

## **DIAGNÓSTICO DO GERENCIAMENTO DE LODO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE UMA CIDADE DO INTERIOR DO PARANÁ**

**Luiz Roberto Taboni Junior (\*), Cláudia Telles Benatti, Célia Regina Granhen Tavares**

\* Universidade Estadual de Maringá – Campus/ Maringá. E-mail: junior\_lrt@hotmail.com.

### **RESUMO**

As Estações de Tratamento de Água (ETA's) são responsáveis por executarem o processo de conversão da água bruta em água potável, gerando ao final resíduos como o lodo, que necessitam de um sistema de gestão e gerenciamento a fim de proteger o âmbito social e ambiental. Atualmente, os corpos hídricos são a forma de disposição mais utilizada em território brasileiro, acarretando impactos ambientais como a alteração da turbidez da água e assoreamento do corpo receptor. Apesar disso, existem sistemas de gerenciamento que são capazes de promover a destinação e disposição de forma adequada. O presente artigo tem como objetivo apresentar o diagnóstico de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos oriundos de uma ETA, localizada no interior do Paraná, bem como um levantamento bibliográfico relativo a destinação do lodo em incorporação de processos produtivos, destacando-se a fabricação de concreto não estrutural, cerâmica vermelha, compostagem e aplicação em solo degradado; conseqüentemente, criando medidas sustentáveis e seguindo como denotação a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS. Diante do exposto, a utilização dos resíduos de ETA's tem se mostrado viável economicamente, socialmente e ambientalmente, não substituindo a matéria prima principal. Em relação à área analisada, verificou-se a necessidade da implantação de um sistema de gestão, uma vez que a ETA estudada não possui uma forma de gerenciamento do lodo gerado que vise a sua disposição adequada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerenciamento de lodo, Estação de Tratamento de Água, Resíduos Sólidos, Lodo de ETA.

### **INTRODUÇÃO**

As Estações de Tratamento de Água (ETA's) são incumbidas por promoverem o tratamento da água bruta por meio do uso de um complexo de etapas, no qual objetiva-se atingir o padrão de potabilidade estabelecido pela PRC n° 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde.

No Brasil o modelo mais usual de tratamento é o de ciclo completo, igualmente denominado de sistema convencional, subdividido em coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e correção do pH. Tal modelo é responsável por gerar partículas coloidais e suspensas ao final do processo de tratamento da água bruta, como: areia, argila, silte, metais pesados e partículas húmicas, denominado lodo de ETA (TRINH e KANG, 2011).

O lodo é proveniente do regime de decantação e lavagem dos filtros, sendo que sua qualidade e quantidade é devida às características químicas, biológicas e físicas da água bruta, tipo de coagulante aplicado na ETA e o período referente à higienização dos decantadores e filtros, retendo-se de uma taxa de geração entre 0,2 a 5% do volume total de água tratada (AHMAD et al., 2016).

Com umidade acima dos 80% do seu peso total e propriedade de não imersão, o lodo é classificado como classe II-A pela NBR 10.004/2004, o qual deveria ter sua disposição em aterros sanitários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Em geral, a disposição final desses resíduos ocorre em corpos hídricos, causando impactos ambientais ao corpo receptor, como o aumento da taxa de assoreamento, concentração de metais pesados na comunidade aquática, redução de áreas disponíveis para o lazer e gastos com medidas capazes de recuperar áreas degradadas.

Com o intuito de diminuir as adversidades causadas pela ascensão na geração de resíduos e com base no conceito de ecologia industrial, pesquisas são desenvolvidas no sentido de viabilizar o aproveitamento do lodo em processos produtivos, sobretudo para atender as legislações ambientais mais rígidas (ZHAO, 2007). Com esta finalidade, o sistema de gerenciamento em uma ETA se mostra importante para garantir a preservação dos recursos naturais, e até mesmo expor medidas capazes de reduzir a produção de resíduos em uma determinada estrutura.

No estado do Paraná as ETA's devem seguir as determinações da Resolução SEMA n°21/2009, CONAMA n°357/2009 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal n°12.305/2010), que dispõem sobre o licenciamento ambiental e prazos para a implantação de áreas de tratamento e disposição final dos efluentes e resíduos.

## OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo avaliar e elaborar o diagnóstico atual acerca do gerenciamento dos resíduos sólidos resultantes do processo de tratamento da água bruta em um município do interior do Paraná, além de uma breve revisão bibliográfica sobre a incorporação do lodo. Pretende-se ainda com esta pesquisa, a partir de tal diagnóstico, subsidiar futuras ações de melhorias na ETA.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é referente à Estação de Tratamento de Água (ETA), localizada em um município do interior do Paraná. De acordo com os dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017), o município em questão apresenta uma população de aproximadamente 400.000 habitantes, com taxa anual de crescimento de 0,90%.

Atualmente a ETA analisada adota o sistema de tratamento convencional, compreendendo as seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção final e fluoretação. Os insumos aplicados na estação são: Policloreto de Alumínio (PAC) como coagulante, gás cloro para a pré-cloração e desinfecção, e ácido fluossilícico no processo de fluoretação.

No que concerne ao coagulante, a aplicação do Policloreto de Alumínio (PAC) se mostrou superior aos coagulantes tradicionais como sulfato de ferro e sulfato de alumínio, devido a maior capacidade de formação de flocos residuais e estabilidade durante a oscilação de temperatura do corpo hídrico.

O estudo foi subdividido em duas etapas, com o objetivo de compreender o sistema de gerenciamento realizado pela estação. Inicialmente, desenvolveu-se um questionário com a finalidade de se obter informações qualitativas e quantitativas. A tabela 1 denota os dados coletados, seguindo como parâmetro a metodologia de Oliveira (2016).

**Tabela 1. Dados analisados. Fonte: Adaptado de Oliveira (2016)**

Itens	Dados analisados
Aspectos gerais	✓ Tecnologia de tratamento
	✓ População abastecida
	✓ Vazão média de produção (l/s)
Produtos químicos	✓ Coagulante utilizado
	✓ Produtos adicionais
Gerenciamento do lodo	✓ Coleta do lodo gerado
	✓ Técnica de secagem executada
	✓ Método de transporte
	✓ Destinação e disposição final do resíduo
Resíduos e perdas	✓ Tipo de água utilizada na limpeza dos filtros
	✓ Frequência de limpeza dos decantadores
	✓ Índice de lodo tratado
	✓ Controle de quantidade de água utilizada na lavagem dos filtros e decantadores
	✓ Controle de volume de lodo gerado nos decantadores

## ANÁLISE DE DADOS

Após a coleta de dados, iniciou-se a elaboração da segunda etapa que se constitui no diagnóstico de gerenciamento do lodo na estação, seguindo o que determina a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº12.305/2010), Resoluções SEMA nº21/2009 e CONAMA nº357/2009. Fundamentando-se ainda de uma breve revisão de literatura em referência ao uso do lodo em sistemas produtivos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ETA estudada apresenta capacidade de tratamento de  $1440 \text{ L s}^{-1}$ , variando de acordo com a demanda requerida. Atualmente, esta estação é responsável por abastecer 85% da cidade, sendo que o restante é abastecido por poços auxiliares, como as unidades operacionais de quatro bairros da cidade.

## LIMPEZA DOS DECANTADORES E FILTROS

A limpeza dos decantadores e filtros podem variar de acordo com a necessidade e com as taxas pluviométricas, no entanto a higienização dos filtros se dão em períodos diários, enquanto a dos decantadores ocorrem em períodos maiores, não superando 9 dias. A manutenção do sistema não prejudica o fornecimento de água para o município, visto que há 12 decantadores do tipo acelerado de fluxo vertical e 10 unidades de filtração rápida de sentido descendente.

Em relação à geração de lodo, a companhia utiliza formulas empíricas para estimar a quantificação de geração mensal, obtendo como resultado uma taxa de aproximadamente  $30 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$ , sem que seja executado ações de tratamento antes de sua disposição e destinação. Outrossim, no que tange a estimativa residual, não é considerado na projeção a interferência da sazonalidade climática e da oscilação na produção de água potável.

Ressalta-se ainda que se utiliza para a higienização das estruturas água tratada, sendo que a quantidade gasta é mensurada por macro medidores. Atualmente o local não conta com uma organização capaz de reaproveitar o líquido e a disposição final desta água de lavagem se dá em galerias de águas pluviais.

## GERENCIAMENTO DO LODO GERADO

O gerenciamento dos resíduos oriundo dos decantadores e lavagem dos filtros são retratados por meio da aplicação de um levantamento no formato de *checklist*, formalizando os principais componentes desta circunjunção. A tabela 2 expõe os dados coletados.

Tabela 2. Análise do gerenciamento da ETA. Fonte: Autores (2018)

Verificação	Avaliação
Processo de manutenção dos decantadores e filtros	A manutenção do sistema advém pela aplicação manual de jatos de água e quando necessário se adota equipamentos para remover componentes indesejáveis, como a presença de algas na parede dos decantadores.
Presença de equipamentos e espaços destinados à realização do tratamento do lodo	A área de tratamento não conta com estruturas destinadas a tratar o componente gerado.
Modo de transporte do lodo, sendo ele na fase aquosa ou sólida	Não ocorre o transporte do lodo de ETA para aterros sanitários ou outros meios de disposição, visto que o seu descarte ocorre por meio de tubulações que conduzem o sedimento até o receptor final.
Existência de delineamentos e metas de destinação do resíduo em programas de logística reversa	Atualmente não existe um procedimento de gerenciamento sobre o lodo gerado na estação. No entanto, verificou-se preocupação com adequação da estrutura, objetivando a coleta, tratamento, transporte e destinação final. Tendo em vista que em referência a Resolução SEMA nº 21/2009 ETA's com capacidade de tratamento de vazão superior a $500 \text{ L s}^{-1}$ e inferior a $2.500 \text{ L s}^{-1}$ deviam constituir-se de estruturas capazes de tratar e dispor o lodo desde 2017.
Disposição final do resíduo de ETA	A disposição final acontece por artifício das galerias de águas pluviais que conduzem o componente até um Ribeirão da cidade, sem tratamento prévio.

Analisando-se os dados apresentados na tabela 2 é possível verificar que a estrutura da estação de tratamento de água não conta com um processo adequado de gestão e gerenciamento relativo à coleta, transporte, tratamento e disposição final do lodo. Assim, torna-se necessário a realização de adequações na gestão dos resíduos gerados para atender a Política

Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (Lei nº 9.433/97), que visa a proteção e regulamentação do uso da água de forma segura e sem promoção da putrescência do corpo hídrico.

Souza (2014) reconhece que além dos fatores ambientais a ausência do gerenciamento do lodo ocasiona danos econômicos e sociais, os quais se destacam: redução de áreas fluviais disponíveis para o lazer, necessidade de descontaminação de áreas degradadas e investimento em novas tecnologias despoluidoras.

Diante do exposto é indispensável que a ETA desenvolva um programa de planejamento, compondo-se das diretrizes do Art. 9º da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº12.305/2010), que prevê “não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente correta”. Para tal desenvolvimento é primordial a disponibilidade de recurso público e estudos que demonstrem o melhor método a ser adotado no caso da destinação e disposição final abrangendo os aspectos econômicos e ambientais.

Além disso, é necessário que a ETA objeto do presente estudo, implante um sistema de tratamento de lodo que vise o desaguamento por ação natural ou mecanizada. Garantindo assim a redução no custo do transporte e extinguindo a disposição final em galerias pluviais.

### **COMPOSTAGEM E APLICAÇÃO CONTROLADA NO SOLO**

Estudos realizados por Megda et al. (2005) demonstraram que o lodo após passar por um tratamento prévio de secagem e higienização se mostrou viável em leiras de compostagem. As principais vantagens exibidas estão relacionadas com o ajuste do pH, aumento do volume do composto e ascensão na disponibilidade de minerais. Além de tudo, os resíduos de ETA's se mostraram proveitosos em plantações de cítricos nos Estados Unidos, sendo essencial que o sistema de tratamento de água aplique coagulante de sulfato fêrrico.

Tsutiya e Hirata (2001) analisaram a utilização do lodo em solo para finalidades agrícolas e concluíram que os resíduos substituem de forma parcial o calcário, argila, areia, lascas de madeira e fertilizantes turfas; detendo-se de algumas desvantagens, tais como: custo com o transporte, alta taxa de periculosidade do alumínio se unir ao elemento fósforo e a competição das características do lodo com outros elementos naturais.

### **FABRICAÇÃO DE CERÂMICA E TIJOLOS**

O aproveitamento do lodo de ETA como matéria prima pode diminuir de modo significativo a quantidade de argila e xisto no processo produtivo da cerâmica vermelha (MOTTA, 2001). O referido autor ainda reitera que a indústria cerâmica é caracterizada por dois processos: a primária, etapa responsável pela escolha de área a ser explorada e realizar a exploração da matéria prima; e o setor de transformação, intendente pela elaboração do produto final.

Oliveira et al. (2008) possuem uma pesquisa baseada na incorporação do resíduo em massa argilosa com teor de 15% destinada à fabricação de cerâmica vermelha. O efeito final não apresentou significativas implicações sobre a microestrutura e as propriedades físico-mecânicas avaliadas (retração linear, absorção de água, massa específica aparente e tensão de ruptura á flexão).

Na cidade de Foz do Iguaçu – PR realizou-se uma pesquisa do lodo gerado como aditivo em argilas para cerâmica vermelha, nomeado como a “Caracterização do lodo e de argilas do terceiro planalto paranaense”. No resultado primário, observou-se que os resíduos não podem ser utilizados como componente majoritário em massas cerâmicas, por conta das suas características (TARTARI et al., 2011).

No que concerne a incorporação na produção de cerâmica artística, o lodo deve ser submetido a um tratamento prévio, visto que o resíduo in natura promove a ocorrência de defeitos nas peças sintetizadas. Por meio do ensaio de lixiviação, identificou-se que peças cerâmicas contendo lodo são impróprias para a confecção de utensílios que fiquem em contato com alimentos ou bebidas (POZZOBON et al., 2009).

### **INCORPORAÇÃO EM CONCRETO**

Sales e Souza (2009) explanam que a agregação do lodo em concreto tem como finalidade inicial oportunizar a reciclagem de resíduos, mitigando a disposição final em aterros ou em corpos d'água. Alguns estudos demonstraram que a incorporação reduziu a resistência mecânica, inviabilizando sua inclusão em concreto estrutural.

Huang e Wang (2013) afirmam que os resíduos juntamente com agregado leve seguem de acordo com a normativa de resistência à tração e compressão, tornando-se uma opção viável. No que se refere à aplicação em calçadas, Costa (2011) verificou a viabilidade do lodo como agregado e atestou que a resistência à compressão apresentou resultados satisfatórios.

## **INCORPORAÇÃO DO LODO DESIDRATADO NA PAVIMENTAÇÃO**

Normalmente o lodo de ETA, por meio de suas características químicas, físicas e biológicas, viabilizam a incorporação para a confecção de sub-base no âmbito de pavimentação (COSTA, 2011).

Martinez (2014) explica que o lodo pode ser aplicado na junção de agregados miúdos e ao ligante asfáltico, como resultado, obteve-se que os resíduos não agregaram malefícios ambientais ou econômicos e melhoraram as propriedades mecânicas.

O processo de tratamento é fundamental para o sucesso de sua utilização, sendo que o resíduo com baixa umidade se mostra um material rugoso e com porosidade (COELHO et al., 2015). No que tange à sustentabilidade, o uso de resíduos de ETA's reduz a necessidade de extração de recursos naturais e cria um sistema de gestão e gerenciamento sobre a reutilização de materiais.

## **CONCLUSÕES**

Diante da estruturação do estudo, constatou-se que a ETA apresenta sistema de tratamento convencional de ciclo completo, retratando uma geração razoável de resíduo sólido, o qual pode expressar características de resíduo não inerte.

Verificou-se ainda que a estação da cidade não conta com um plano de gerenciamento do lodo, e que a sua disposição final se dá na rede pluvial, sem tratamento prévio ou implantação de instrumentos que permitam a incorporação do lodo em novos processos.

Desse modo, a partir dos dados levantados convalidou-se que é preciso uma adequação da gestão dos resíduos gerados na estação de tratamento de forma a atender às recomendações impostas pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos, a qual propõe um conjunto de medidas com características sociais, econômicas, ambientais e políticas. Para tal, aponta-se a necessidade de investimentos em pesquisas que permitam as melhorias na ETA, no sentido de que seja implementado um programa de minimização da geração bem como um programa de gerenciamento que viabilize o tratamento do lodo dentro da estação.

Com relação às possíveis destinações apresentadas do lodo, ressalta-se ainda que o lodo não deve substituir qualquer tipo de matéria prima, porém reduz a quantidade de insumo a ser inserido, exercendo assim uma ação sustentável, favorecendo a redução na disposição final em aterros sanitários e corpos hídricos. Assim, o processo de gestão e gerenciamento é fundamental para garantir a ascensão das execuções sustentáveis e oportunizar a agregação em novos produtos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AHMAD, T. et al. Sustainable management of water treatment sludge through 3BR concept. **Journal of Cleaner Production**, 124. ed. p. 1–13, 2016.
2. BRASIL. **Lei nº. 12305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm) Acesso em: 29. Jul.2018.
3. BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 29. jul.2018.
4. BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de Setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html)>. Acesso em: 24. Jul.2018.
5. BRASIL. **Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005**. Brasília, DF, 2005.
6. COELHO, R. et al. Uso de Lodo de Estação de Tratamento de Água na Pavimentação Rodoviária. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 10, n. 2, p. 11-22, set. 2015.



7. COSTA, A. J. C. **Análise da Viabilidade de Utilização de Lodo de ETA Coagulado com Cloreto de Polialumínio Composto com Areia Como Agregado Miúdo em Concreto Para Recomposição de Calçadas** – Estudo de Caso na ETA do Município de Mirassol – SP. 154p. 2011. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.
8. HUANG, C. H.; WANG, S. Y. **Application of water treatment sludge in the manufacturing of lightweight aggregate**. Construction and Building Materials, 2013.
9. MARTINEZ, J. G. **Avaliação de Desempenho de Misturas Betuminosas com Adição de lodos de ETA e de ETE**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil, 2014.
10. MEGDA, C. R.; SOARES, L. V.; ACHON, C. L. Propostas De Aproveitamento De Lodos Gerados em ETAs. **23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2005.
11. MOTTA, J. F.; ZANARDO, A. As matérias-Primas Cerâmicas Parte I: O Perfil das Principais Industrias e Seus Produtos, Parte II. **Cerâmica Industrial**, vol.6 (2), p.28-39,2001. Disponível em: <<http://www.ceramicaindustrial.org.br>>. Acesso em: 04 jun. 2018.
12. PARANÁ (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos). **Resolução SEMA n.º 021, de 22 de abril de 2009**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Curitiba, PR, 22 de abril de 2009.
13. SALES, A.; SOUZA, F. R. Concretes and Mortars Recycled with Water Treatment Sludge and Construction and Demolition Rubble. **Construction and Building Materials**, vol. 23, p. 2362–2370, 2009.
14. SOUZA, A. P. et al. Avaliação de custos e alternativas de tratamento e disposição final dos resíduos gerados em estação de tratamento de água. Natal, RN. **XII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Anais, 2014.
15. OLIVEIRA, I. Q. O. **Gerenciamento Do Lodo De Estação De Tratamento De Água em Mato Grosso do Sul: Uma Análise Crítica**. 2016. p.67 . Dissertação (Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul.
16. OLIVEIRA, E. M. S.; MACHADO, S. Q.; HOLANDA, J. N. F. Influence of the Addition of Water Treatment Sludge On the Properties and Microstructure of Red Ceramic. **Revista Cerâmica**, vol.54, n.330, p. 167-173, 2008.
17. POZZOBON, J. C. et al. Estudo preliminar para a utilização de lodo de ETA para a produção de cerâmica artística. **Encontro Anual De Iniciação Científica**, Londrina. Anais. Londrina: UEL, 2009.
18. TARTARI, R. et al. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha: Parte II: incorporação do lodo em mistura de argilas para produção de cerâmica vermelha. **Revista Cerâmica**, Vol. 57, n. 344, 2011.
19. TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. Aproveitamento e Disposição Final De Lodos De Estações De Tratamento de Água Do Estado de São Paulo. **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. João Pessoa, 2001.
20. TRINH, T. K.; KANG, L. S. Response surface methodological approach to optimize the coagulation-flocculation process in drinking water treatment. **Chem. Eng.**, Ed. 89, p.1126-1135, 2011.
21. ZHAO, Y. Q.; BABATUNDE, A. O. Constructive approaches toward water treatment works sludge management: an international review of beneficial reuses. **Critical Review in Environmental Science and Technology**, v. 37, p. 129 – 165, 2007.