

TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO POR MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS

Aluno: Bruna Mirabella Tonarque – brunatonarque@hotmail.com; Luan Giannasi Silva – luangiannasi@gmail.com; Marcella Cavalcante Zeron – marcellaczeron@gmail.com; Michelle Jennifer Madureira Ramos – michellemramos96@gmail.com; Raissa Parmeziani Pertrini – raissaparmeziani@outlook.com **Orientador:** Prof^a Dr. Fernanda Guerreiro Rossi Higa – rossif@fei.edu.br

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A quantidade de água utilizada no desenvolvimento das atividades humanas, está sofrendo um aumento significativo ao longo dos anos no Brasil. Embora o país possua uma grande disponibilidade hídrica, o contato com poluentes específicos em um corpo hídrico ou lençol freático causa uma relevante contaminação, necessitando de recursos para o tratamento dessa água e um impacto ambiental negativo. Segundo dados do Instituto Trata Brasil, atualmente existem 2,4 bilhões de pessoas no mundo vivendo sem saneamento adequado e mais de 80% das águas residuais retornam ao meio ambiente sem tratamento. Aliado a isso, estudos de tendência atuais reforçam alguns pontos importantes nos negócios e na sociedade, como a escassez de recursos e a disponibilidade de um tratamento de efluentes adequado. Em 2050, segundo o Instituto Trata Brasil, estima-se que teremos 40% da população mundial vivendo em áreas com pouco acesso à água. A identificação e as soluções desses problemas exigirão novos insights, conhecimento, tecnologia e uso de abordagens inovadoras com a ajuda de mentalidades adaptáveis. A gestão desse bem essencial mudará mais nos próximos 20 anos, em comparação com os últimos 100 anos. Diante disso, novos modelos precisam ser desenvolvidos para enfrentar com sucesso esses desafios hídricos e o tratamento adequado de efluentes de toda a população nas próximas décadas. É com esse objetivo que o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um processo de tratamento de esgoto doméstico via térmica, que obtém como produto água potabilizável. Nesse contexto, os objetivos específicos são: utilizar a técnica de planejamento experimental para otimizar o número de ensaios laboratoriais necessários e obter as possíveis proporções de reagentes; Realizar análise externa de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para a obtenção do ponto ótimo dos reagentes utilizados no processo; Através do ASPEN PLUS, encontrar as condições de processo suficiente (pressão, temperatura, utilidades, entre outros) para garantir como resultado uma água potabilizável; Simulação via ASPEN PLUS do processo desenvolvido para obter o balanço térmico e análise energética do processo.

PROPOSTA NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

O trabalho proposto visa o desenvolvimento de um processo de tratamento de esgoto doméstico via térmica, sendo este um procedimento novo, com menor complexidade e utilizando apenas métodos físico-químicos. De maneira sustentável os resíduos ganham um destino apropriado, como a geração de calor para as outras operações unitárias utilizadas, e ao final do processo pode-se obter como produto uma água potabilizável. A importância dessa nova proposta de tratamento de efluentes sem o uso de processos biológicos se deve ao fato de que esses processos, como anteriormente visto, tem como desvantagens a necessidade de um pós tratamento para se adequar as resoluções ambientais, além de, gerar odor desagradável, ter a necessidade de uma área muito grande, incompleta remoção de nutrientes e patógenos, lentidão no processo inicial do tratamento e geração de grande quantidade de resíduos como o lodo. Para otimizar o desenvolvimento do processo, reduzir custos com testes e obter respostas estatisticamente confiáveis, a técnica de planejamento experimental é uma importante metodologia a ser utilizada.

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Com a finalidade de otimizar o número de ensaios em laboratório e reduzir a quantidade de material gasto para a obtenção do ponto ótimo, foi realizado um planejamento experimental. No presente trabalho, utilizou-se o planejamento experimental (DOE) no software estatístico Minitab, onde foram empregadas as duas variáveis (fatores): cal e carvão ativado. Estipulou-se também que o experimento seria feito em triplicata para diminuir o erro experimental intrínseco ao ensaio e com isso possibilitou a escolha de 2 a 15 fatores. Com isso, o software mostrou que o mais indicado para dar sequência aos experimentos, seria 12 testes levando em consideração as quantidades de reagentes determinadas na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Quantidades de Cal e Carvão Ativado determinados pelo software.

Amostra	StdOrder	RunOrder	Cal (g)	Carvão Ativado (g)
1	10	1	80	1
2	5	2	20	1
3	8	3	80	10
4	2	4	80	1
5	3	5	20	10
6	11	6	20	10
7	1	7	20	1
8	9	8	20	1
9	7	9	20	10
10	4	10	80	10
11	6	11	80	1
12	12	12	80	10

Fonte: Autores

Assim obteve-se a quantidade de reagentes (Cal virgem e Carvão ativado) que foram utilizados em cada um dos ensaios. Devido a situação de pandemia do COVID-19, foi necessário produzir o esgoto sintético para os ensaios laboratoriais.

COMPOSIÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

No geral, o esgoto doméstico é constituído aproximadamente por 99,9% de água e 0,1% de sólidos. Esses sólidos pertencem às características físicas do esgoto, e devido ao volume e acúmulo nas estações de tratamentos podem representar um grande problema. Nas características químicas, os sólidos que se encontram nos esgotos domésticos apresentam cerca de 70% de matéria orgânica e 30% de matéria inorgânica. Os constituintes orgânicos contêm: carboidratos de 25 a 50% (rico em celulose proveniente de alimentos e produtos de higiene); moléculas sintéticas (provenientes de produtos de higiene, remédios e produtos de manutenção); óleos e gorduras de 8 a 12%; e proteínas de 40 a 60%. Já os constituintes inorgânicos contêm fósforo na forma de ortofosfato e polifosfatos, dióxido de carbono, água, cloretos e amônia. Com base na composição do esgoto sintético, foram utilizados dados reais de processo fornecidos por uma

empresa de tratamento de esgoto doméstico do ABC em São Paulo, com proporções das substâncias encontradas no esgoto e convertido em reagentes, como mostra a Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Relação dos componentes do esgoto sintético com os reagentes utilizados.

Componentes	Reagente	Média	%Composição	Quantidade para 1L de água (g)	Quantidade para 15 amostras (g)
Cl	NaCl	125,43	0,0116	0,1160	1,74
O & G	Óleo (96%) - Óleo de cozinha LIZA®	21,85	0,0022	0,0208	0,31
	Gordura (4%) - Bacon		0,0031	0,0009	0,01
N-Amomiacal	NH4Cl	25,40			
	Urea	75,20	0,0079	0,0310	0,47
N-Organico	Sólido em pó de lavar roupa - OMO®	7,34	0,0008	0,0790	1,19
	Sólido em pó de máquinas de lavar roupas - QUALITA®	4,64	0,0018	0,0080	0,12
P	Papel higiênico	500,00	0,0500	0,0180	0,27

Fonte: Autores

*Foi utilizado 96% de óleo, pois sabe-se que mesmo sendo um líquido viscoso ele passa pelas grades de retenção. Foi utilizado 4% de gordura, pois sabe-se que por ser sólida a maior parte dela foi retida nas grades de retenção.

Após a escolha dos reagentes para a formulação do esgoto sintético, foi iniciado no laboratório o seu desenvolvimento e tratamento do mesmo para a obtenção do ponto ótimo. Foi realizado a homogeneização dos reagentes para 1L de esgoto e realizado a adição de cal e carvão predeterminada pelo Minitab e filtrado com o auxílio de um filtro à vácuo. Assim, foi enviado as amostras para análise externa de DBO no Senai e foi obtido os resultados da Tabela 3 abaixo.

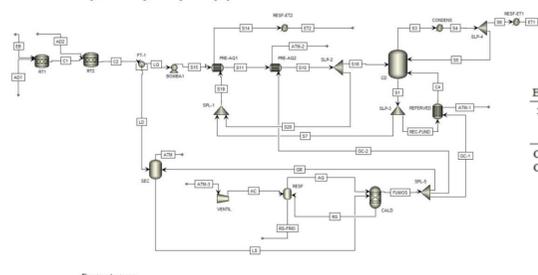
Tabela 3 - Resultado de DBO para cada amostra.

Amostra	Cal virgem (g)	Carvão (g)	DBO (mg/L)
1	80	1	3,48
2	20	1	6,15
3	80	10	6,12
4	80	1	5,42
5	20	10	5,2
6	20	10	5,45
7	20	1	5,26
8	20	1	5,6
9	20	10	23,14
10	80	10	6,58
11	80	1	7,36
12	80	10	10,68

Fonte: Autores

Com isso foi realizado uma análise estatística com o Minitab e levando em consideração que o carvão ativado é importante na adsorção das impurezas e parte essencial para realizar a queima do lodo no processo, deve-se utilizar uma quantidade de CaO suficiente para reduzir a DBO sem prejudicar a quantidade de calor obtida na queima do lodo. Assim, o ponto ótimo deve ser o equilíbrio do carvão e de CaO sem prejudicar a DBO. Utilizou-se a equação de regressão em unidades codificadas, que mostra de forma numérica uma prolongação do gráfico de contorno e o ponto ótimo de operação foi de 30 gramas por litro de Carvão Ativado e 136 gramas por litro de CaO. Com isso foi realizado a simulação no software ASPEN PLUS, onde foi adicionado o esgoto bruto, as correntes de cal e carvão e realizado uma filtração, com isso, a corrente se dividiu em duas. A de sólidos onde o mesmo foi queimado e gerado energia aos pré aquecedores e ao fundo da coluna de destilação, e a corrente de líquido que foi aquecida até 120° C eliminando qualquer microrganismos e agentes patogênicos, e enviada a coluna de destilação, obtendo-se a água pura e potabilizável (ET1) e a água de reuso (ET2) mostrada na Figura 1 e as correntes de entrada e saída na Figura 2.

Figura 1 - Fluxograma do processo proposto realizado no ASPEN PLUS



Fonte: Autores

Figura 2: Variações de Entrada vs Variações de saída



Fonte: Autores

CONCLUSÕES FINAIS

Conclui-se que os objetivos traçados anteriormente foram alcançados e comprovados positivamente, pois foi desenvolvido um processo de tratamento de esgoto doméstico viável e eficiente. O esgoto sintético utilizado possui os mesmos parâmetros de um esgoto real, sendo 70% de matéria orgânica e 30% de matéria inorgânica, isso pode ser concluído pois o esgoto sintético resultou em um valor de DBO igual a 109,23 mg/L sendo este similar ao encontrado em uma estação de tratamento de esgoto no ABC, que em média obtém uma DBO de 198,11 mg/L para o esgoto bruto. Depois do esgoto tratado, foi obtido um valor de DBO de 4,92 mg/L, sendo tão bom quanto o da empresa que é de 11,63 mg/L. Com isso, o processo obteve-se 95,50% de redução de DBO no esgoto sintético estudado comprovando sua viabilidade. À partir do estudo do balanço térmico e análise energética do processo, foi analisado as temperaturas ideais de operação garantindo a energia necessária, já que os fumos advindos da queima do lodo são reutilizados em outras etapas, como forma de gerar o calor para o funcionamento do processo. Além disso, foi constatado que todos os produtos residuais podem ser descartados sem agredir o meio ambiente, reaproveitados ou convertidos em receita. O resíduo sólido (RS) pode ser encaminhados para o segmento de agricultura para reutilizá-lo como fertilizante ou descartado em aterros sanitários sem haver contaminação. A ET2 é considerada como água em categoria de reuso e pode ser classificada como classe dois, por apresentar uma DBO inferior a 5mg/L. Pode ser reutilizada em locais públicos, descartada em rios e até ser destinada ao abastecimento humano após tratamento convencional. Ao fim do processo recupera-se 66,14% de água em relação ao esgoto bruto. E a ET1 que além de ser uma água potabilizável é também uma água com 100% de pureza, que pode ser destinada para consumo humano após tratamento simplificado de potabilidade. Ao fim do processo obteve-se um excelente rendimento de 18,30% em relação ao esgoto bruto.