



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**THIAGO JEFFERSON COSTA DE OLIVEIRA FREITAS**

**INFLUÊNCIA DO CONSUMO PER CAPITA E DA  
CONCENTRAÇÃO DE DBO NOS CUSTOS DE ETE EM  
MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE**

**NATAL-RN  
2019**

Thiago Jefferson Costa de Oliveira Freitas

Influência do consumo per capita e da concentração de DBO nos custos de ETE em municípios de pequeno porte

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha  
Coorientador: Prof<sup>ª</sup>. M<sup>a</sup>. Amanda Bezerra de Sousa

Natal-RN  
2019

**Seção de Informação e Referência**  
**Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede**

Freitas, Thiago Jefferson Costa de Oliveira.

Influência do consumo per capita e da concentração de DBO nos custos de ETE em municípios de pequeno porte / Thiago Jefferson Costa de Oliveira Freitas. - 2019.

21 f.: il.

Artigo Científico (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Natal, RN, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha.

Coorientadora: Profª Mª. Amanda Bezerra de Sousa.

1. Tratamento de água - Artigo científico. 2. Saneamento básico - Artigo científico. 3. Lagoas de estabilização - Artigo científico. 4. Concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - Artigo científico. 5. Estimativa de custos de implantação - Artigo científico. I. Cunha, Paulo Eduardo Vieira. II. Sousa, Amanda Bezerra de. III. Título.

Thiago Jefferson Costa de Oliveira Freitas

Influência do consumo per capita e da concentração de DBO nos custos de ETE em municípios de pequeno porte

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Aprovado em 29 de novembro de 2019:**

---

Prof . Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha – Orientador

---

Profa. M<sup>a</sup>. Amanda Bezerra de Sousa – Coorientador

---

Enga. Maiara de Lemos Câmara – Examinador externo

---

Eng. Gilbrando Medeiros Trajano Júnior – Examinador externo

## **RESUMO**

### **INFLUÊNCIA DO CONSUMO PER CAPITA E DA CONCENTRAÇÃO DE DBO NOS CUSTOS DE ETE EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE**

Para a universalização do saneamento, segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) do ano de 2013, os investimentos necessários em esgotamento sanitário foram estimados em R\$ 182 bilhões, a serem investidos até o ano de 2033. Cerca de 17,75%, ou seja, R\$ 32,3 bilhões seriam destinados apenas para o tratamento das águas residuárias. Nesse contexto, sabendo que as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) são instalações industriais com o objetivo de receber águas residuárias e, após uma série de unidades e processos, devolvê-las a um corpo receptor, o presente trabalho tem como objetivo precípua avaliar a influência do consumo per capita e da concentração de matéria orgânica do afluente no projeto de estações de tratamento de esgoto por lagoa facultativa em região semiárida. Para o trabalho, foram executadas análises aos dados reais e da literatura através de consulta ao Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Luís Gomes, localizado no estado do Rio Grande do Norte, ao memorial de cálculo da ETE do município, assim como a artigos relacionados ao assunto, a dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), da Agência Nacional de Águas (ANA), além de diversos autores sobre o tema. Dessa forma, foram feitos novos dimensionamentos com os dados coletados e realizada a comparação entre os custos de implantação das situações trabalhadas. A partir dos resultados apresentados, observou-se que através de uma simples pesquisa mais detalhada de parâmetros reais para o dimensionamento de uma ETE do tipo lagoa facultativa, pode-se reduzir de 52% ou acrescentar de 177% no custo dessa estação, sendo esse valor, em caso de redução, revertido em outros investimentos no setor de saneamento. Um projeto bem dimensionado evita excessos e custos desnecessários na implantação dos sistemas, além de evitar possíveis danos ao meio ambiente.

Palavras-chave: Saneamento, Concentração de DBO; Lagoas de estabilização e Estimativa de custos de implantação

## **ABSTRACT**

### **INFLUENCE OF PER CAPITA CONSUMPTION AND BOD CONCENTRATION ON WWTP COSTS IN SMALL SIZE MUNICIPALITIES**

For universal implementation of sanitation, according to the Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), the necessary investments in sanitary sewage were estimated at R\$ 182 billion, to be invested until the year 2033. About 17.75% (R\$ 32.3 billion) would be intended only for the wastewater treatment. In this context, knowing that the wastewater treatment plants (WWTP) are industrial facilities with the purpose of receiving wastewater and after a series of units and processes, return it to a receiving body, the present work aims to evaluate the influence of the per capita water consumption and concentrations of organic effluent material of the project of wastewater treatment plants by facultative pond in semiarid region. For the work analyzes were performed to the real data and literature by consulting the Plano Municipal de Saneamento de Luís Gomes, located in the state of Rio Grande do Norte, memorial of calculation of the municipal WWTP, articles related to the theme, data of National Sanitation Information System (SNIS), the National Wateres Agency (ANA), and several authors on the subject. Hence, new dimensions were made with the collected data and the comparison between the deployment and operation costs of the worked situations was

compared. From the results presented, it can be observed that through a simple more detailed search of real parameters for the dimensioning wastewater treatment plants by facultative pond, it can be reduced or added from 7% to 177% in the cost of this station. This amount, in case of reduction, is reversed in other investments in the sanitation sector. A well-designed design avoids excess and unnecessary expense in running and operating the systems, as well as preventing possible damage to the environment.

Keywords: Sanitation, BOD concentration; stabilization ponds and Estimate of deployment costs

## INTRODUÇÃO

O saneamento básico é definido pela Lei nº.11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007).

O Estado brasileiro tem o papel de provedor dos serviços públicos e o encarregado de conduzir as políticas públicas essenciais, como o saneamento básico. Sendo esse o responsável, deve incentivar a garantia de direito social estimulando o consumo sustentável (PLANSAB, 2013).

A inscrição de interesses e projetos nas agendas governamentais em relação ao saneamento básico resulta dos custos e investimentos envolvidos para a realização de obras nesse setor (INOJOSA, 2011).

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2019), baseado em estudos que demonstram o custo-benefício que os serviços de saneamento fornecem de retorno social e econômico, as proporções médias mundiais de custo-benefício são de 5,5 para serviços de saneamento aperfeiçoados e de 2,0 para água potável melhorada (UNESCO, 2019).

O setor de infraestrutura de Saneamento Básico do Brasil precisa de melhorias, pois segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) - que prevê a universalização do saneamento até 2033 - em 2013, apenas 39,7% de pessoas apresentavam atendimento adequado de esgotamento sanitário, enquanto que 50,7% apresentavam atendimento precário e 9,6% não possuíam atendimento, ou seja, 115 milhões de brasileiros não possuíam serviço adequado do sistema de esgoto. Em valor, para a universalização seriam destinados R\$ 122 bilhões em água e R\$ 182 bilhões em esgoto, uma média anual de R\$ 15 bilhões, ao atualizar esse preço de 2012 para 2019 a média anual seria de R\$23,5 bilhões. Desse total, destinados a esgoto, 17,75 %, ou seja, R\$ 32,3 bilhões seriam destinados apenas para o tratamento das águas residuárias (PLANSAB, 2013).

O tratamento de esgoto ocorre nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), que são instalações industriais com o objetivo de receber águas residuárias de zonas residenciais, comerciais ou industriais, e após uma série de tratamentos e processos, estando em condições adequadas para o meio ambiente, segundo a legislação vigente, devolvem-na a um corpo receptor (LEHMANN; MEDEIROS, 2019).

A escolha de um sistema de tratamento de esgoto adequado para cada região precisa levar em conta diversos fatores, tais como a caracterização adequada da área de intervenção e suas demandas - disponibilidade de área, disponibilidade de ampliação do sistema, clima favorável; a ciência das tecnologias e recursos disponíveis – equipamentos, mão obra especializada, custos de implantação, operação e manutenção; assim como o objetivo claro do tratamento - a eficiência esperada (MARTINS, 2006).

As lagoas de estabilização do tipo facultativa são o sistema tratamento mais indicado para países em desenvolvimento e para regiões de clima quente, pois requerem operação simples, de baixo custo, clima favorável (temperaturas e insolações elevadas), necessita de pouco ou nenhum equipamento apesar de necessitar de grande área disponível para sua construção (VON SPERLING, 2017).

No processo de elaboração de projetos de ETE, deve-se trabalhar com dados reais, o que nem sempre é possível em razão das inúmeras dificuldades em obter valores que

expressem as realidades locais. O que muitas vezes ocorre pela ausência dos mesmos, bem como pela falta de confiança oferecida pelos dados existentes, necessitando, em muitos casos, a se submeter a valores superestimados ou a parâmetros da literatura, os quais são abrangentes para todo o território nacional (OLIVEIRA; LUCAS FILHO, 2004).

Frente a isso, o problema de adotar dados que não fazem referência à realidade da região estudada resulta em projetos com aspectos disfuncionais e falhas operacionais, com valores investidos maiores, ou seja, um projeto mais oneroso por necessitar de elevados recursos para sua implantação, operação e manutenção. Logo, há desperdício de dinheiro público investido em todos os processos. Sendo assim, torna-se imprescindível a verificação criteriosa e analítica dos dados dos projetos a fim de minimizar possíveis incoerências entre os dados utilizados e a realidade do local (DA SILVA; DANTAS; DE OLIVEIRA, 2018).

Dentre os dados necessários para o projeto dos constituintes de sistemas de esgotamento sanitário, entre os quais as Estações de Tratamento, encontra-se o valor do consumo per capita de água, o qual interfere diretamente na vazão de projeto calculada. Quando adotado um valor fixo para dimensões nacionais, não são levados em consideração fatores como questões socioeconômicas, interferência do clima, os hábitos de higiene, a existência ou não de medição, existência ou não de manutenção, as diferentes tarifas cobradas, a qualidade dos serviços oferecidos, as questões culturais e os programas de controle ambientais (OLIVEIRA; LUCAS FILHO, 2004).

Nesse contexto, dos últimos três anos da pesquisa do Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento (2015, 2016 e 2017), dos 9 estados pertencentes à região semiárida brasileira, 7 deles apresentavam o menor consumo per capita de água do país (SNIS, 2017).

Outro fator é a carga poluidora do afluente, a qual avalia o impacto da poluição e da eficácia das medidas do controle. Para esse parâmetro devem ser realizados levantamentos de campo na área estudada, amostragem dos poluentes, assim como análises laboratoriais, porém, quando não é possível a execução dessas etapas são utilizados dados complementares da literatura, os quais não representam de maneira real a realidade local (VON SPERLING, 2014).

A concentração obtida pela relação de carga e vazão varia em função de múltiplos fatores, como a contribuição do poluente, consumo per capita de água, a presença de material industrial e outros. Esgotos bem concentrados costumam vir de lugares com pequeno consumo per capita de água (caso de regiões semiáridas como parte do Nordeste do Brasil), pode-se, assim, existir uma superação das faixas típicas estimadas pela literatura (VON SPERLING, 2014).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo precípua avaliar a influência do consumo per capita de água e da concentração de matéria orgânica do afluente nos custos de estações de tratamento de esgoto em município de pequeno porte.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

No estudo realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) no Atlas Esgoto: despoluição das bacias hidrográficas, das 2.768 estações de tratamento de esgoto das 1.592 cidades estudadas, o sistema de tratamento mais adotado no Brasil é uma variante do sistema de lagoas de estabilização conhecido como sistema australiano, o qual é composto por lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, somando 364 ETEs. Em relação ao sistema apenas com lagoa facultativa seguida de lagoa de maturação possuiu o total de 119 ETEs, e apenas com presença de lagoa facultativa no tratamento, um total de 203 ETEs (ANA, 2017).

Nesse contexto, a variante mais simples do sistema de lagoas de estabilização são as lagoas facultativas, as quais apresentam para estabilização da matéria orgânica o processo tanto anaeróbio, parte inferior, como o aeróbio, parte superior. Algumas vantagens desse

sistema são a ausência do uso de equipamentos e energia no processo de tratamento e uma satisfatória resistência à variação de carga e eficiência na remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Porém, em relação às desvantagens, esse apresenta elevados requisitos de área e sua simplicidade operacional pode trazer descaso na manutenção como o crescimento de vegetação (VON SPERLING, 2017).

No estado do Rio Grande do Norte, esse sistema de tratamento é o mais empregado, porém das 78 ETEs de lagoa de estabilização analisadas por Silva Filho (2007), em relação a sua eficiência, 41% não apresentaram eficiência adequada conforme parâmetros da literatura (SILVA FILHO, 2007).

É de extrema importância adotar medidas compatíveis com a realidade da região e principalmente de baixo custo, pois minimiza o uso de recursos previstos para essas áreas, como os calculados pelo Atlas Esgoto para serem investidos no país até 2035 em tratamento das águas residuárias dos estados do semiárido brasileiro, o qual totaliza o valor de R\$ 17,64 bilhões (aproximadamente 10% do total a ser investido em esgoto, segundo o PLANSAB) (ANA, 2017).

Para um dimensionamento de uma ETE são necessários dois tipos de dados, os quantitativos e os qualitativos, os primeiros são os dados necessários à determinação da vazão afluente à estação, os quais definirão a vazão de esgoto a ser tratado correlacionando a vazão doméstica, de infiltração e industrial. Os segundos dados referem-se à qualidade da água residuária e conseqüentemente ao seu potencial poluidor, os quais definirão as características do esgoto a ser tratado, necessitando de dados como a quantidade de matéria orgânica (DBO, DQO), matérias em suspensão, temperatura, pH, e caso seja exigida a eliminação de nutrientes, as cargas de nitrogênio e fósforo. Correlacionando esses dados de maneira correta projeta-se uma ETE com ótimo custo-benefício (LEHMANN; MEDEIROS, 2019).

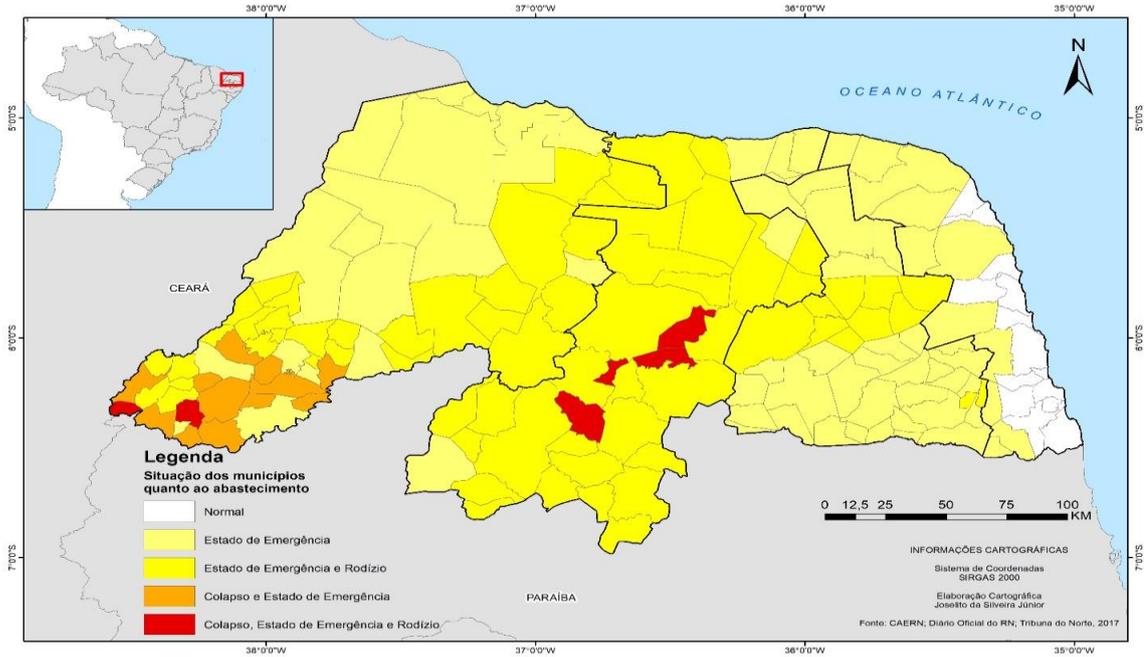
Dentre os parâmetros de entrada para o dimensionamento da vazão de uma lagoa de estabilização do tipo facultativa está o consumo per capita da região. Segundo Von Sperling (2014), o consumo per capita de uma pequena localidade, considerada uma população de 10 mil a 50 mil habitantes, perpassa de 110 L/hab.dia a 180 L/hab.dia, e para cidade grande, considerada uma população acima de 250 mil habitantes, perpassa de 150 L/hab.dia a 300 L/hab.dia, entretanto em regiões semiáridas, os seus municípios apresentam, via de regra, menor consumo de água, em razão das condições sociais, operacionais, financeiras e da escassez de água (VON SPERLING, 2014).

Em relação aos dados de per capita do SNIS (2017), o consumo nacional médio foi de 153,6 L/hab.dia, existindo uma redução de 4,5% em relação à média nos últimos três anos (2014, 2015 e 2016). No que diz respeito ao consumo médio per capita por região do mesmo ano, esse variou de 113,6 L/hab.dia no Nordeste a 180,3 L/hab.dia na região Sudeste (SNIS, 2017).

O estado do Rio Grande do Norte, localizado na região Nordeste, pertencente em sua maior parte ao semiárido, apresentou no SNIS (2017) um consumo per capita de 112,0 L/hab.dia, um valor de 1,4% abaixo do valor per capita para região Nordeste, 37,88% menor que o maior valor regional que foi o Sudeste, e 27,08% abaixo da média nacional (SNIS, 2017).

A estiagem que o estado do RN enfrenta nos últimos 6 anos recebe uma relevância maior de seu consumo ao se deparar com a quantidade de municípios em situação de calamidade (Figura 1), muitos deles possuindo um abastecimento exclusivo por caminhões-pipa, uma vez que não estão sendo atendidos pela atual rede de cisternas, poços, reservatórios, adutoras, dentre outras infraestruturas do sistema de abastecimento de água (RODRIGUES, 2018).

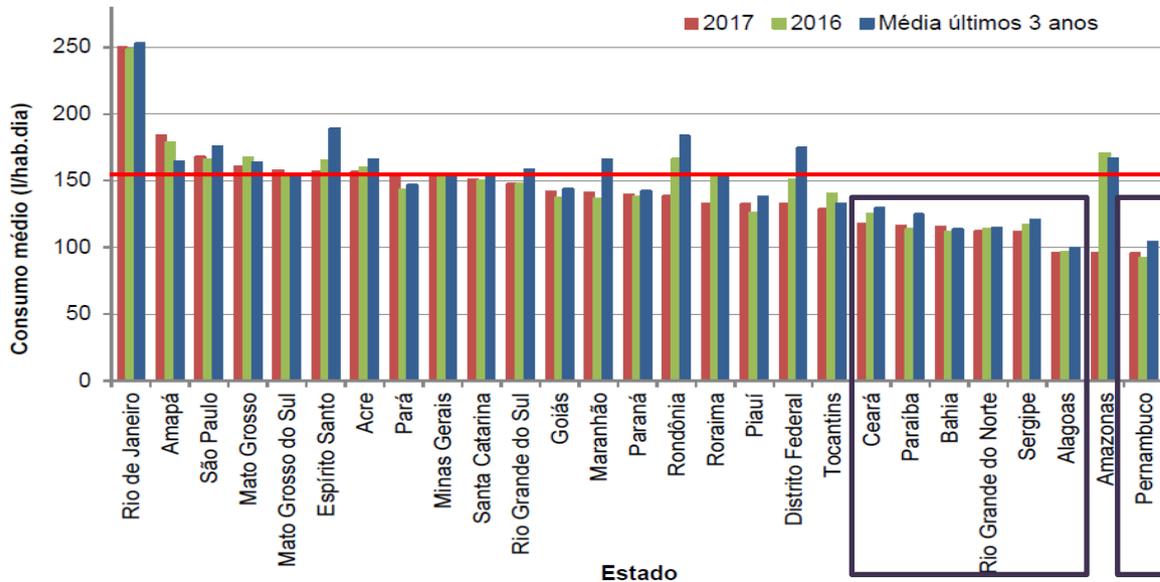
**Figura 1** - Mapa da situação dos municípios quanto ao abastecimento.



Fonte: RODRIGUES, 2018.

A relação direta entre os estados se torna ainda mais agravante, enquanto comprado a média per capita dos últimos 3 anos do SNIS 2015,2016 e 2017. Na Figura 2 percebe-se que todos os 9 estados do nordeste possuem valores médios de per capita menores do que o valor médio nacional de 156,7 L/hab.dia (SNIS, 2017).

**Figura 2** - Consumo médio per capita (IN022) dos prestadores de serviços participantes do SNIS, em 2017, 2016 e na média dos últimos 3 anos, segundo estado e Brasil.



Fonte: Adaptado do SNIS (2017).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio, DBO, mede a quantidade de oxigênio necessário para se estabilizar a matéria orgânica presente no afluente, é importante para se conhecer o grau de poluição das águas residuárias, dimensionar as ETEs e medir sua eficiência. Ou seja, quanto maior o valor de DBO, maior o grau de poluição (JORDÃO; PESSOA, 2011).

Esse fator, assim como, a taxa de aplicação superficial ( $\text{KgDBO}_5/\text{ha.dia}$ ) possuem uma forte influência no cálculo da área da lagoa facultativa. Essa taxa é relacionada a atividades das algas e ao balanço entre a produção e consumo de oxigênio, pelo fato, da mesma ser baseada na necessidade de representar uma área para exposição solar na lagoa, para a ocorrência do processo de fotossíntese (VON SPERLING, 2017).

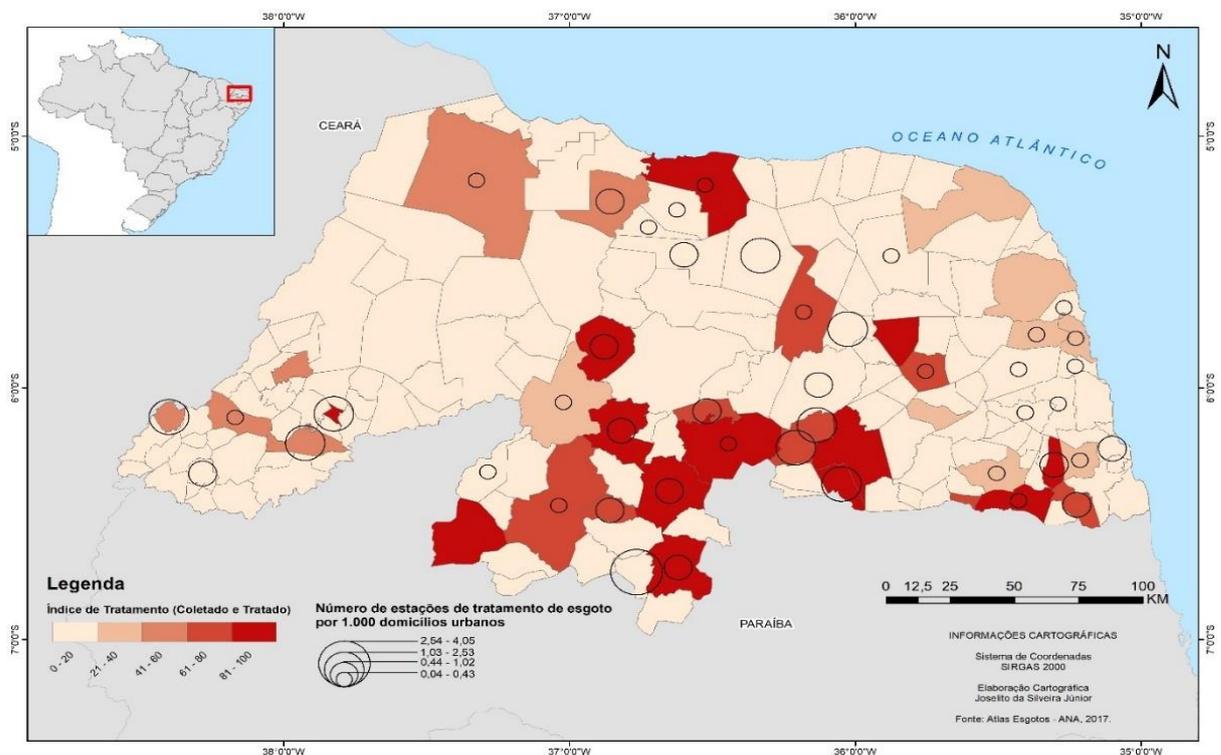
Os esgotos domésticos possuem em média uma DBO de  $300\text{mg/L}$ , porém esse valor pode ser alterado em relação às condições de consumo de água das regiões, uma vez que lugares onde o consumo é menor, ou seja, um menor consumo per capita, as águas residuárias do sistema de esgotamento sanitário possuem um maior poder de poluição, em razão de apresentarem uma maior concentração (VON SPERLING, 2014; JORDÃO; PESSOA, 2011).

O Brasil possui uma grande variedade de processos de tratamento de esgoto, porém das 9,1 mil toneladas de DBO que são geradas todos os dias no país, apenas 39% são tratadas, ou seja, 5,5 mil toneladas de DBO podem poluir corpos hídricos. Em relação à cobertura por lagoa de estabilização do tipo facultativa, cerca de 1,4 milhões de habitantes recebem o tratamento por esse sistema, o qual apresenta uma eficiência média de 76%, dentro dos padrões da Resolução CONAMA nº 430/2011 que preconiza uma eficiência de remoção mínima de 60% de DBO (ANA, 2017).

Nessa perspectiva, a nível estadual, o Rio Grande do Norte gera  $141,5\text{ t DBO/dia}$ , possuindo apenas 30% de carga removida, ou seja,  $98,4\text{ t DBO/dia}$  não possuem destinação correta (ANA, 2017).

A Figura 3 avalia de forma clara a deficiência do componente de coleta e tratamento de esgoto sanitário do Rio Grande do Norte, sendo possível observar que a maioria dos municípios do estado não possui qualquer forma de tratamento para seus centros urbanos, além de que grande percentual daqueles que possuem ETEs implantadas apresenta capacidade insuficiente para tratar o volume gerado pela população (RODRIGUES, 2018).

**Figura 3** - Mapa do índice de tratamento de esgoto (coletado e tratado) do estado do RN.



Fonte: RODRIGUES, 2018.

## MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho, foram executadas análises ao Diagnóstico Técnico-Participativo, o documento Prospectiva e Planejamento Estratégico e o documento Plano de Execução do Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Luís Gomes, além do memorial descritivo e de cálculo do projeto da ETE construída. Dos documentos analisados, os quais foram fornecidos pela equipe da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e do município, foram retirados dados como o consumo per capita de projeto, a vazão de infiltração, a concentração do afluente, o alcance do projeto em anos e a projeção da população do plano.

A fase seguinte analisou a per capita adotada na literatura pelo autor Marcos Von Sperling (2014) com a per capita de dados reais do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2017).

Para que fosse considerado um valor de per capita congruente ao trabalho, procurou-se analisar o comportamento do consumo per capita de água no município. Consequentemente, foram estudados os valores médios de per capita do município no SNIS dos últimos três anos disponíveis, 2015, 2016 e 2017, porém, como não havia nenhum dado do município estudado, foram utilizados como parâmetros de análise a média e o valor de crescimento dos últimos anos dos 8 municípios que fazem fronteira com o município de Luís Gomes.

Na etapa posterior, foi analisada a concentração de DBO adotada pela literatura com a consulta dos autores Silva e Mara (1979), Jordão e Pessoa (2011) e Von Sperling (2014), que serviram de parâmetro para os dados adotados.

Em seguida foi analisado o estudo realizado por Silva Filho (2007), das análises dos diagnósticos de 78 ETEs do estado do Rio Grande do Norte, informando a respectiva média de carga real da região estudada.

Com os dados encontrados, foram feitos 6 novos dimensionamentos, com os valores mínimos, médios, máximos e mais desfavoráveis da literatura, com os valores de projeto e com os valores de trabalho (dados reais). Os parâmetros correlacionados foram os dados de consumo per capita e de concentração pesquisados, a partir dos quais, ao final, foi realizada a comparação entre os custos de implantação das situações trabalhadas, avaliando a diferenças de custos apresentada por cada uma.

### Área de estudo

A área de estudo desta pesquisa foi o estado do Rio Grande do Norte, com enfoque no município de Luís Gomes que está inserido no projeto de pesquisa “Pesquisa de perfil e diagnóstico socioeconômico e sanitário municipal – Capacitação e apoio técnicos para elaboração de planos municipais de saneamento básico de municípios do RN” proveniente de convênio realizado entre a Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN e Fundação Nacional da Saúde - FUNASA.

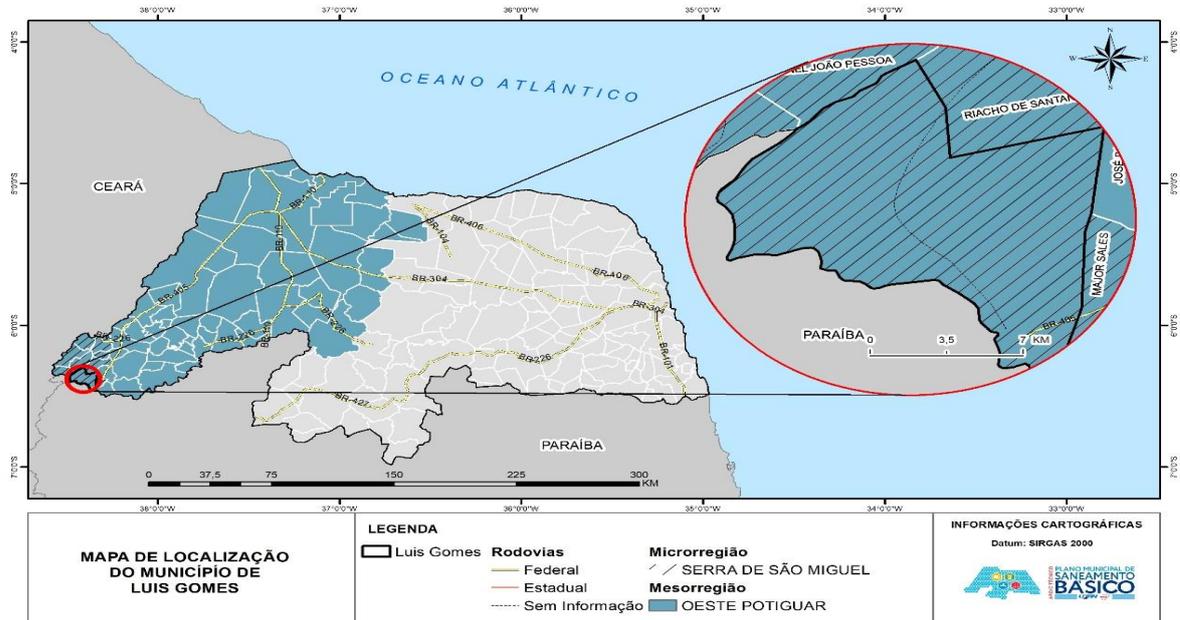
Esse projeto visa capacitar e fornecer apoio técnico às prefeituras dos municípios inseridos no Termo de Execução Descentralizada - TED, de forma a qualificar profissionais para elaborar a minuta de Planos Municipais de Saneamento Básico, através de um corpo de profissionais e alunos da UFRN, seguindo o Termo de Referência da FUNASA.

O município de Luís Gomes, Figura 4, está situado na região imediata de Pau dos Ferros, inserida na região intermediária de Mossoró, faz parte da microrregião de Serra de São Miguel e na mesorregião Oeste Potiguar do estado do Rio Grande do Norte, com área de 166,64 Km<sup>2</sup>, 0,31% da superfície estadual (IDEMA, 2008).

Com altitude da sede de 636 metros acima do nível do mar, distância em relação a capital de 442 km, fazendo divisa ao Norte com os municípios de Coronel João Pessoa e

Riacho de Santana, ao Sul com Uiraúna e Poço Dantas, ambas do estado da Paraíba, ao Leste com os municípios de Paraná, Major Sales e José da Penha e ao Oeste com o município de Venha Ver e novamente Poço Dantas pertencente ao estado da Paraíba (IDEMA, 2008).

**Figura 4** - Mapa de localização de Luís Gomes.



Fonte: LUÍS GOMES, 2019.

O município possui um clima do tipo Tropical de Zona Equatorial no subdomínio semiárido, tipo sub-úmido, com verão seco, a temperatura média anual é 28,1° C, tempo chuvoso de fevereiro a maio, sob uma umidade relativa média anual de 66% (IDEMA, 2008).

Sua precipitação pluviométrica anual média é de 909,4 mm, máxima de 1.731,5 mm e mínima de 192,3 mm (EMPARN, 2019).

Segundo as informações censitárias (Tabela 1), o município de Luís Gomes apresentou um ritmo de crescimento da população, passando de 0,32% no período 1991-2000, para 0,49% ao ano, entre 2000 e 2010 (IBGE, 2010).

**Tabela 1** – População de Luís Gomes para os anos 1991, 2000 e 2010, segundo IBGE.

População	População (1991)	% do Total (1991)	População (2000)	% do Total (2000)	População (2010)	% do Total (2010)
<b>População Total</b>	8.893	100,00	9.154	100,00	9.610	100,00
<b>População Urbana</b>	4.884	54,92	5.907	64,53	6.686	69,57
<b>População Rural</b>	4.009	45,08	3.247	35,47	2.924	30,43

Fonte: Adaptada do IBGE (2019).

Em relação ao abastecimento de água Luís Gomes possui 100% de cobertura de abastecimento da zona urbana, com índices de 100% de cadastros da unidade, 85% de micromedição, 44% de perdas e 18% de inadimplência (LUÍS GOMES, 2019).

Sobre o esgotamento sanitário o município possui 0% de cobertura na zona urbana, com banheiros necessitando de adequações e sem destinação final adequada do esgoto gerado.

Além disso, o município encontra-se em processo de finalização da obra do sistema coletivo de esgoto, com uma população beneficiada de cerca de 1.500 habitantes, ou seja, cerca de 20% da população urbana (LUÍS GOMES, 2019).

### Consumo per capita e concentração de DBO do projeto da ETE da área de estudo

Em Luís Gomes foi projetada e construída pela prefeitura municipal uma ETE do tipo lagoa facultativa, porém ainda não se encontra em operação. Na memória de cálculo da ETE, o valor de consumo per capita de água adotado foi de 150 L/hab.dia e a concentração de DBO do afluente de 415 mg/L (PREFEITURA MUNICIPAL DE LUÍS GOMES, 2006).

### Projeção populacional

Para o horizonte de 20 anos, o qual foi utilizado nesse trabalho, a partir dos valores da população do município de Luís Gomes dos dois últimos censos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o método mais adequado e adotado para as projeções do Plano Municipal de Saneamento Básico de Luís Gomes foi o Método de Tendência de Crescimento – AiBi, Tabela 2 (LUÍS GOMES, 2019).

**Tabela 2** – Projeção populacional pelo método AiBi do município de Luís Gomes/RN.

ANO	POPULAÇÃO TOTAL	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL
2010	9.610	6.686	2.924
2018	10.041	7.357	2.684
2023	10.210	7.703	2.506
2028	10.353	8.027	2.326
2033	10.459	8.318	2.141
2038	10.522	8.570	1.952

Fonte: Adaptada de Luís Gomes (2019).

Sendo assim, esse trabalho adotou a mesma projeção do instrumento da Política Municipal de Saneamento Básico adotado para o município, ou seja, 8.570 habitantes, correspondente ao valor do ano de 2038 para os habitantes da área urbana de Luís Gomes.

### Consumo per capita da literatura

Na Tabela 3 encontram-se os valores de per capita adotados por Von Sperling (2014).

**Tabela 3** – Faixas típicas do consumo per capita de água.

Porte da Comunidade	Faixa da População (hab.)	Consumo per capita (QPC) (L/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 – 140
Vila	5.000 – 10.000	100 – 160
Pequena localidade	10.000 – 50.000	110 – 180
Cidade média	50.000 – 250.000	120 – 220
Cidade grande	> 250.000	150 – 300

Fonte: Adaptada de Von Sperling (2014).

Segundo a projeção populacional do PMSB de Luís Gomes no ano de 2038 o município terá em sua zona urbana 8570 habitantes, ou seja, para os parâmetros de Von

Sperling (2014) o mesmo seria considerado como porte de Vila e com um consumo per capita variando de 100 L/hab.dia a 160 L/hab.dia.

### Consumo per capita dos dados de pesquisa

Após analisar o SNIS e constatar a inexistência de dados do município em estudo para os últimos três anos (2015, 2016 e 2017), foi realizado um estudo, conforme Tabela 4, dos dados de per capita do SNIS dos 8 municípios que fazem fronteira com Luís Gomes.

O valor de 52,19 L/hab.dia do município de Paraná para o SNIS 2015 foi descartado, pelo fato de haver uma diferença de quase 100% dos seus anos anteriores.

**Tabela 4** - Dados de Per capita do SNIS dos municípios que fazem fronteira com Luís Gomes.

<b>Dados Per Capita (L/hab.dia)</b>			
<b>MÚNICÍPIO</b>	<b>SNIS 2015</b>	<b>SNIS 2016</b>	<b>SNIS 2017</b>
Coronel João Pessoa - RN	104,14	101,28	111,46
José da Penha - RN	95,86	121,56	-
Major Sales - RN	-	-	-
Paraná - RN	-	-	-
Riacho de Santana - RN	-	78,33	76,56
Venha Ver - RN	128,65	138,45	153,31
Uiraúna - PB	97,10	92,64	98,40
Poço Dantas - PB	76,65	104,82	87,31
<b>MÉDIA (L/hab.dia)</b>	<b>100,48</b>	<b>106,18</b>	<b>105,41</b>
<b>MÉDIA GERAL (L/hab.dia)</b>	<b>104,02</b>		
<b>VALOR ADOTADO (L/hab.dia)</b>	<b>105,00</b>		

Fonte: Autor, 2019.

Considerando o município localizado no semiárido e com problemas de abastecimento, após análise dos dados da literatura e do SNIS, na proposta futura de melhoria no fornecimento de água, e com a permanência de valores acima de 105 L/hab.dia nos dois últimos anos observados, foi adotado o valor de per capita para o presente trabalho de 105 L/hab.dia, ou seja, um valor 5,00% acima em relação ao menor valor apresentado pelo parâmetro de literatura que foi de 100 L/hab.dia e abaixo 34% ao maior valor apresentado pelo parâmetro de literatura que foi de 160 L/hab.dia.

### Valores da literatura de concentração de DBO

A DBO dos esgotos domésticos, normalmente, segundo as condições de esgoto, varia entre 100 e 400 mg/L, porém em países nos quais o consumo de água é menor (40 a 100 L/hab.dia), como nos países tropicais, as águas residuárias têm um maior poder de poluição ( $DBO_5 = 400$  a  $700$  mg/L) (SILVA; MARA, 1979; JORDÃO; PESSOA, 2011).

Segundo Von Sperling (2014), os esgotos domésticos possuem uma DBO da ordem de 300mg/L. Na Tabela 5, encontram-se os valores de concentração de DBO adotados por Silva e Mara (1979).

**Tabela 5** – Concentração em termos de  $DBO_5$

<b>Concentração</b>	<b><math>DBO_5</math> (mg/L)</b>
Fraca	200
Média	350
Grande	500
Muito Grande	750

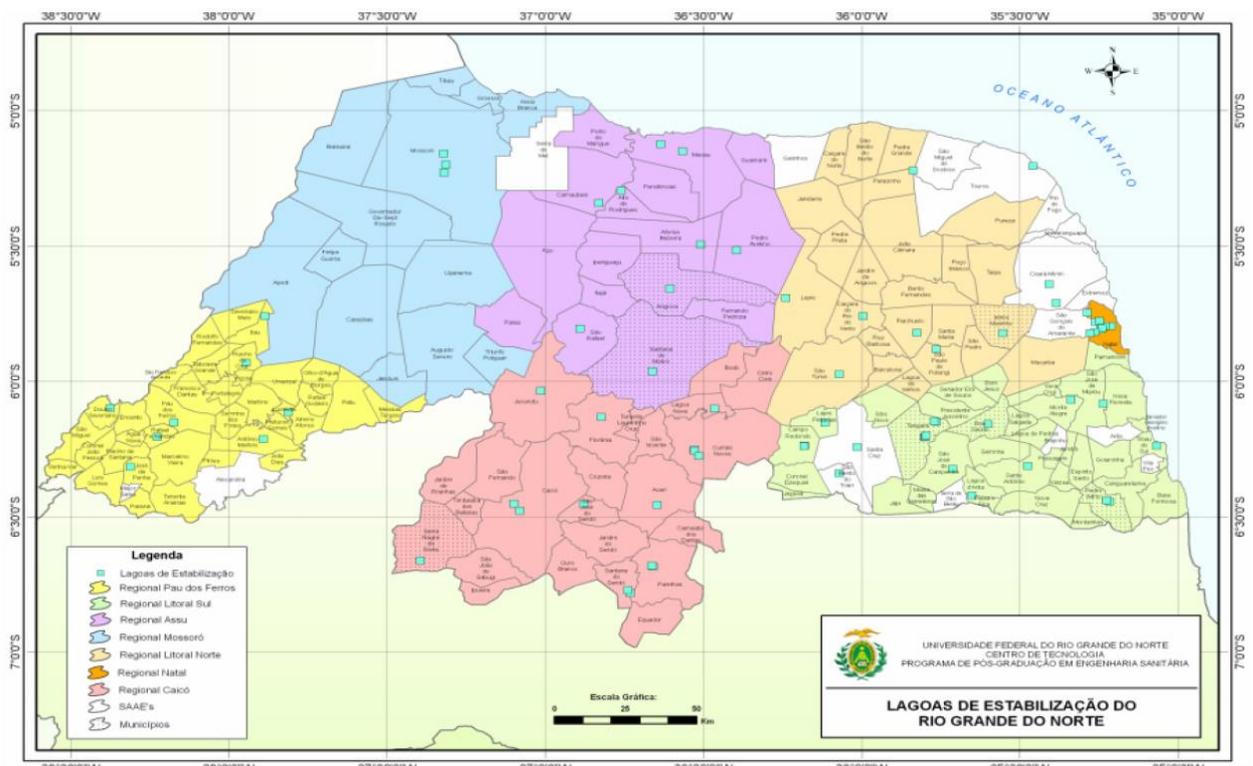
Fonte: Adaptado de Silva e Mara (1979).

O presente trabalho adotou como intervalos para valores da literatura, conforme a Tabela 5, DBO mínima de 200 mg/L, média de 350 mg/L e máxima de 750 mg/L.

### Valores da pesquisa de concentração de DBO

No estudo realizado por Silva Filho (2007), das análises dos diagnósticos de 78 ETEs que usam o sistema de lagoa de estabilização no estado do Rio Grande do Norte, esse apresentou o estado dividido em 7 regionais, estando o município de Luís Gomes na regional de Pau dos Ferros, conforme a Figura 5.

**Figura 5** – Mapas das regionais e localização das ETEs do RN em 2007.



Fonte: SILVA FILHO, 2007.

A regional Pau dos Ferros constava com 38 municípios e 8 ETEs, sendo todas essas estações de lagoa de estabilização. O estudo chegou aos seguintes valores médios de DBO (mg/L), conforme a Tabela 6.

**Tabela 6** – Concentrações afluentes usuais e reais nas ETE do RN.

ITEM	DBO (mg/L)	
Concentrações Usuais	Faixa	250 - 400
	Típico	300
Concentrações Reais	Média Estadual	410
	Apenas Lagoas Facultativas	439
	Regional Pau dos Ferros	395

Fonte: Adaptada de Silva Filho (2007).

Sendo assim, foi adotado para o presente trabalho o valor de concentração dos dados reais de 395 mg/L, o mesmo utilizado para a regional de Pau dos Ferros, visto fazer parte da região da área em estudo.

### **Taxa de aplicação superficial**

A taxa de aplicação superficial varia com a temperatura local, latitude, exposição solar, altitude, dentre outros aspectos. Para regiões com inverno quente e elevadas insolações, como as regiões semiáridas, seus valores variam de 240 a 350 KgDBO<sub>5</sub>/ha.dia. Para a equação que utiliza a temperatura média do ar no mês mais frio, proposta por Mara (1997), aplicada ao nordeste do Brasil, em função da grande radiação solar, os valores podem ser um pouco superiores a 350 kgDBO<sub>5</sub>/ha.dia, porém, para cálculo, limita-se esse valor máximo (VON SPERLING, 2017).

### **Custo de implantação de uma ETE**

Os valores de custos de implantação de uma ETE do presente trabalho teve como premissa o valor utilizado no Plano de Execução do PMSB de Luís Gomes do ano de 2019, o qual obteve um valor de R\$ 311,52 por habitante. Este valor tem como referencia os valores de custos da Nota Técnica SNSA nº 492/2010, Resumo 01/2011, do Ministério das Cidades, cujo objetivo é ser referencia para orçamentos nos setores de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Além disso, como seu preço base é do ano de 2008, o plano atualizou o valor para julho de 2019, através da correção de valor pelo Índice Nacional de Custo da Construção Civil da Fundação Getúlio Vargas, o qual tem o objetivo de constatar a evolução dos custos das construções, baseado nos ajustes dos preços de materiais, mão-de-obra e matéria prima.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O estudo realizado verificou os parâmetros utilizados e estimados da Tabela 7 para dimensionamento da lagoa facultativa.

**Tabela 7** – Dados dos parâmetros de projeto.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>Consumo Per Capita (L/hab.dia)</b>	<b>Concentração do afluente (mg/L)</b>
<b>TRABALHO (TRA)</b>	105	395
<b>PROJETO (PRO)</b>	150	415
<b>LITERATURA MÍNIMO (LMI)</b>	100	200
<b>LITERATURA MÉDIO (LME)</b>	130	350
<b>LITERATURA MÁXIMO (LMA)</b>	160	750
<b>LITERATURA MAIS DESFAVORÁVEL (LD)</b>	100	750

Fonte: Autor, 2019.

Além dos parâmetros pesquisados, foi adotado para o presente trabalho a situação mais desfavorável, Literatura Mais Desfavorável (LD), a qual apresenta um menor consumo per capita e uma maior concentração de DBO, visto que essa situação apresenta águas residuárias com maior poder de poluição.

Os parâmetros de entrada do projeto para a realização do dimensionamento estão representados na Tabela 8.

O alcance de projeto adotado foi de 20 anos, o mesmo período adotado para a projeção da população de Luís Gomes no seu PMSB, ou seja, para o ano de 2038.

Além disso, a vazão de infiltração estimada de 1,2 L/s para o cálculo da vazão de projeto foi a mesma calculada para o ano de 2038 do documento Prospectiva e Planejamento Estratégico do PMSB de Luís Gomes.

**Tabela 8** – Parâmetros de entrada de projeto.

PARÂMETROS	VALORES	FONTE
Coefficiente de retorno esgoto/água (c)	0,8	Prefeitura Municipal de Luís Gomes (2006)
A temperatura média do líquido (°)	26	
População (hab.)	8570	Luís Gomes (2019)
Vazão de infiltração (L/s)	1,2	
Alcance do projeto (n)	20 anos	
Taxa de aplicação superficial (kgDBO <sub>5</sub> /hab.d)	350	Von Sperling (2017)

Foram realizados 6 dimensionamentos de ETEs com os parâmetros de entrada da Tabela 8, 5 deles com os valores do projeto (PRO) adotado pelo município e pelos valores mínimos (LMI), médios (LME), máximos (LMA) e mais desfavoráveis (LD) adotados pela literatura (Tabela 7). Então, assim, foram comparados com um dimensionamento da ETE com os valores de trabalho (TRA) adotados.

Para o cálculo de concentração orgânica afluyente foi utilizada a Equação (1.0) e Equação (2.0) proposto por Mara (1997).

$$K1f = \frac{0,527}{(1 + 0,052Tdf)} \quad (1.0)$$

$$Le = \frac{Li}{(1 + K1f.Tdf)} \quad (2.0)$$

Onde:

Tdf : Tempo de detenção (dias)

K1f: Coeficiente de velocidade de redução da carga orgânica (dia<sup>-1</sup>)

Le: Concentração do efluente (mg/l)

Li: Concentração do afluyente (mg/l)

A Tabela 9 faz referência ao dimensionamento dos dados de trabalho, com 6 novos dimensionamentos.

**Tabela 9** – Relações dos dimensionamentos das lagoas facultativas.

PARÂMETROS	DIMENSIONAMENTOS					
	TRA	PRO	LMI	LME	LMA	LD
Consumo Per Capita (L/hab.dia)	<b>105</b>	150	100	130	160	100
Vazão total a ser considerada (L/s)	<b>9,53</b>	13,10	9,14	11,52	13,90	9,14
Vazão total a ser considerada (m <sup>3</sup> /dia)	<b>824</b>	1132	789	995	1201	789
Concentração do afluyente (mg/L)	<b>395</b>	415	200	350	750	750
Carga orgânica afluyente (Kg/dia)	<b>325</b>	470	158	348	900	592
Carga orgânica per capita (g/hab.dia)	<b>46</b>	48	23	41	88	88
Taxa de aplicação superficial (kgDBO <sub>5</sub> /hab.d)	<b>350</b>	350	350	350	350	350
Área requerida para a lagoa facultativa (A)	<b>9294</b>	13436	4510	9950	25728	16913
Largura da lagoa facultativa (m)	<b>67</b>	80	47	70	112	92
Comprimento da lagoa facultativa (m)	<b>139</b>	170	96	142	230	184
Relação comprimento altura (B/L)	<b>2,07</b>	2,13	2,04	2,03	2,05	2,00
Área adotada para a lagoa facultativa (m <sup>2</sup> )	<b>9313</b>	13600	4512	9940	25760	16928

Profundidade adotada (m)	<b>1,7</b>	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Volume resultante (m <sup>3</sup> )	<b>15832</b>	23120	7670	16898	43792	28778
Tempo de detenção na lagoa facultativa (dias)	<b>19</b>	20	10	17	36	36
K1f	<b>0,26</b>	0,26	0,35	0,28	0,18	0,18
Concentração orgânica efluente (mg/L)	<b>65,11</b>	66,79	45,43	60,84	98,22	98,23
Eficiência na remoção de DBO (%)	<b>83,52</b>	83,92	77,28	82,62	86,90	86,90

Fonte: Autor, 2019.

Todos os dados apresentados nos 6 dimensionamentos estão conforme parâmetros usualmente comparados da literatura em relação a remoção de DBO que é de 75% a 85%, Von Sperling (2017), porém, sobre o tempo de detenção, apenas o dimensionamento que apresentou parâmetro diferente dos da literatura, 15 dias a 45 dias, foi o da Literatura Mínimo (LMI).

Além disso, apenas o valor de volume do dimensionamento LMI foi menor que o do Trabalho (TRA), porém o LMI apresentou um valor de carga per capita de 23 g/hab.dia, sendo este 48,88% menor que o valor mínimo adotado pela NBR 12.209/2011, que trata da elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários, a qual, na ausência de dados determinados através de investigação local de validade reconhecida, adota os valores da carga orgânica per capita estimada entre 45 g de DBO<sub>5</sub>/hab.d a 60 g DBO<sub>5</sub>/hab.d. Além disso, o Literatura Mínimo (LMI) apresentou referência de 77,28% de remoção de DBO, um valor próximo ao mínimo adotado pela literatura, porém ainda assim superior à eficiência mínima preconizada pela Resolução CONAMA n.º. 430/2011 para lagoas de estabilização.

Para servir de parâmetro para a comparação ao custo dos outros dimensionamentos o valor em metro cúbico da lagoa de estabilização do tipo facultativa (Tabela 10) obteve como base os parâmetros reais utilizados no dimensionamento do Trabalho (TRA), com o número de habitantes de 8570 e com o volume resultante da lagoa de 15.832m<sup>3</sup>.

**Tabela 10** – Custo da lagoa com os dados do Trabalho (TRA).

ITEM	VALOR	FONTE
Implantação (R\$/hab)	311,52	Luís Gomes (2019)
Implantação Total (R\$)	2.669.726,40	
Implantação (R\$/m <sup>3</sup> )	168,63	Autor (2019)

Utilizando o valor médio calculado pelo Trabalho (TRA) de implantação por volume (m<sup>3</sup>) que foi de R\$ 168,63, foram determinados os custos das ETEs resultantes dos demais dimensionamentos conforme pode ser observado na Tabela 11.

**Tabela 11** – Relações dos custos de implantação.

ITEM	IMPLANTAÇÃO	PORCENTAGEM
TRABALHO (TRA)	R\$ 2.669.726,40	-
PROJETO (PRO)	R\$ 3.898.666,28	46%
LITERATURA MIN. (LMI)	R\$ 1.293.439,87	-52%
LITERATURA MED. (LME)	R\$ 2.849.466,38	+7%
LITERATURA MAX. (LMA)	R\$ 7.384.532,60	+177%
LITERATURA MAIS DESF. (LD)	R\$ 4.852.692,85	+82%

Fonte: Autor, 2019.

Na região em estudo, o município de Luís Gomes, percebeu que caso fossem adotados os valores mais desfavoráveis da literatura, a ETE projetada seria 82% mais onerosa quando comparada a ETE resultante do dimensionamento com os parâmetros locais, ou seja, resultou em um sobrepreço de R\$ 2.182.966,45 na implantação. Além disso, em relação aos valores médios da literatura resultaria em um sobrepreço de R\$ 179.739,98, ou seja, 7% mais onerosa.

Em relação aos dados do projeto elaborado pelo município, a redução seria em torno de 46%, o que representou um custo adicional de R\$ 1.228.939,88 na implantação.

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados, observa-se que através de uma simples pesquisa mais detalhada de parâmetros reais para o dimensionamento de uma ETE do tipo lagoa facultativa, junto a um estudo dos parâmetros mínimos, médios, máximos e mais desfavoráveis adotados na literatura, pode-se reduzir de 52% ou acrescentar de 177% no custo de implantação dessa estação, sendo esse valor, em caso de redução, revertido em outros investimentos no setor de saneamento. Outrossim, ao utilizar dados mínimos da literatura os mesmos devem ser ajustados aos parâmetros obedecidos em normas para que estejam de acordo com a qualidade do tratamento proposto.

Observou-se, também, que os dados de consumo per capita de água podem variar consideravelmente em relação às regiões do Brasil e que adotar um valor médio nacional não representa o consumo real daquela região, o que pode ocasionar diferenças reais de vazões afluentes às ETEs.

Além disso, dados como a concentração do esgoto do afluente, a qual influencia diretamente na carga orgânica e, por conseguinte, nas dimensões da lagoa, assim como nos custos de implantação, não possuem valores atualizados e de fácil disponibilidade sobre a região, sendo muitas vezes necessário obter parâmetros médios da região, sem poder de comparação com a realidade local.

Consequentemente, apresenta-se a inquestionável importância de realização de estudos nos parâmetros de dimensionamento através de dados reais ou com dados confiáveis da literatura, quando esses primeiros não se fizerem presentes.

Um projeto bem dimensionado evita excessos e custos desnecessários na implantação dos sistemas, além de evitar possíveis danos ao meio ambiente.

## AGRADECIMENTO

Agradecimento ao projeto “Pesquisa de perfil e diagnóstico socioeconômico e sanitário municipal – Capacitação e apoio técnicos para elaboração de planos municipais de saneamento básico de municípios do RN” inseridos no Termo de Execução Descentralizada – TED, proveniente de convênio realizado entre a Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN e Fundação Nacional da Saúde – FUNASA, o qual forneceu os dados para a realização desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília, 2017. 88p. Disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficasResumoExecutivo\\_livro.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficasResumoExecutivo_livro.pdf). Acesso em: 10 ago. de 2019.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei

no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 jan. 2007. Seção 1.

BRASIL, Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Nota Técnica SNSA Nº 492/2010\_Resumo\_01/2011**. Referência de Custos – Primeiros Resultados do PAC. Brasília, DF. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, Complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 de maio. 2011.

BRASIL. Norma Brasileira nº 12.209 de 24 de dezembro de 2011. **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: Agência Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília: Ministério das Cidades/ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental , 2013. Disponível em: [http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/plansab\\_06122013.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab_06122013.pdf) . Acesso em: 01 set. de 2019.

BRASIL. **Sistema nacional de informações sobre saneamento**: Diagnóstico anual de água e esgotos. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional/ Secretaria Nacional de Saneamento, 1995-. Anual. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>. Acesso em: 20 ago. de 2019.

DA SILVA, L. B. M.V.; DANTAS, G. C. B.; DE OLIVEIRA, A. S. **Análise dos componentes de uma ETE destinada a população carente do semiárido**. In: CONGRESSO NACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 1., 2018, Natal. Anais... Natal: UFERSA, 2018. p. 1-12.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE - EMPARN. **Meteorologia**: monitoramento pluviométrico. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br>. Acesso em: 05 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA – IBRE. **Índice Nacional de Custo da Construção (INCC)**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 set. 2019.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE - IDEMA **Perfil do seu Município**. Luís Gomes, 2008. 22p. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2019.

INOJOSA, R. M. **Intersetorialidade e transversalidade**. In: REZENDE S. C. (Organizadora). **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. Vol.7: Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil. Brasília: Ministério das Cidades/ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011. Cap 3. p.85-124.

JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

LEHMANN, A.H.; MEDEIROS, D.M. **Estação de tratamento de esgoto: conceitos teóricos e dimensionamentos**. Natal: Offset Editora, 2019. 392p.

LUÍS GOMES. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Luís Gomes**. Luís Gomes: Prefeitura Municipal de Luís Gomes, 2019. Disponível em: <https://luisgomes.rn.gov.br/plano-de-saneamento-basico-do-municipio-de-luis-gomes/>. Acesso em: 10 nov. de 2019.

MARTINS, M. L. R. **Moradia e Mananciais: Tensão e diálogo na metrópole**. São Paulo: FAUUSP / FAPESP, 2006. 206 p.

MARA, D.D. **Design manual for waste stabilisation ponds in India**. Leeds: Lagoon Technology International, 1997. 125p.

OLIVEIRA, J. I. de; LUCAS FILHO, M.. **Consumo per capita de água na cidade de Natal segundo estratificação socioeconômica**. In: SEMINÁRIO HISPANO-BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA, 4., 2004, João Pessoa. Anais... Natal: CEFETRN/LARHISA, 2004. p. 2-11.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA - UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019: Não deixar ninguém para trás, resumo executivo**. 2019. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_por) . Acesso em: 10 nov. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LUÍS GOMES. **Memorial de cálculo: verificação da eficiência do tratamento para a condição atual**. Luís Gomes, 2006.

RODRIGUES, L. C. et al. **Sistemas de engenharia e abastecimento de água no Rio Grande do Norte: análise da gestão de recursos hídricos no contexto da elaboração dos planos municipais de saneamento básico**. 2018. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2017. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/12915> . Acesso em: 15 set. de 2019.

SILVA, S. A; MARA, D. D. **Tratamento biológicos de águas residuárias: lagoa de estabilização**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1979.

SILVA FILHO, P.A da. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472p.

VON SPERLING, Marcos. **Lagoas de estabilização**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017. 196p.