Ribeiro, J. T.; Teller, D. D. T. (2000) Estudo da influência da turbidez e cor declinantes sobre a coagulação de água de abastecimento no mecanismo de adsorção-neutralização de cargas. *Boletim técnico da faculdade de tecnologia de São Paulo*, n. 9, p. 73-78.

Levlin, E. (2007) *Conductivity measurements for controlling municipal wastewater treatment.* Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228779922_Conductivity_measurements_for_controlling_municipal_wastewater_treatment>. Acesso em 22 fev. 2020.

Lucido, G. L. A. (2010) *Avaliação de metodologia para controle e medição de cor em efluente têxteis.* Dissertação de Mestrado, Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia / UERJ. 135 p.

Magalhães, N. C. (2014) *Remoção e recuperação de amônia de lixiviado de aterro sanitário utilizando membranas contactoras e comparação com processos convencionais.* Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia / UFMG, 153 p.

Rio de Janeiro. (1986) Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA). *NT-202.R-10 - Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos.* Publicado no D.O.E-RJ.

Rio de Janeiro. (2007) Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA). *DZ-205.R-6 - Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial.* Publicado no D.O.E-RJ.

Rocha, A. R.; Fukuda, F. (1973) Considerações sobre a técnica de análise demanda qúimica (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e oxigênio dissolvido (OD). *Revista DAE*, n. 93. p. 65-69.

Steggmann, R.; Heyer, K. U.; Cossu, R. (2005) Leachate treatment. In: Tenth International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Itália. CISA Publisher. 16 p.

Zucarri, M. L.; Graner, C. A. F.; Leopoldo, P. R. (2005) Determinação da demanda química de oxigênio em águas e efluentes por método colorimétrico alternativo. *Energ. Agric., Botucatu*, vol. 20, n. 4, p. 69-82.