

ÁREA TEMÁTICA: Gestão Ambiental

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO NA AGRICULTURA DO LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS COM ELEVADO TEOR DE MANGANÊS

Daniel Poletto Tesser (danieltesser@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

RESUMO

A destinação final adequada do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Águas (ETA) é fator fundamental para que um sistema de abastecimento atinja integralmente seus objetivos de saúde pública, responsabilidade social e ambiental. O uso agrícola tem-se apresentado como uma potencial opção de destinação, pois este lodo pode apresentar concentrações significativas de ferro e manganês, que tem aplicabilidade na agricultura como correção de micronutrientes do solo. Nesse sentido, o objetivo do trabalho é analisar a viabilidade técnica do uso na agricultura do lodo de estações de tratamento de águas com elevado teor de manganês no município de Sengés/PR. As etapas desenvolvidas na pesquisa foram: estudo piloto para verificação da ocorrência de concentração de manganês no lodo, determinação de sólidos totais e sólidos fixos das amostras coletadas, determinação da composição química das amostras coletadas, e avaliação da potencialidade de concentração de minério de manganês para compor matriz de fertilizante. A relação verificada de sólidos totais entre o lodo úmido e o lodo seco foi de cerca de 9%. Para o material seco, a porcentagem média determinada de sólidos fixos (agregado mineral) foi de 89,85%, com concentração média de manganês, detectada de 45,34%. Concluiu-se que o lodo proveniente da ETA pode ser uma alternativa de fonte fornecedora de manganês para compor a matriz de fertilizantes de solos, podendo atender a demanda de pequenos produtores, sendo uma alternativa de destinação do resíduo gerado no processo de tratamento de águas de abastecimento que incorpora valor agregado ao resíduo e incute minoração da degradação ambiental na produção de fertilizantes.

Palavras-chave: Manganês. Agricultura. Estação de Tratamento de Água. Lodo. Economia Circular.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL FEASIBILITY OF USE IN AGRICULTURE OF SLUDGE FROM WATER TREATMENT STATIONS WITH HIGH MANGANESE

ABSTRACT

The proper destination of the sludge generated at the water treatment stations is a fundamental factor for a supply system to fully achieve its public health, social and environmental responsibility objectives. Agricultural use has been presented as a potential destination option, as this sludge can present significant concentrations of iron and manganese, which is applicable in agriculture as a correction of soil micronutrients. In this sense, the objective of the work is to analyze the technical feasibility of using in agriculture the sludge of water treatment plants with high manganese content in Sengés/PR. The steps developed in the research were: pilot study to verify the occurrence of manganese concentration in the sludge, determination of total solids and fixed solids of the collected samples, determination of the chemical composition of the collected samples, and evaluation of the potential concentration of manganese ore for compose fertilizer matrix. The verified ratio of total solids between the wet sludge and the dry sludge was about 9%. For the dry material, the determined average percentage of fixed solids (mineral aggregate) was 89.85%, with an average concentration

of manganese, detected at 45.34%. It was concluded that the sludge from the water treatment stations can be an alternative source of manganese supply to compose the soil fertilizer matrix, being able to meet the demand of small producers, being an alternative for the destination of the waste generated in the water treatment process. supply that incorporates added value to the waste and encourages the reduction of environmental degradation in the production of fertilizers.

Keywords: Manganese. Agriculture. Treatment Plants of the Water. Sludge. Circular Economy.

1. INTRODUÇÃO

A destinação final adequada do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Águas (ETA) é fator fundamental para que um sistema de abastecimento atinja, integralmente seus objetivos de saúde pública, responsabilidade social e ambiental (DI BERNARDO; PAZ, 2008). As opções atuais mais viáveis, sob os aspectos ambientais, econômico, técnico e operacional são o uso agrícola e a disposição em aterro sanitário ou industrial licenciado (BITTENCOURT, 2014). Essas ações são previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) do Brasil, ao estabelecer que, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos deve ser considerada a ordem de prioridade seguinte: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e a disposição em aterro (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, várias alternativas são sugeridas para a destinação destes resíduos, como disposição em aterros ou Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), fabricação de cimento ou tijolos, cultivo de grama comercial, compostagem, produção de solo comercial, aplicações agrícolas, plantação de cítricos (TSUTIYA; HIRATA, 2011).

Dessa forma, o uso agrícola tem-se apresentado como potencial opção de destinação. Essa destinação proporciona benefícios à sociedade e ao ambiente, pois contribui para o cultivo de alimentos e para conservação do solo e da água (BITTENCOURT, 2014).

Para apresentar uma alternativa adequada é necessário conhecer as características do lodo da ETA, visando propor uma destinação final deste resíduo, de acordo com suas características (PORTELLA et al., 2003).

O lodo gerado no processo de tratamento de água subterrânea no município de Sengés/PR é rico em metais, com ocorrência de concentrações elevadas de ferro (Fe) e manganês (Mn), pois esta água possui elevada concentração de oxigênio dissolvido. Este lodo com concentrações significativas de ferro e manganês pode ter aplicabilidade como correção de micronutrientes do solo (DI BERNARDO E PAZ, 2008).

O resíduo da ETA para abastecimento público deste município apresenta elevado teor de manganês sendo considerado um resíduo de difícil disposição. Neste sentido, a análise técnica do uso deste resíduo como potencial fornecedor de minério de manganês para fertilizantes com aplicação na agricultura torna-o atraente, visto que, este é um micronutriente essencial para fotossíntese e importante para reduzir nitrato em nitrito nas plantas.

Analisar a concentração e quantidade de minério de manganês no resíduo gerado na ETA, apresentaria uma alternativa de destinação adequada ao modelo de economia circular para resíduos gerados nos processos de tratamento de águas de abastecimento.

2. OBJETIVO

A partir das considerações iniciais, o objetivo deste estudo é analisar a viabilidade técnica do uso na agricultura do lodo de estações de tratamento de águas com elevado teor de manganês no município de Sengés/PR.

3. METODOLOGIA

A coleta para o estudo foi efetuada em agosto de 2018, após a operação de descarga do decantador de lodo e ao final da bateria de lavagem dos filtros, a fim de que, pudesse verificar a ocorrência de concentração significativa de manganês na condição mais desfavorável, ou seja, o lodo estava em seu estágio inicial de adensamento.

Foram coletados cerca de 20 litros de lodo, acondicionado em um recipiente plástico, limpo, inerte e atóxico, posteriormente, levado para um laboratório para preparação da amostra a ser encaminhada ao laboratório de análise da composição do material para determinação do teor de elementos químicos presentes.

O material coletado foi levado ao laboratório físico-químico da estação de tratamento de esgoto do município de Ponta Grossa/PR, ETE-Verde, sendo este um dos laboratórios de referência da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

O material foi submetido à decantação lenta, por 24 horas. Após este período, o decantado, cerca de 10 litros, foram retirados com uma bomba de vácuo sob lâmina de água. O material sedimentado, cerca de 10 litros, foi submetido à secagem em estufa com temperatura de 130 °C, por 9 horas. A secagem resultou em cerca de 1 kg de material seco. Deste, foi retirada uma amostra de 50 g que foi submetida à queima em mufla, a 930 °C por 2 horas, a fim de, eliminar possíveis compostos orgânicos e sulfetos presentes na amostra que pudessem interferir na detecção do manganês. Em seguida, foi determinada e analisada a composição do material como fertilizante (amostras do material seco e do material queimado) através de absorção atômica. Estas análises foram terceirizadas. A preparação das amostras para o ensaio de absorção atômica seguiu o que determina o Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organominerais e Corretivos - SDA - Nº 28 de 27/07/2007, do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Este ensaio piloto não foi realizado em triplicata em virtude dos custos do mesmo e por se tratar de determinação piloto, porém contribuiu para formular condições de contorno para os ensaios efetivos.

Na etapa laboratorial, examinou-se:

- Determinação dos sólidos totais e sólidos fixos;
- Preparação da amostra a ser encaminhada ao laboratório de análise da composição do material, para determinação do teor de elementos químicos presentes;
- A amostra coletada foi acondicionada refrigerada a uma temperatura de 5,9 °C por uma semana após a coleta;
- O material foi submetido à decantação lenta por uma semana no refrigerador. Após este período, o decantado com cerca de 8 litros foi retirado com uma bomba de vácuo, sob lâmina de água.

O Sistema de Abastecimento de Água da sede urbana do município de Sengés é abastecido por três mananciais subterrâneos, onde o poço alfa (assim nomeado), apresenta elevada concentração de manganês requerendo tratamento específico, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Poço alfa



Fonte: Aatoria Própria (2020)

O poço contribui a maior vazão do sistema, tendo seu tratamento por oxidação química seguido de filtração com processo de oxidação catalítica. A água apresenta excesso de manganês para consumo humano, segundo classificação da Resolução Conama n. 357/2005 para seu enquadramento. A água bruta é recalçada do poço até à área da ETA. Na chegada é armazenada em um reservatório metálico, do tipo apoiado, circular e horizontal, com capacidade de 80 m³.

A filtração se dá no sentido descendente, sendo que os filtros operam em paralelo 14 horas por dia. A água filtrada é encaminhada por linha pressurizada para um reservatório de distribuição, do tipo metálico, apoiado, circular, vertical, com capacidade de 80 m³. Durante o tempo de operação dos filtros, ocorre o processo de lavagem dos mesmos, em virtude da saturação do material de recheio do filtro. Esta operação é efetuada de forma individual a cada 4 horas, ou seja, após 4 horas de operação é lavado o filtro mais saturado, e após 8 horas de operação é lavado o segundo filtro mais saturado e assim sucessivamente.

A operação de lavagem é efetuada a pressão de forma ascendente no filtro. Após a lavagem, o filtro ainda pressurizado drena o efluente do processo de lavagem (lodo fluidificado). Este efluente é encaminhado para a entrada do decantador de lodo. O tempo de detenção no decantador de lodo é de 48 horas, ou seja, a cada dois dias é efetuada a descarga parcial de um terço do volume do fundo cônico do decantador, a saber, 0,08 m³, que segue para a rede coletora de esgoto e, posterior, disposição na estação de tratamento de esgoto existente no município.

Não é aplicado nenhum outro produto químico, além do hipoclorito de sódio líquido da pré-oxidação, na água bruta do poço.

A Tabela 1 apresenta as características médias da água bruta do poço.

Tabela 1 – Características da água

Parâmetro	Média
Temperatura [°C]	17
pH	6,60
Turbidez [uT]	0,50
Cor aparente [uH]	2,50
Manganês [mg.L-1]	1,05
E. Coli [NPM.100mL-1]	< 1/100 mL
Coliformes totais [NPM]	< 1/100 mL

Fonte: Aatoria Própria (2020)

Como verificado os valores médios de manganês, o objeto deste estudo está muito acima do permitido pela legislação, que é 0,1 mg.L-1. Portanto, requer tratamento adequado para remoção do manganês.

Na sequência, os resultados do estudo são apresentados.

4. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados dos ensaios e cálculos realizados. Os resultados da análise de composição química para a amostra de material seco são apresentados nas Tabela 2 e 3.

A concentração de manganês detectada na amostra do material seco foi de 22,83%, considerando que esta amostra foi coletada na condição mais desfavorável do processo, ou seja, o lodo estava em seu estágio inicial de adensamento.

Tabela 2 – Determinação da composição química para o material seco 130° C

Parâmetro	Concentração	Unidade
Nitrogênio	0,04	%
Fósforo	0,15	%
Potássio	0,23	%
Cálcio	1,00	%
Magnésio	0,18	%
Enxofre	0,06	%
Ferro	3,49	%
Manganês	22,83	%
Zinco	0,60	%
Boro	15,04	mg/Kg
Cobre	30,95	mg/Kg

Fonte: Autoria Própria (2020)

Tabela 3 – Determinação da composição química para o material queimado 930°C

Parâmetro	Concentração	Unidade
Nitrogênio	0,05	%
Fósforo	0,29	%
Potássio	0,53	%
Cálcio	2,02	%
Magnésio	0,39	%
Enxofre	0,17	%
Ferro	7,63	%
Manganês	53,24	%
Zinco	0,62	%
Boro	35,14	mg/Kg
Cobre	70,78	mg/Kg

Fonte: Autoria Própria (2020)

A concentração de manganês detectada na amostra do material queimado foi de 53,24%, quantidade relevante, considerando a amostra, após a queima, isenta de possíveis compostos orgânicos e sulfetos, que pudessem interferir na detecção do manganês.

Em adição, a concentração de manganês no material queimado fica ainda mais evidente pela ausência dos orgânicos que estão presentes no material seco. Na sequência, a Tabela 4 apresenta os resultados da determinação de sólidos totais.

Tabela 4 – Determinação de sólidos totais

Amostra	Cápsula vazia [g]	Cápsula material sedimentado úmido [g]	Cápsula material seco [g]	Material sedimentado úmido [g]	Material seco [g]	Sólidos Totais [g/L]	Sólidos Totais [%]
1	88,041	139,883	92,899	51,842	4,858	323,877	9,37
2	72,598	121,122	77,213	48,524	4,614	307,620	9,51
3	73,639	140,403	79,841	66,764	6,202	413,467	9,29
Média	78,093	133,803	83,318	55,710	5,225	348,321	9,39

Fonte: Autoria Própria (2020)

A determinação dos sólidos totais se faz necessário devido a importância do mesmo na análise do potencial de geração de minério rico em manganês para o uso agrícola como fertilizante. Neste caso, verifica-se que a produção de lodo seco, para análise química de concentração de manganês, sendo um pouco mais de 9% do lodo úmido.

A Tabela 5, apresenta os resultados da determinação de sólidos fixos.

Tabela 5 – Determinação de sólidos fixos

Amostra	Cápsula vazia [g]	Cápsula material seco [g]	Cápsula material queimado [g]	Material seco [g]	Material queimado [g]	Sólidos Fixos [g/L]	Sólidos Fixos [%]
1	13,004	13,307	13,278	0,303	0,274	91,20	90,36
2	13,795	14,094	14,061	0,300	0,267	88,867	89,02
3	14,554	14,894	14,861	0,340	0,307	102,233	90,21
Média	13,784	14,098	14,067	0,314	0,282	94,100	89,85

Fonte: Autoria Própria (2020)

A determinação dos sólidos fixos determina a real quantidade de minério que estará presente no produto final. Da análise, verifica-se que, em média, 89,85% do lodo queimado é classificado como sólidos fixos, ou seja, agregado mineral.

A seguir, os resultados da análise de composição química da amostra do material seco através de absorção atômica são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Determinação da composição química

Parâmetro	Concentração Amostra 1	Concentração Amostra 2	Concentração Amostra 3	Unidade
Nitrogênio	0,26	0,25	0,26	%
Fósforo	0,25	0,25	0,25	%
Potássio	48889,42	4644,28	4732,02	mg/Kg
Parâmetro	Concentração Amostra 1	Concentração Amostra 2	Concentração Amostra 3	Unidade
Cálcio	14193,82	14609,33	13660,30	mg/Kg
Magnésio	1419,52	1395,51	1390,59	mg/Kg

Enxofre	880,90	847,77	858,77	mg/Kg
Ferro	7,30	7,20	7,16	%
Manganês	46,98	45,49	43,55	%
Zinco	0,56	0,56	0,56	%
Boro	ND	ND	ND	mg/Kg
Cobre	59,54	59,54	60,34	mg/Kg

Fonte: Autoria Própria (2020)

A concentração média de manganês, detectada na amostra do material seco, foi de 45,34%, quantidade significativa, considerando a potencialidade do agregado mineral como fonte de minério concentrado fornecedor de micronutriente manganês.

A avaliação da potencialidade de concentração de minério de manganês para compor matriz de fertilizante são relatados a seguir.

Os resultados da avaliação da potencialidade, considerando a produção de 101,4 Kg de lodo seco/mês, foram dadas da seguinte forma: considerando que 45,34% do lodo seco é manganês, ou seja, dos 101,4 Kg de lodo seco 45,98 Kg é manganês, como a recomendação de aplicação é de 350 g/ha de manganês diluído em água, chega-se a um valor de 131,37 hectare por mês, como pode ser visto na Tabela 7.

Tabela 7 – Determinação da área de aplicação na lavoura de soja.

Parâmetro	Concentração média (%)	Quantidade de manganês equivalente (Kg/mês)	Parâmetro de Controle (g/ha)	Potencial aplicação de manganês (ha/mês)
Manganês	45,34	45,98	350,00	131,37

Fonte: Autoria Própria (2020)

A análise dos resultados da Tabela 7, verifica-se que o lodo seco tem potencialidade de fornecimento de manganês para compor a matriz de fertilizante, para atendimento de uma área de 131,37 ha/mês de plantação de soja com deficiência de manganês.

A seguir, discussões a cerca do estudo são apresentadas.

5. DISCUSÕES

O Brasil ocupa a quarta posição dos países consumidores de fertilizantes, atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos, porém 68% dos insumos consumidos na agricultura são importados (TAVARES; HABERLI, 2016).

Dentro do quadro de produção de grãos, observando apenas a área de plantio de soja no Estado do Paraná, sendo o segundo maior produtor de soja, segundo maior produtor de milho, maior produtor de trigo e maior produtor de feijão do Brasil (IBGE, 2019). Isto faz do Paraná um dos maiores consumidores potenciais de fertilizantes do Brasil.

Portanto, os valores calculados de lodo produzido na ETA são inexpressivos em relação à demanda na fabricação de fertilizantes necessários para sua utilização na agricultura. Por exemplo, a utilização do lodo na fabricação de fertilizante seria de grande interesse para uma pequena empresa de fertilizante da região dos Campos Gerais, já que grande parte disso é importado de outros países. Essa quantidade pequena de lodo poderá ter outras aplicações que demandem menores quantidades de fertilizantes como, agricultura orgânica (como pó de rocha); agricultura familiar, na fabricação de substrato para mudas de plantas ou viveiros florestais; substrato para grameiras; recuperação de solo estéreis e outros.

Outro aspecto importante que deve ser tratado com relação ao ganho obtido com a destinação do lodo na agricultura é o custo com acondicionamento e disposição do lodo no solo, feito pelas empresas de saneamento. Pois a destinação adequada dos lodos produzidos nos tratamentos de

água e esgoto, representam custos para as empresas de saneamento, pois parte destas empresas destina seus lodos para aterros que cobram das empresas pelo acondicionamento desses resíduos. O valor pago às empresas de aterros para tal serviço é colocado no custo total monetário para o tratamento da água e/ou esgoto. Mas não é só este custo monetário que deve ser lavado em consideração, também pode-se lembrar do custo ambiental e social.

Por exemplo, a Companhia de Saneamento do Paraná, tem destinado o lodo proveniente do tratamento de esgoto para agricultura sem custo ao produtor. A empresa trata o lodo, faz as análises necessárias para verificar a viabilidade de destinação como fertilizante, depois de garantida a total sanidade do fertilizante, transporta até as áreas previamente cadastradas para aplicação no solo. Isso gera um custo monetário, porém não é feita a cobrança deste serviço devido a empresa ainda não disponibilizar de condições adequadas em seus processos para cobrar pelo uso do lodo tratado como fertilizante, em uma visão de produção e comercialização.

No entanto, é uma solução economicamente viável e ambientalmente vantajosa para empresa no sentido da redução dos custos no tratamento de esgoto.

Avaliando a demanda de fertilizantes no mercado e a destinação adequada do lodo da estação de tratamento de água, em atendimento a legislação ambiental verifica-se a possibilidade da utilização deste material em diferentes ramos da agricultura e, desta forma, possibilitando uma redução nos custos das empresas de tratamento de água, observando os aspectos técnicos, econômicos, ambientais, sociais e políticos.

6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o lodo proveniente da ETA do município de Sengés apresenta elevada concentração de manganês. Algumas alternativas de fonte fornecedora de manganês para compor a matriz de fertilizantes se apresentam atrativas, considerando o atendimento de uma área de 131,37 ha/mês com deficiência de manganês, como atender a demanda de pequenos produtores da agricultura familiar ou produtores orgânicos.

Propondo assim, uma alternativa de destinação do resíduo gerado no processo de tratamento de águas de abastecimento (proveniente de abordagens voltadas a economia circular) e, deste modo, incorporando valor agregado (como a redução de custos) e minoração da degradação ambiental na produção e utilização de fertilizantes.

Contudo, a utilização deste material em outras culturas pode-se tornar interessante, considerando a necessidade do micronutriente de manganês para plantas em geral. Como recomendação de trabalhos futuros, a análise de potencialidade para lodos gerados em estações de tratamento de ciclo completo, estudo de isoterma e cinética de segregação do manganês, aplicação na agricultura orgânica incorporado como pó de rocha ao solo, substrato para mudas de plantas, viveiros florestais e a utilização por grameiras. Além disso, uma sugestão para produção de fosfato de manganês ($Mn_3(PO_4)_2$), empregado na cutelaria ou na produção de ligas alumínio-manganês (Al-Mn), que tem larga aplicação na fabricação de painéis e na fabricação de latas de alumínio para acondicionamento de bebidas.

7.

8. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada financeiramente pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

9.

10. REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, S. Gestão do Processo de Uso Agrícola de Lodo de Esgoto no Estado do Paraná: Aplicabilidade da Resolução CONAMA 375/06. Curitiba. 2014. Tese (Doutora em Engenharia), Universidade Federal do Paraná – UFPR.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 12.305, de 2 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2010.

DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. 1. ed. São Carlos: LDIBE, V. 1, 868p., 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2019.

PORTELLA, K. F.; ANDREOLI, C. V.; HOPPEN, C.; SALES, A.; BARON, O. Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna – Curitiba – Pr. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville, 2003.

TAVARES, M.; HABERLI JR, C. O Mercado de Fertilizantes no Brasil e as Influências Mundiais, 2016.

TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa. Anais eletrônicos I-025, João Pessoa: ABES, 2001.