

## REABILITAÇÃO DA ÁREA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS LOCALIZADA EM APARECIDA DE GOIÂNIA

MARLON ANDRÉ CAPANEMA<sup>1</sup>, MATHEUS RODRIGUES DE BRITO<sup>2</sup>, ROSANA GONÇALVES BARROS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dr. em Engenharia Civil, Professor Efetivo, IFG, Goiânia-GO, [Marlon.capanema@ifg.edu.br](mailto:Marlon.capanema@ifg.edu.br);

<sup>2</sup>Eng. Ambiental e Sanitarista, Boslan Tec. de Projetos, Goiânia-GO, [Matheus.rodrigues@hotmail.com](mailto:Matheus.rodrigues@hotmail.com);

<sup>3</sup>Dr. em Agronomia, Professora Efetiva, IFG, Goiânia-GO, [rosana.barros@ifg.edu.br](mailto:rosana.barros@ifg.edu.br);

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
04 a 06 de outubro de 2022

**RESUMO:** As estações de tratamento de esgotos (ETEs) constituem uma importante infraestrutura de saneamento básico, contudo, o lodo de esgoto gerado em ETEs é considerado um grande desafio para projetistas e operadores devido ao seu elevado potencial poluidor. O presente trabalho visou a propor um plano de recuperação da área degradada pela ETE Cruzeiro do Sul, em Aparecida de Goiânia, Goiás, com a utilização do lodo gerado na ETE Parque Atheneu, localizada em Goiânia. A metodologia envolveu o cálculo do volume de lodo necessário para o aterramento das lagoas de tratamento de esgotos, bem como o cálculo do volume de lodo a ser utilizado como adubo orgânico para posterior plantio na área a ser recuperada. Foram avaliadas as características físico-químicas e microbiológicas do lodo gerado na ETE Parque Atheneu e do lodo das lagoas da ETE Cruzeiro do Sul com base na Resolução Conama N° 498/2020. As análises laboratoriais de caracterização dos lodos foram realizadas no laboratório da Companhia de Saneamento de Goiás (Saneago). Os resultados contemplaram a melhor alternativa sob o ponto de vista operacional e ambiental para a valorização do lodo da ETE Parque Atheneu. Ambos os lodos foram classificados como categoria B e apresentaram características de esgoto doméstico, podendo ser utilizados como material de aterramento complementar, além de poder ser aplicado como adubo no plantio da área degradada.

**PALAVRAS-CHAVE:** plano de recuperação de áreas degradadas, biossólidos, destinação final de lodo, valorização de resíduos.

### REHABILITATION OF THE AREA OF A WASTEWATER TREATMENT PLANT LOCATED IN APARECIDA DE GOIÂNIA

**ABSTRACT:** Wastewater treatment plants (WWTPs) are an important sanitation infrastructure. However, wastewater sludge generated in WWTPs is considered a major challenge for designers and operators due to its high polluting potential. This study aimed to propose a recovery plan for the degraded area at the Cruzeiro do Sul WWTP, located in Aparecida de Goiânia, Goiás, using the sludge generated at Parque Atheneu WWTP, located in Goiânia. The methodology involved the calculation of the sludge volume necessary for the grounding of the treatment ponds in Cruzeiro do Sul WWTP, as well as the calculation of the volume of sludge to be used as organic fertilizer for later planting in the area to be recovered. The physicochemical and microbiological characteristics of the sludge generated at both WWTPs under study were evaluated based on Conama Resolution N. 498/2020. Laboratory analyzes were carried out at the laboratory of Companhia de Saneamento de Goiás (Saneago, Goiânia). The results contemplated the best alternative from an operational and environmental point of view for the recovery of sludge from Parque Atheneu WWTP. Both sludges were classified as category B and presented characteristics of domestic wastewater, which can be used as a complementary grounding material, in addition to being applied as fertilizer in the planting of the degraded area.

**KEYWORDS:** recovery plan for degraded areas, biosolids, final disposal of sludge, waste recovery.

## INTRODUÇÃO

A desativação de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) pode ocorrer por diversos fatores. O mais comum se refere ao adensamento populacional nas proximidades que impede sua ampliação e limita a capacidade operacional. Diversas técnicas vêm sendo utilizadas com o objetivo de recuperar solos degradados de ETE's (De Maria et al., 1999). Uma técnica bastante utilizada para complemento de matéria orgânica é a aplicação de lodo de esgoto, por favorecer a formação de agregados e facilitar a penetração das raízes e conseqüentemente a vida microbiana, aumentando a resistência do solo à erosão e a capacidade de retenção da água (Tsutiya, 2001).

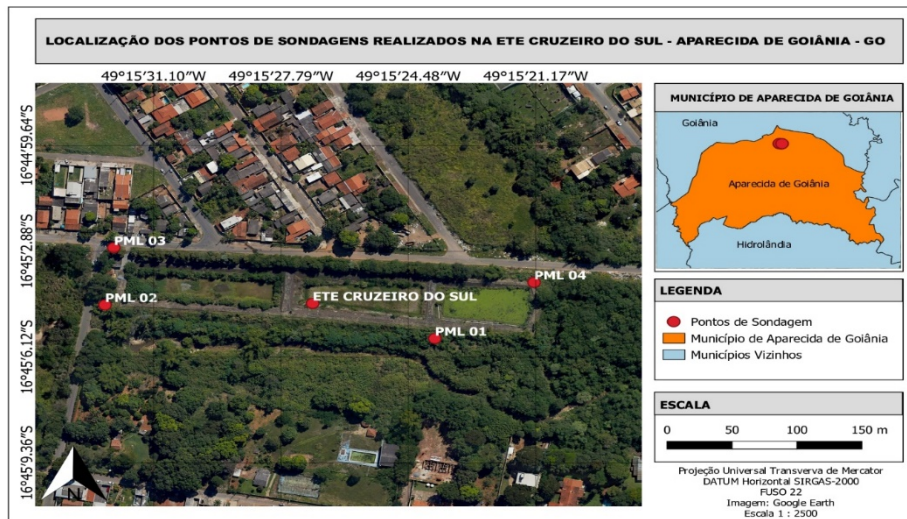
A Resolução CONAMA N° 498 (Brasil, 2020) ampliou as oportunidades de uso do lodo de esgoto em solos que, após passar por adequados processos de tratamento e beneficiamento, passa a ser denominado como biossólido. O biossólido é um resíduo que potencializa as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e favorece o desenvolvimento de espécies vegetais, elevando a quantidade de nutrientes às plantas (Malta, 2001). O lodo de esgoto, por ser rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes, apresenta potencial uso na agricultura como adubo orgânico, e é considerado a alternativa mais eficaz de disposição final deste resíduo, principalmente na recuperação de áreas que passaram por processos de degradação, desde que tratado e processado (Campos e Alves, 2008; Mesquita et al., 2017). Neste contexto, o presente trabalho visa propor um plano de recuperação da área degradada pela ETE Cruzeiro do Sul, localizada em Aparecida de Goiânia (Goiás, Brasil), com a utilização do lodo gerado em outra ETE, localizada no Parque Atheneu em Goiânia (GO).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da ETE Cruzeiro do Sul

A ETE Cruzeiro do Sul está localizada no município de Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil, nas coordenadas UTM 22K 685.655 E / 8.147.164 S, às margens do Córrego Almeida (Fig. 1). Foi projetada para tratar os esgotos de até 18 mil habitantes, e sua operação durou de 1988 a 2017. As operações foram encerradas devido ao adensamento populacional nas proximidades.

Fig. 1: Localização da ETE Cruzeiro do Sul e poços de monitoramento do lençol freático (PML01-04).



O processo de tratamento de esgotos da ETE Cruzeiro do Sul era formado por gradeamento, calha Parshall, duas lagoas aeradas facultativas e uma lagoa de sedimentação. O emissário de esgoto tratado consistia em uma estrutura de concreto e gabião, localizada às margens do córrego, onde o esgoto era lançado. As lagoas de estabilização possuíam caixas de entrada e saída, além de placas de proteção em concreto ao longo dos taludes e canaletas de drenagem. A ETE também contava com área administrativa, oficina mecânica e almoxarifado.

### Caracterização do lodo da ETE Parque Atheneu

Como mencionado anteriormente, este estudo objetivou utilizar o lodo da ETE Parque Atheneu como material de aterramento das lagoas da ETE Cruzeiro do Sul, além de posterior aplicação do lodo no solo como biossólido na etapa de revegetação. O processo de tratamento que

originou o lodo na ETE Parque Atheneu era formado por gradeamento, uma lagoa anaeróbia seguida de duas lagoas facultativas em série. O lodo gerado era composto tipicamente de 98% de água e 2% de sólidos, e 70 a 80% destes eram matéria orgânica, óleos e graxas. Neste estudo, o lodo foi coletado da segunda lagoa facultativa, de acordo com a necessidade operacional da companhia de saneamento. As amostras foram coletadas em concordância com a NBR 10.007 (ABNT, 2004), e a potencial utilização como bio sólido foi avaliada de acordo com a Resolução Conama N° 498 (Brasil, 2020). As análises de caracterização química do lodo contemplaram os seguintes parâmetros: arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo total, mercúrio, selênio e zinco. Ademais, foram analisados parâmetros como pH, sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, coliformes totais e *Escherichia coli*.

#### **Metodologia para elaboração do PRAD**

O PRAD foi elaborado com base na Instrução Normativa do IBAMA N° 04, de 13/04/2011 (Brasil, 2011) e no termo de referência de elaboração de PRAD da Companhia de Saneamento de Goiás. A análise da contaminação local foi realizada em 2017 (ano de fechamento da ETE) e contemplou análises de solo e de água subterrânea. O solo foi coletado próximo aos PML (01 a 04) a uma profundidade de 9,0 metros. Em relação às águas subterrâneas, foram feitas quatro coletas nas profundidades de 3,81 m no PML 01, 4,19 m no PLM 02, 5,45 m no PLM 03 e 3,95 m no PML 04. A determinação dos valores mínimos e máximos permitidos foi obtida através da Resolução CONAMA N° 420 (Brasil, 2009). Além do uso do lodo da ETE Parque Atheneu, as lagoas da ETE Cruzeiro do Sul foram aterradas com resíduos da construção civil dos taludes e edificações da própria ETE Cruzeiro do Sul. Outra parcela destes resíduos foram provenientes de obras de infraestrutura da companhia de saneamento e de empresas parceiras.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **PRAD ETE Cruzeiro do Sul: Diagnóstico ambiental da área a ser reabilitada**

O solo encontrado na área da ETE é do tipo latossolo vermelho, com alta porcentagem de areia (10% de argila, 8% de silte e 82% de areia), caracterizado como de textura areia franca. Não foi identificada a presença de solo hidromórfico (gleissolo) na área de estudo. A declividade da área possui um caimento para sudeste com valores inferiores a 4%. A maior cota é de 782 m e a menor, na margem do córrego, é de 778 m. O relevo é plano suave e sem acidentes geográficos.

A ETE Cruzeiro do Sul está localizada na bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte. Possui área de influência direta no Córrego Almeida que está situado ao sul do empreendimento. Trata-se de uma drenagem de segunda ordem com nascentes a uma distância maior que 1000 m. O Córrego Almeida é um subafluente do Córrego Santo Antônio, que por sua vez é afluente do Rio Meia Ponte.

O clima da região do município de Aparecida de Goiânia é do tipo tropical úmido, caracterizado por um inverno seco e um verão chuvoso. As temperaturas médias anuais variam entre 21 e 22°C. Por fim, a vegetação predominante na área é mata de galeria. O empreendimento encontra-se na área de influência do Córrego Almeida. A altura média do estrato arbóreo varia entre 20 e 30 metros, apresentando uma superposição das copas que fornecem cobertura arbórea de 70% a 95%. Há presença de árvores com sapopemas (expansões tabulares do caule de árvores) ou saliências nas raízes, além de espécies epífitas, principalmente *Orchidaceae*. Além disso, foram identificadas espécies florísticas como Sangra-d'água (*Croton urucurana*) e Embaúba (*Cecropia pachystachia*).

### **Investigação de contaminação local**

Os resultados das análises de solos e água subterrânea nos pontos PML 01 a 04 permaneceram abaixo dos valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução Conama N° 420, de 28 de dezembro de 2009 (Brasil, 2009), que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e de águas subterrâneas quanto à presença de substâncias químicas, para os parâmetros bário, chumbo, cobalto, cobre, cromo, níquel, prata, zinco, etilbenzeno, tolueno, xileno, fenol, alumínio, boro, ferro, manganês, nitrato e vanádio. O ferro foi o único parâmetro que apresentou valores acima do VMP, na água subterrânea dos pontos PML 02, 03 e 04 (Fig. 1). Entretanto, considera-se como normal devido à ocorrência deste nos minérios, minerais e na lixiviação do solo.

### **Reabilitação da área degradada: aterramento das lagoas e revegetação da área superficial da ETE Cruzeiro do Sul**

O aterramento visou à recomposição topográfica, readequação do perfil do terreno em semelhança ao terreno natural, como observado nas áreas adjacentes, e posteriormente o preparo do solo para plantio e entrega da área para a Prefeitura de Aparecida de Goiânia. Os estudos de

terraplanagem realizados em setembro de 2020 revelaram um volume total de material de aterramento de 34.896 m<sup>3</sup> para as três lagoas da ETE Cruzeiro do Sul. Deste volume total, foram subtraídos 9.100 m<sup>3</sup> referentes ao volume de lodo existente na própria ETE (8.100 m<sup>3</sup>) e ao concreto dos taludes das lagoas (1.000 m<sup>3</sup>). Propôs-se aterrar o concreto dos taludes das lagoas de tratamento, o qual deve ser misturado aos outros materiais de aterramento (RCC e lodo da ETE Parque Atheneu). Ademais, a companhia de saneamento havia pré-determinado o volume de 17.796 m<sup>3</sup> de RCC para este aterramento. Por fim, o volume de lodo da ETE Parque Atheneu a ser utilizado no aterramento da ETE Cruzeiro do Sul foi igual a 8.000 m<sup>3</sup>. Concernente ao lodo da ETE Cruzeiro do Sul, considerou-se aterrar (manter) o lodo nas lagoas, uma vez que este se encontrava estabilizado. O lodo foi caracterizado como Classe B, segundo os parâmetros da Resolução Conama N° 498/2020. O lodo da ETE Parque Atheneu também foi caracterizado como Classe B, segundo os parâmetros da Resolução Conama N° 498/2020. O valor de *E. coli* foi de 4,0×10<sup>4</sup> NMP/g<sub>ST</sub> no lodo da lagoa facultativa 3. Os valores foram obtidos em setembro de 2020.

O plano de recuperação da área da ETE Cruzeiro do Sul previu a revitalização da área superficial das três lagoas, que totaliza 11.608 m<sup>2</sup>. As etapas correspondentes ao processo de revegetação incluíram: i) preparo inicial do terreno, ii) escolha da espécie, que neste estudo foi a grama Batatais (*Paspalum notatum*), iii) preparo das placas de gramas (placas de 0,50 m<sup>2</sup>), iv) aplicação do bio sólido na superfície (detalhado posteriormente), v) plantio da grama, vi) irrigação dentro de 36 horas (8,0 L<sub>água</sub>/m<sup>2</sup>) e vii) manutenção e monitoramento, que contemplam a remoção de ervas daninhas e detritos por pelo menos 2 anos após a finalização dos trabalhos de campo. O cálculo da taxa de aplicação do lodo foi embasado na Resolução Conama N° 498/2020. Calculou-se a quantidade de bio sólido necessária para elevar em 1% o teor de matéria orgânica em relação ao volume dos 0,20 m do substrato da área. Para isso, considerou-se um teor médio de matéria orgânica de 13% do bio sólido da ETE Parque Atheneu, resultando em um valor de 158,46 toneladas por hectare, em base seca de bio sólido, a ser incorporado ao solo.

## CONCLUSÃO

Este trabalho visou à recuperação da área degradada pela ETE Cruzeiro do Sul (Aparecida de Goiânia) com o uso, entre outros materiais, do lodo da ETE Parque Atheneu (Goiânia), de modo a aliar dois procedimentos operacionais de estação de tratamento de esgotos, integrando a valorização do lodo da ETE Parque Atheneu. Para ambas as ETes, os lodos foram caracterizados como adequados tanto para o aterramento das lagoas da ETE Cruzeiro do Sul, como para compor o solo na etapa de plantio da superfície a ser recuperada. Desta maneira, comprovou-se a viabilidade técnica e ambiental de se valorizar diferentes tipos de resíduos sólidos, a saber, resíduos da construção civil e lodos de ETes, na importante etapa operacional de uma estação de tratamento de esgoto, que é o seu encerramento. Ademais, promoveu-se o desvio dos resíduos sólidos em questão de um aterro sanitário.

## AGRADECIMENTOS

À Saneamento de Goiás S/A (Saneago) pela viabilização operacional deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- Araújo, A. E. de; Amorim Neto, M. da S.; Beltrão, N. E. de M. Municípios aptos e épocas de plantio para o cultivo da mamoneira no estado da Paraíba. Revista de Oleaginosas e Fibrosas, v.4, n.2, p.103-110, 2000.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2009. Resolução Conama n° 420 de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União, Brasília.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2020. Resolução Conama n° 498 de 19 de agosto de 2020. Diário Oficial da União, Brasília.
- Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis – IBAMA. 2011. Instrução Normativa n° 04 de 13 abril de 2011. Diário Oficial da União, Brasília.
- Campos, F.S.; Alves, M.C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Minas Gerais. V.32, p 1389-1397, 2008.

- De Maria, I.C.; Castro, O.M & Souza Dias, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 23:703-709, 1999.
- Malta, T. S. Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo do caso do município de Rio das Ostras, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 2001. Recuperado em 2021-06-04, em <https://portaldeseres.icict.fiocruz.br/>
- Mesquita, G.R.A.; Randow, J.R.V.; Oliveira, R.L.; Gonçalves, M.V.V.A. Viabilidade do lodo de esgoto na agricultura. Revista perspectivas Online. Ciências Exatas e Engenharia. Campos Goytacazes, Rio de Janeiro, V.17, n. 07, p. 80-87, 2017.
- Tsutiya, M.T. Alternativa de disposição final de biosólido. In Tsutiya, M.T.; Comparini, J.B.; Sobrinho, P.A.; Hespanhol, I.; Carvalho, P.C.T.; Melfi, A.J.; Melo, A.J.; Melo, W.J & Marques, M.O., eds. Biosólidos na Agricultura. São Paulo. SABESP, Escola Politécnica USP, ESALQ, UNES, 2001. P.133-180.