

# **ECOEFIÊNCIA NA GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS(ETE): ESTUDO DE CASO NA ETE PARQUE NOVO MUNDO**

**Fabio Richard Flausino**  
**fabiorflausino@gmail.com**  
**UNINOVE**

**Carlos Augusto Borges da Silva Borges**  
**carlosborges219@gmail.com**  
**UNINOVE**

**Walter Augusto Varella**  
**varella@ifsp.edu.br**  
**IFSP**

**Geraldo Cardoso de Oliveira Neto**  
**geraldo.prod@gmail.com**  
**UNINOVE**

**Resumo:**A utilização da ecoeficiência está diretamente conectada ao tripé da sustentabilidade (meio ambiente, sociedade e economia), sendo considerada uma ferramenta útil para otimizar processos e propor soluções que apoiam o desenvolvimento em processos que estão conectados as demandas atuais de economia e preservação do meio ambiente, diante desta constatação o saneamento básico possui imprescindível papel neste contexto. A empresa selecionada para utilização neste estudo de caso foi a Companhia de Saneamento de São Paulo, que é uma sociedade anônima de economia mista fundada em 1973 e atualmente é responsável pelo fornecimento de água, coleta e tratamento de esgotos em 375 municípios do Estado de São Paulo. É considerada uma das maiores empresas de saneamento do mundo em população atendida. São 28,1 milhões de pessoas abastecidas com água e 24,5 milhões de pessoas com coleta de esgotos. A empresa é responsável por cerca de 30% do investimento em saneamento básico feito no Brasil. Para o período 2020-2024, planeja investir aproximadamente R\$ 20,2 bilhões, com foco na ampliação da disponibilidade e segurança hídrica, sem prejuízo dos avanços conquistados nos índices de coleta e tratamento de esgotos. O processo de tratamento de esgotos está diretamente conectado as questões de sustentabilidade, pois abrange questões econômicas, sociais e ambientais,

sendo que a disponibilização de dados oficiais permite a pesquisadores, sociedade e investidores observarem os custos e insumos inseridos e requeridos para o desenvolvimento com qualidade do processo. A partir da análise de dados oficiais disponíveis, observou-se nesse trabalho características que apresentam a utilização da ferramenta de P+L (produção mais limpa) para ecoeficiência como base para o desenvolvimento sustentável no que tange ao tratamento de esgotos e a um dos principais insumos inseridos no contexto, a energia elétrica utilizada no processo.

**Palavras Chave: Ecoeficiência - Gestão Energética - ETE - -**



## 1 - INTRODUÇÃO

Os esforços para aprimorar a eficiência energética em estações de tratamento de esgotos (ETE's), observa-se que a otimização do processo de aeração é considerada um ponto fundamental, haja visto que demanda alta intensidade de utilização energética. Sendo assim, apresentar soluções e melhorias nas tecnologias de sopradores de aeração torna-se uma estratégia para controle deste processo, oferecendo perspectivas para redução no consumo de energia elétrica para a operação de aeração.

Os custos com energia elétrica estão entre as maiores despesas verificadas para disponibilização de saneamento básico, e o consumo com energia elétrica no que tange ao recalque e tratamento de esgotos, representam 19% do total destes custos apurados pela companhia de saneamento utilizada no estudo de caso observado neste trabalho.

O conceito de sustentabilidade vem sendo inserido na pauta das empresas de todos os segmentos se faz presente na verificação dos recursos disponíveis para realizar o tratamento efetivo dos efluentes gerados pelos processos de fabricação, abrindo o leque para que as empresas observem a necessidade de minimizar impactos ambientais, além da diminuição de custos, reaproveitamento e/ou reciclagem de insumos e agregar valor ao produto final com a correta disposição e eficiência dos processos de tratamento destes efluentes.

Diante da necessidade de aprimoramento e melhoria contínua, o conceito de eco eficiência e suas ferramentas, são utilizados em inúmeras aplicações do processo de tratamento de efluentes, observando os avanços tecnológicos pertinentes ao tema e o contexto do que se define como conservação de energia e aplicação eficiente dos recursos dispostos para realizar o processo de tratamento (XIAO, et.al., 2018).

Apesar das observações levantadas, em países em desenvolvimento a defasagem da energia e a necessidade de maior disposição dos serviços de saneamento básico, acabam por caminhar lado a lado, o que conduz esse estudo no sentido de apresentar situações em que a utilização de métodos de ecoeficiência tende a melhoria no processo de tratamento de esgotos e permitem elaborar processos sustentáveis inseridos na cadeia de processamento de tratamentos de esgotos (VASCONCELOS, 2019).

A verificação da análise dos impactos que a energia elétrica possui sobre o saneamento básico, no que tange aos custos para o processo de tratamento de esgotos, nos traz a seguinte pergunta de pesquisa: *“Quais os benefícios ambientais e econômicos da adoção da Produção mais Limpa em uma ETE?”*

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um estudo de caso em uma estação de tratamento de esgotos (ETE), que após análise e aplicação de práticas de Produção mais limpa (P+L) apresentando benefícios ambientais e econômicos na operação.

A escolha pelo estudo da ecoeficiência em uma ETE, vem ao encontro dos aspectos da sustentabilidade que estão implícitos nas questões de tratamento de esgotos, ou seja, observa-se que a eficiência de uma ETE está diretamente ligada aos três pilares da sustentabilidade (economia, sociedade e meio ambiente).

Na economia a realização de um tratamento eficiente dos esgotos e o reaproveitamento ou reutilização das águas tratadas, assim como dos insumos utilizados e dos subprodutos gerados (gases, lodo), permitem observar a melhoria dos aspectos econômicos das empresas responsáveis pela operação e gestão das ETE's

Para o meio ambiente, observa-se que a disposição para os rios de água tratada, de acordo com os parâmetros de qualidade descritos pela legislação, possibilita a restauração da vida aquática.

A sociedade obtém com recebimento de serviços de saneamento adequados e verificação da melhoria das condições dos rios, sendo caracterizado pelo aprimoramento de aspectos paisagísticos e de saúde pública.

A realização de melhorias em processos de saneamento pode ser verificada em aspectos multidisciplinares (engenharia ambiental, mecânica e elétrica), observando questões que se correlacionam e desenvolvendo novos processos e procedimentos na busca pelo crescimento sustentável.

Dentre as ferramentas aplicáveis ao processo de melhorias associados em estações de tratamento de esgotos, destaca-se pelo propósito de economia de energia e melhoria na sustentabilidade do processo, a produção mais limpa (P+L) que está associada a racionalização das técnicas de produção e a responsabilidade financeira que a sua aplicação viabiliza (WERNER, et.al., 2009).

O presente trabalho possui uma introdução com a justificativa da necessidade de melhoria na eficiência da utilização de energia elétrica em ETE's, levantamento bibliográfico do estado da arte no que tange a estudos de ecoeficiência em ETE's, seguindo como método de pesquisa um levantamento exploratório e um estudo de caso que a partir do levantamento de dados secundários demonstra os resultados obtidos pelo trabalho, finalizando com discussões e a necessidade de pesquisas mais robustas para o desenvolvimento de tecnologias e processos mais sustentáveis para tratamento de esgotos.

## **2 - REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 – Eficiência em estações de tratamento de esgotos**

Os impactos inseridos na operação de uma estação de tratamento de esgotos podem ser verificado pelo consumo dos diversos recursos naturais necessários a sua operação (água, energia, combustíveis), diante desta constatação a necessidade de práticas sustentáveis para minimizar esses impactos, tem sido percebidas pela sociedade, com o intuito de melhorar a percepção que todas as partes interessadas (operadores do sistema, acionistas, órgãos ambientais e sociedade civil) possuem do processo, além de aprimoramento de indicadores relacionados a sustentabilidade (SU, CHIANG, PAN, *et.al.*, 2019).

Analisando os dados disponibilizados pelo SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento), assim como análise de relatórios da ARSESP (Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de São Paulo) apresentam um custo com energia de R\$ 868.711,00 em 2017, o que representa 14,5% do total de despesas da companhia de saneamento do estado de São Paulo, a observação deste aspecto permite avaliar a necessidade de estudos para redução e otimização da energia elétrica em estações de tratamento de esgotos, com intuito de gerir e melhorar a eficiência energética na operação de tratamento (SANTOS, 2017).

A ecoeficiência das ETE's possui relação direta com custos de operação e manutenção, além da intrínseca melhoria no aumento da remoção de poluentes e na contínua eficiência na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), observa-se a necessidade de métodos robustos para analisar a ecoeficiência das ETE's e fundamentalmente o alcance da sustentabilidade (ALIZADEH, *et.al.*, 2020).

Observa-se na prestação dos serviços de saneamento básico que o consumo de energia possui impacto na sustentabilidade do processo, entre outros aspectos pelo crescimento da população atendida e a ampliação de municípios da base operada tornando o consumo total de energia elétrica crescente ao longo do tempo, sendo diversas vezes as questões de ecoeficiência não consideradas na avaliação das ETE's (SOUZA, *et.al*, 2021).

## 2.2 – Energia utilizada em estações de tratamento de esgotos

A análise do impacto que a energia elétrica possui sobre estações de tratamento e esgotos (ETE), podem determinar ações que indicam que os custos por metro cúbico de esgoto tratado estão diretamente relacionados aos processos e procedimentos adotados durante a realização do tratamento (SANTOS, 2018).

Fundamentalmente as ETE's instaladas na RMSP (região metropolitana da cidade de São Paulo) foram dimensionadas de acordo com as características da região em que estão implantadas, considerando aspectos operacionais e a qualidade do esgoto que recebem, preterindo a questão do eco eficiência em um primeiro momento (GALVÃO JUNIOR, 2006).

Observa-se a necessidade do dimensionamento das ETE's, serem elaboradas com as devidas considerações para adequação e utilização da ecoeficiência desde a concepção, pois além da eficiência do tratamento deve-se observar o consumo de energia, assim como, determinar processos que sejam sustentáveis, objetivando menor gasto, reaproveitamento e reutilização de todos os insumos e rejeitos gerados no processo (MOLINOS-SENANTE, et al 2012).

A implementação de novos sistemas de tratamento propicia a mitigação dos impactos ambientais, fomentando a geração de energia e a economia dos recursos utilizados no processo de tratamento de esgotos, muito embora estudos ainda sejam escassos, observa-se na literatura a aplicação de combinações de tecnologias (por exemplo, materiais à base de carbono como catalisadores, foto catálise heterogênea etc.) (PESQUEIRA, *et.al*, 2020).

Observa-se que a economia pode ser ampliada a partir da geração e disponibilização de água de reuso para processos internos ou externos ao das estações, reduzindo custos, atendendo aos padrões legais de lançamento dos efluentes gerados durante o tratamento e fundamentalmente promovendo a sustentabilidade do processo. (LEITE & OLIVEIRA NETO, 2018).

## 2.3 – Ecoeficiência em estações de tratamento de esgotos

A eficiência da recuperação de energia no sistema de tratamento de esgotos vem sendo aplicada em ETE's na Alemanha onde os impactos ambientais de todo o sistema são avaliados na busca por oportunidades de melhorias. Os custos operacionais e de manutenção foram considerados em um estudo de caso na ETE GRUNECK, localizada a 30 km de Munique, onde observou se que a melhoria da tecnologia, permite o aprimoramento na ecoeficiência pela adoção de equipamentos mais modernos (MACINTOSH, et.al., 2019).

Um trabalho de pesquisa apresentado na Finlândia a partir de estudos sobre a influência da aeração em estações de tratamento nos custos energéticos e na eficiência do processo, demonstrou que a melhoria na eficiência energética, está diretamente relacionada ao aprimoramento no sistema de aeração em estações de tratamento, o estudo demonstra que os custos energéticos podem ser minimizados e a eficiência do tratamento dos esgotos tende a ser alavancada pela adoção de equipamentos mais eficientes no processo de aeração (PÖIRI, 2020).

Finalmente, observa-se que métodos físicos podem ser aplicados sobre agentes químicos para o tratamento avançado e disponibilização de energia mais limpa que devem ser utilizados para minimizar impactos ambientais. A eficiência da recuperação de energia no

sistema de disposição de lodo em ETE's é fundamental para o impacto ambiental além de oferecer oportunidades de melhorias (LIU, *et.al.*, 2021).

## **2.4 – Produção mais limpa (P+L) em estações de tratamento de esgotos**

Utilizada como ferramenta de ecoeficiência, a Produção mais limpa (P+L) é considerada uma estratégia preventiva que pode ser aplicada a processos, produtos e serviços, com intuito de minimizar impactos e riscos ao meio ambiente, sendo eficaz em ações para economia de energia, matéria-prima, geração de resíduos e emissões poluentes a partir de pequenas mudanças nos processos produtivos e nas práticas operacionais para obtenção de benefícios econômicos, ambientais e em alguns casos sociais (COSTA, OLIVEIRA, 2017).

A aplicação da P+L observa que esforços dentro de um processo isolado dentro da atividade final podem ser verificados com o objetivo de redução de gastos, de insumos e melhoria na eficiência do trabalho a ser realizado (LEITE, OLIVEIRA NETO, 2018), podendo ser associado ao processo de tratamentos de esgotos devido as inúmeras etapas a que são necessárias até o descarte do efluente final tratado.

O respeito ao meio ambiente e o desenvolvimento sustentável pela aplicação de ferramentas como a P+L, estão diretamente conectados a necessidade de aprimoramento nos processos inseridos em uma estação de tratamento de esgotos, pois o processo possui impacto direto no meio ambiente (água tratada) e ao desenvolvimento sustentável (coleta e tratamento de esgotos e pagamento por serviços de saneamento básico), que se conectam pelos custos envolvidos no tratamento e com a participação da sociedade (PNUMA, 2017).

## **3 - MÉTODO DE PESQUISA**

A concepção deste estudo é fundamentada em levantamento descritivo exploratório, por meio de uma pesquisa qualitativa. Determinou-se a utilização de um procedimento exploratório pela familiaridade com o tema proposto (GIL, 2008), verifica-se que a disponibilidade e observação de dados a que se tem acesso, adequa a metodologia a formulação do contexto do tema.

A utilização do estudo de caso como método nesse estudo visa demonstrar dados de experimento realizado, apresentando uma estratégia de pesquisa poderosa para pesquisadores atingirem objetivos práticos e teóricos. assim como, oferece subsídios para que levantamentos mais aprofundados sejam realizados sobre o tema proposto no contexto apresentado, assumindo questões práticas e em uso por determinado campo de observação (YIN, 2013)

Os dados secundários apresentados para a realização deste estudo de caso, foram pesquisados em informações abertas ao público, apresentados pela companhia de saneamento responsável pela operação da estação de tratamento de esgotos e levantamento, observação e análise de dados em empresas que regulam o consumo energético e os aspectos técnicos dos equipamentos apresentados e dialogam com referencial de ecoeficiência, permitindo a análise da sustentabilidade verificada no processo de tratamento de esgotos (BORGES & SILVA, 2019).

A partir da concepção do estudo de caso proposto, este artigo apresenta revisão bibliográfica que justifica a utilização do método, apresentando estudos correlacionados e aplicação de ferramentas da ecoeficiência, assim como cálculos fundamentados na metodologia Bottom-up do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas para quantificar as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da geração de energia elétrica consumida, assim como demonstrando pelo cálculo de retorno de investimentos (ROI).

O ROI que é um indicador de desempenho que pode avaliar o investimento e a viabilidade de aplicação da P+L na operação de ETE's, é calculado da seguinte forma:

$$ROI = (Ganho\ obtido - Quantia\ gasta\ com\ o\ investimento) / Quantia\ gasta\ com\ o\ investimento$$

### 3.1 – Área de estudo

A apresentação dos resultados obtidos pelo levantamento de dados pesquisados, observa os dados anteriores e posteriores à implantação de metodologia de eco eficiência na estação de tratamento de esgotos do Parque Novo Mundo (ETE PNM). A ETE utilizada neste estudo de caso é operada pela companhia de saneamento básico do estado de São Paulo, e atende a população da RMSP (Região Metropolitana de São Paulo).

A ETE PNM localizada na região Norte da cidade de São Paulo foi inaugurada em junho de 1998 e foi projetada para atender 1.200.000 habitantes. O processo de tratamento adotado nessa ETE é de lodo ativado por alimentação escalonada, com grau de eficiência de cerca de 90% de remoção de carga orgânica, medida em DBO (demanda bioquímica de oxigênio), conforme figura 1.

## 4 - RESULTADOS

A economia de energia elétrica está relacionada a diminuição na emissão de gases do efeito estufa (gerados durante a produção), além da diminuição dos gastos efetivos com a energia propriamente dita. Outro aspecto de relevância ao adotar a eficiência energética é a possibilidade de melhoria no processo.

### 4.1 – Estudo de caso

O levantamento e observação de dados secundários, foram realizados em informações da companhia de saneamento básico que opera o serviço na cidade de São Paulo, a ETE Parque Novo Mundo, na capital paulista, desenvolve um estudo para a substituição do atual parque de sopradores por máquinas que consomem 23% menos energia e que aumente a produção de ar, objetivando atender as previsões de maior de demanda de tratamento e a qualidade final do esgoto tratado.

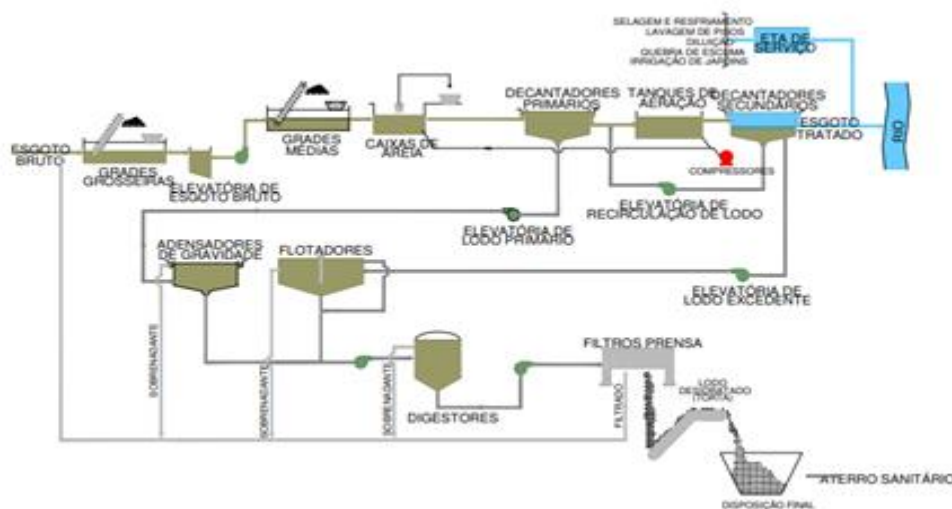


Figura 1 – Fluxograma do processo de tratamento na ETE Parque Novo Mundo

Fonte: SABESP (2006)



Sendo assim, observa-se na gestão energética das estações de tratamento, algumas ações que visam a melhoria contínua e a eficiência dos processos buscando um controle sistemático, a capacitação da mão de obra e a introdução de novas tecnologias e mecanismos que viabilizem um processo mais sustentável.

A análise do processo de tratamento de esgotos e a necessidade de melhoria contínua na busca pela eficiência energética sustentável, verificou que o aprimoramento na fase de aeração, pode trazer benefícios técnicos e financeiros pela otimização da tarefa com menor gasto de energia elétrica. Diante desta constatação, estudos foram realizados para buscar novas tecnologias que atendam às necessidades do processo e da empresa.

O objetivo traçado para atingir a melhoria da eficiência energética verifica a necessidade de: Remoção do material sedimentado no fundo dos tanques (2800 ton/três tanques); Substituição de 12.500 difusores de ar (um difusor de ar ou membrana difusora, é um aparato tipicamente utilizado nas formas de disco, tubo ou placa, usado para transferir o ar (oxigênio), nos sistemas de tratamento de esgoto ou efluente industrial. O oxigênio é necessário aos microrganismos/bactérias presentes na água, para digerir os contaminantes e carga orgânica); Revisão em todo sistema de tubulação de distribuição de ar; Revisão dos Sopradores; Implantação de sistema de controle automático; medidor de OD (Oxigênio dissolvido).

Dentre as ações propostas pela empresa para melhoria da eficiência energética, neste trabalho iremos apresentar os resultados das ações que tangem a troca dos Sopradores.

O tratamento de esgoto por meio da aeração com sopradores se dá de forma biológica e natural. Determinar o equilíbrio da vazão de ar na ETE permite controlar a quantidade exata de oxigênio.

As bactérias se alimentam de resíduos orgânicos, quebrando-os em dióxido de carbono, gás nitrogênio e água. Mas para realizar essa transformação, elas necessitam de oxigênio, por isso os sopradores acrescentam ar à mistura.

A garantia do equilíbrio em uma ETE, está diretamente relacionada a uma boa aplicação da utilização na vazão do ar utilizado no processo, ou seja, o equipamento deve oferecer um desempenho superior a 70%, este desempenho impacta diretamente nos custos. Os sopradores centrífugos, são mais eficientes do que compressores Roots, e o tempo médio de retorno financeiro está entre dois e três anos, sendo mais eficientes no que tange a energia e a aplicação em estações de tratamento de esgotos.

Vantagens do sistema de aeração por ar difuso:

Menor consumo de energia se comparado com sistemas tradicionais de injeção e dispersão de ar, como aeradores mecânicos flutuantes ou submersos; Melhor mistura e homogeneização do ar na massa biológica, aumentando o rendimento do sistema; Maior transferência de oxigênio por utilizar bolhas de ar finas e ultrafinas, aumentando dessa forma, o tempo e a área de contato entre o ar e a massa biológica; Não produz aerossóis, evitando o arraste pelo ar de material biológico; Facilidade de manutenção, sistema fornecido com soprador reserva, em caso de necessidade de parada da máquina, evitando redução no rendimento da planta; Maior vida útil dos materiais, difusores de alta qualidade e maior resistência do mercado, fabricados em Poliuretano;

A partir das análises, planejamento e ações realizadas, a empresa realizou um total de investimentos com a troca dos sopradores de sopradores, no valor de R\$ 26,7 milhões, gerando uma economia de 19% de energia (SABESP, 2018).

A tabela 1 apresenta a evolução na eficiência energética da estação de tratamento.



ETE PARQUE NOVO MUNDO			
ANO	2006	2007	2017
<b>PARÂMETRO</b>			
Demanda Contratada (kW)	3050	3000	2430
Vazão Média (l/s)	2087	2226	2602
Consumo médio de energia (mWh)	1773	1729	1400
Índice de eficiência (kWh/m <sup>3</sup> )	0,324	0,305	<b>0,205</b>

Tabela 1 – Elaborado pelo autor (Fonte: PMSP e SABESP, 2018)

A partir dos estudos e desenvolvimento das novas tecnologias de aeração, observa-se pelos resultados apresentados, a diminuição na demanda inicial e o consumo médio por energia elétrica contratado pela companhia de saneamento que opera as ETE's.

A análise realizada pela engenharia da companhia de saneamento demonstrou que a utilização de novos sopradores com a utilização de tecnologias avançadas possibilita uma economia acentuada nos custos com energia elétrica, paralelamente a redução no consumo em MWh, observa-se a melhoria no processo final, isto é, além dos novos equipamentos serem mais eficientes economicamente, eles possibilitam a aeração de um volume maior de esgotos, como é demonstrado pela aplicação da metodologia *Bottom-up* a seguir.

#### 4.2 - Benefício Ambiental

A energia elétrica possui influência em praticamente todos os aspectos relacionados a processos industriais, sendo um dos produtos imprescindíveis para realização de praticamente todos os trabalhos relacionados a tratamento de esgotos. Nos últimos anos a demanda de energia elétrica no Brasil tem apresentado crescimento constante, logo o aumento da eficiência energética promove uma redução na quantidade de energia utilizada e minimiza os impactos ao meio ambiente.

A utilização da metodologia *Bottom-up* do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas permite quantificar as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da geração de energia elétrica consumida. Utilizando a equação 1, verificada no manual de diretrizes para inventário nacional de GEE do IPCC (2006), será mensurado o nível de emissão de CO<sub>2</sub> da unidade consumidora.

Dados apurados no site do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MTIC)

$$\text{Equação 1: } Eco_2 = \text{Cons} * Fe$$

Onde:

$$Eco_2 = \text{Emissão de GEE (kgCO}_2\text{/dia)}$$

$$Fe = \text{Fator de geração, emissão FV (kgCO}_2\text{/KWh) *}$$

$$\text{Cons} = \text{Consumo de eletricidade KWh/dia}$$

Dados apurados no site do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Antes da troca dos sopradores tínhamos:

$$Eco_2 = \text{Cons} * Fe$$

$$Eco_2 = 3050 * 0,0960$$

$$Eco_2 = 292,80 \text{ kgCO}_2\text{/dia}$$

Após a troca dos sopradores:

$$Eco_2 = \text{Cons} * Fe$$

$$Eco_2 = 2430 * 0,0927$$

$$Eco_2 = 225,26 \text{ kgCO}_2/\text{dia}$$

A apresentação dos cálculos determina uma redução na emissão de GEE (gases do efeito estufa) de 67,54 kgCO<sub>2</sub>/dia, o que determina que o processo está minimizando impactos ambientais, causados pela emissão de CO<sub>2</sub>.

### 4.3 - Benefício Econômico

Os custos com energia elétrica representam 14,5% do total de custos apurados nos serviços relacionados a saneamento básico, não obstante a companhia de saneamento do estado de São Paulo é uma empresa de capital misto e possuía ações em bolsas de valores no Brasil e EUA, diante destas observações, a redução de custos é uma das prerrogativas para o desenvolvimento sustentável da empresa.

A implementação da nova tecnologia no tratamento de esgotos permitiu a empresa, obter significativa redução nos custos com energia na ETE PNM, conforme mostramos abaixo:

Custo da energia elétrica em 2009 – 230,28 R\$/KWh \*

Custo da energia elétrica em 2017 – 402,13 R\$/KWh \*

Reajuste de 57% na tarifa durante o período estudado, não foi aplicado ao valor os impostos inseridos na tarifa.

\*Fonte Aneel.

$$3050 \text{ KWh/mês} * 230,28 = \text{R\$ } 702.354,00 / \text{KWh/mês}$$

$$2430 \text{ KWh/mês} * 230,28 = \text{R\$ } 559.580,40 / \text{KWh/mês}$$

$$2430 \text{ KWh/mês} * 402,13 = \text{R\$ } 977.175,90 / \text{KWh/mês (tarifa real atualizada)}$$

Para realizar a análise exata é necessário desconsiderar os custos da tarifa aplicada, que conforme informado recebeu um acréscimo de 57% no período avaliado. Diante do exposto, observamos uma redução de 20% nos custos efetivos com energia elétrica.

A redução de 620 KWh/mês representa uma economia mensal de aproximadamente R\$ 142.774,00 / mês e R\$ 1.713.288,00 / ano, reiterando que foram descontados os impostos e os reajustes aplicados a tarifa no período.

O cálculo da taxa de retorno obtida (ROI) verifica no período (2012 – 2017) estudado apresenta os seguintes dados para o investimento realizado:

Período estudado: 5 ANOS – 60 MESES.

ROI = (Ganho obtido – Quantia gasta com o investimento) / Quantia gasta com o investimento

$$ROI = (102.797.280,00 - 26.700.000,00) / 26.700.000,00$$

$$ROI = 2,85$$

A análise do ROI demonstra que o retorno do investimento realizado no período de estudo foi de 2,85 vezes o valor utilizado com a inovação tecnológica instalada na ETE.



#### **4.4 - Benefício para Sociedade**

No que diz respeito a sociedade, os benefícios apurados necessitam de estudos complementares para avaliação de questões relacionadas às melhorias na prestação de serviços de tratamento de esgotos e demonstram que além da economia de energia, houve um incremento no volume de esgoto tratado.

A análise da ampliação do volume de esgoto tratado, permite a associação de que a ETE pode receber volume maior de esgoto e melhorando a eficiência, o que está diretamente relacionado a ampliação da coleta, diante disto observa-se que a sociedade, mesmo que de forma implícita adquire benefícios com a melhoria no processo apresentado.

Do ponto de vista da ecoeficiência, a utilização da P+L proposta na ETE identifica que o projeto possibilitou economia de energia com redução de custos e melhoria na operação da estação. A redução no consumo em KWh, minimiza os impactos ambientais que a geração de energia elétrica causa, além do aumento na eficiência no tratamento de esgotos, minimizando os lançamentos de esgotos in natura em rios e permitindo a companhia de saneamento aumentar o volume de esgotos coletados, o que pode ser associado a aspectos diversos que impactam diretamente na sociedade, e que necessitam de estudos mais aprofundados para efetiva demonstração.

### **5 - CONCLUSÃO**

A apresentação dos resultados aferidos por essa pesquisa, demonstra que a utilização da P+L como ferramenta de ecoeficiência viabiliza um desenvolvimento sustentável e é totalmente aplicável ao processo de tratamento de esgotos. Observou-se que a redução dos custos e a melhoria no processo, permitem a gestão das estações a aplicarem a mesma metodologia em outras plantas.

O envolvimento da área técnica e a análise contínua dos processos operacionais determinam ações que visam a melhoria nos resultados comerciais, sociais e ambientais fomentando a necessidade de estudos contínuos afim de assegurar um processo sustentável em todo o seu ciclo, identificando a importância que ações práticas de ecoeficiência possuem para o negócio, de acordo com o posicionamento estratégico da companhia.

Observa-se que os gastos com energia, assim como pagamentos à concessionária pelo consumo de energia elétrica utilizada para equipamentos como bombas, sopradores, centrífugas e, suprimento da iluminação da área externa da ETE, bem como para os escritórios e laboratórios, possuem impacto relevante nos custos do saneamento e impactam diretamente na sustentabilidade operacional do processo, assim como na tarifação dos serviços prestados, destacam-se as ETE's que tem cogeração de energia, que reduz os gastos totais com energia da unidade e que devem ser o novo modelo de negócio para esta atividade.

O processo demonstra melhoria na eficiência e economia na utilização da energia elétrica contratada. A aplicação da P+L, pode ser verificada pelo entendimento de que a economia de energia associada a eficiência no tratamento de esgotos apresentada pelos resultados obtidos, contempla os aspectos de desenvolvimento sustentável do processo como um todo.

Muito embora o estudo apresentado tenha demonstrado resultados favoráveis a adoção da ecoeficiência, existem lacunas que estudos posteriores podem vir a preencher, como por exemplo, estudos sobre a autogeração de energia para as ETE'S, onde toda a energia necessária para operação é oriunda dos gases gerados pelo processo de tratamento, permitindo que a estação seja autossustentável.



## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2021)** – Disponível em <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 25 jun 2021.
- ALIZADEH, S., KLUKHI, H.Z., ROSTAMI, F., ROUHBAKHSH, M., AVAMI, A. (2020)** - The eco-efficiency assessment of wastewater treatment plants in the city of Mashhad using emergy and life cycle analyses. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119327>. Acesso em 11 abr. 2022.
- BORGES, L.B.O. & SILVA, J.M.P. (2019)** - Corrupção urbanística em sistemas de planejamento e gestão urbanos: um estudo de caso. Rev. Bras. Gest. Urbana 11.2019 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.AO06>. Acesso em 30 maio 2022.
- COSTA, E.C.M. & OLIVEIRA, H.A. (2017)** - **GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS SOBRE O ENFOQUE DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA**. Anais do I SIMPÓSIO INTERDISCIPLINAR EM AMBIENTE E SOCIEDADE - Os Desafios e Perspectivas na Relação Homem/Natureza/Sociedade no Século XXI. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/sias/article/view/12019>. Acesso em 15 jun 2022.
- FREITAS, SOUZA, FONTENELE, REBOUÇAS & GUIMARÃES (2018)** - Determinantes da performance de ecoeficiência corporativa e a criação de valor às empresas brasileiras. XVIII USP International Conference in Accounting. Disponível em: <https://congressosp.fipecafi.org/anais/18UspInternational/ArtigosDownload/816.pdf>. Acesso em 31 maio 2022.
- GALVÃO JÚNIOR, A.C. (2006)** - Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto. 2.ed. / Alceu de Castro Galvão Júnior, Alexandre Caetano da Silva, Editores, - Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda.; 2006. 204 p.: il.
- GIL, A. C., (2008)** – Métodos e Técnicas de Pesquisa Social – São Paulo: Atlas.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006** IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponível em: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. Acessado em: 25 jun. 2021.
- MACINTOSH, C., ASTALS, S., SEMBERA, C., ERTL, A., DREWES, J.E., JENSEN, P.D. & KOCH, K. (2019)** - Successful strategies for increasing energy self-sufficiency at Grüneck wastewater treatment plant in Germany by food waste co-digestion and improved aeration. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125046>. Acesso em 02 jun 2022.
- MCTIC – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES.** Fator Médio – Inventários corporativos (tCO<sub>2</sub>/MWh). Disponível em: [https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_corporativos.html](https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html). Acessado em: 15 jun. 2022.
- MOLINOS-SENANTE, M; GARRIDO-BASERVA, M; REIF, R; HERNANDEZ-SANCHO, F; POCH, M. (2012)** - Assessment of wastewater treatment plant design for small communities: environmental and economic aspects. Science of the Total Environment, 11-18, p. 427-428. 2012.
- LEITE, R.R. & OLIVEIRA NETO, G.C. (2018)** - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA METAL MECÂNICO. Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 18, n. 4, p. 1445-1469, 2018.
- LIU, W., IORDAN, C.M., CHERUBINI, F., HU, X. & FU, D.** - Environmental impacts assessment of wastewater treatment and sludge disposal systems under two sewage discharge standards: a case study in Kunshan, China. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125046>. Acesso em 02 jun 2022.
- MINISTÉRIO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES (2020)** – Inventário corporativo (2020) – Disponível em [https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/paineis/2018/08/24/Emissoes\\_em\\_dioxido\\_de\\_carbono\\_equivalente\\_por\\_setor.html](https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/paineis/2018/08/24/Emissoes_em_dioxido_de_carbono_equivalente_por_setor.html). Acesso em 26 jun 2021.
- PESQUEIRA, J.F.J.R., PEREIRA, M.F.R. & SILVA, A.M.T. (2020)** - Environmental impact assessment of advanced urban wastewater treatment technologies for the removal of priority substances and contaminants of

emerging concern: A review Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121078>. Acesso em 25 maio 2022.

**PNUMA**, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Disponível em [http://www.brasilpnuma.org/pordentro/artigos\\_019.htm](http://www.brasilpnuma.org/pordentro/artigos_019.htm). Acesso 15 de jun. 2022

**PÖIRI, L. (2020)** - Modelling wastewater aeration system and high-speed turbo blower for energy efficiency improvements. Tese de Mestrado apresentada no Water and Environmental Engineering Aalto University Finland. Disponível em: [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/44327/master\\_P%c3%b6yry\\_Lauri\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/44327/master_P%c3%b6yry_Lauri_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 04 jun 2022.

**SABESP (2009)** - Projeto de Eficiência Energética nas ETEs ABC e Parque Novo Mundo. Expo Ambiental, 2009 – Acesso em 17 de abril de 2021. Disponível em: [http://site.sabesp.com.br/uploads/file/audiencias\\_inova%C3%A7%C3%A3o/eficiencia\\_energetica\\_etes\\_sabesp.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/audiencias_inova%C3%A7%C3%A3o/eficiencia_energetica_etes_sabesp.pdf).

**SABESP (2014)** - Eficiência Energética e Gestão de Energia na SABESP – Acesso em 22 de abril de 2021. Disponível em <https://www2.fiescnet.com.br>. Acesso em 21 de abril de 2021.

**SABESP (2018)** – Eficiência Energética na SABESP – Acesso em 22 de abril de 2021. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/imagens/stories/ArquivosSNSA/proeesa/apresentacoes/Monitoramento\\_deeficienciaenergetica.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/imagens/stories/ArquivosSNSA/proeesa/apresentacoes/Monitoramento_deeficienciaenergetica.pdf).

**SABESP (2020)** – RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE 2020. Disponível em: [http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/relatorios\\_sustentabilidade/relatorio\\_sustentabilidade\\_2020.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/relatorios_sustentabilidade/relatorio_sustentabilidade_2020.pdf). Acesso em 21 de abril 2021.

**SANTOS, O.R. (2017)** - Potencial de aproveitamento energético de biogás nas principais estações de tratamento de esgotos que atendem o município de São Paulo. Dissertação de mestrado apresentada no IPT. São Paulo – Brasil.

**SOUZA, B.M., DUARTE, M.A.C. & TINOCO, J.D. (2021)** - Custos de operação e manutenção de estação de tratamento de esgotos por reator anaeróbio e lodos ativados. Engenharia Sanitária e Ambiental 26(3). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190228>. Acesso em 15 jun 2022.

**SU, X.; CHIANG, P.; PAN, S.; CHEN, G.; TAO, Y.; WU, G.; WANG, F.; CAO, W. (2019)** - Systematic approach to evaluating environmental and ecological technologies for wastewater treatment. Chemosphere, v. 218, p. 778-792, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.108>. Acesso em 15 jun 2022.

**VASCONCELOS, E.U. (2019)** - INOVAÇÃO ABERTA EM COMPANHIAS DE SANEAMENTO BÁSICO BRASILEIRAS. Dissertação de mestrado apresentada na Universidade Administração e Controladoria da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará.

**XIAO, R., WEI, Y., AN, D., LI, D., TA, X., WU, Y. & REN, Q. (2018)** - A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/raq.12270>. Acesso em 20 de março de 2022.

**YIN, R. K. (2003)**. Case study research: Design and methods. ISBN 076192552X, 9780761925521. London: Sage.