

## **Avaliação das características físico-químicas do esgoto sanitário da estação de pré-condicionamento (EPC) de Fortaleza-CE**

### ***Evaluation of physico-chemical characteristics of sewage from EPC WWTP at Fortaleza-CE***

### ***Evaluación de las características físico-químicas del alcantarillado sanitario de la estación de acondicionamiento previo (EAP) de Fortaleza-CE***

#### **Resumo**


Disposição de esgotos domésticos, por meio de emissários submarinos, é um sistema que utiliza o potencial de depuração do corpo receptor, no entanto, é um dos tipos mais comuns de poluição dos oceanos. Assim, a caracterização do esgoto bruto a ser tratado é uma ferramenta eficaz para um plano de monitoramento. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o afluente da Estação de Pré-Condicionamento (EPC) de Fortaleza-Ce no período de março a agosto de 2019. Foi avaliada demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, ortofosfato, sólidos voláteis, sólidos fixos e óleos e graxas. A amônia apresentou valor máximo de 54,16mg/L, ultrapassando o limite de caracterização para esgoto não tratado, em seguida nitrito teve máxima de 1,34mg/L significativamente acima do limite de potencial tóxico, nitrato, que em regra deveria ser ausente em esgoto não tratado, obteve máxima de 3,37mg/L. Já a concentração de gordura era esperado que apresentasse alta concentração, entretanto, mesmo seu máximo de 8,27mg/L é muito abaixo do mínimo de classificação. Já os demais parâmetros também apresentaram características de diluição. Sendo assim, os compostos nitrogenados (nitrito e nitrato) se destacaram por indicar um efluente parcialmente oxidado, mesmo com os demais parâmetros indicando um padrão de diluição do afluente.


**Palavras-chave:** Esgoto Doméstico; Emissário Submarino; Poluição.

#### **Abstract**

*Domestic wastewater disposal through ocean outfalls is a system that uses the debug potential of receiving body; however, it is one of the most common types of pollution of the oceans. Thus, the characterization of wastewater being addressed is an effective tool for a monitoring plan. Therefore, this work aimed to characterize the affluent of the Pre-conditioning Station (PCS) of Fortaleza-Ce from March to August 2019. They determined chemical oxygen demand, biological oxygen demand, ammonia nitrogen, nitrite, nitrate, orthophosphate, volatile solids, fixed solids, and oils and greases. Ammonia had a maximum value of 54.16 mg/L, exceeding the characterization limit for untreated sewage, then nitrite had a maximum of 1.34 mg/L, significantly above the toxic potential limit, nitrate which, as a rule, should be absent in untreated sewage obtained a maximum of 3.37 mg/L. As for the fat concentration, it was expected to present a high concentration; however, even though its maximum of 8.27 mg/L is far below the minimum classification, the other parameters also presented dilution characteristics. Thus, nitrogen compounds (nitrite and nitrate) stood out for indicating a partially oxidized effluent, even with the other parameters indicating a pattern of influent dilution.*

**Keywords:** Domestic Wastewater; Ocean Outfalls; Pollution.

**Isabelly Silveira Freitas**   
isabelly.sfi@gmail.com  
Instituto Federal do Ceará

**Silvio Luiz de Sousa Rollemberg**   
silvio.rollemberg@ifce.edu.br  
Instituto Federal do Ceará

### Resumen

*Disposición de alcantarillados domésticos, por medio de emisarios submarinos, es un sistema que utiliza el potencial de depuración del cuerpo receptor. Sin embargo, es uno de los tipos más comunes de polución de los océanos. Así, la caracterización del desagüe bruto a ser tratado es una herramienta eficiente para un plan de monitoreo. Ante eso, el objetivo de este trabajo fue caracterizar el afluente de la Estación de Acondicionamiento Previo (EAP) de Fortaleza-CE en un período de marzo a agosto de 2019. Fue evaluada demanda química de oxígeno, nitrógeno amoniacal, nitrito, nitrato, ortofosfato sólidos volátiles, sólidos fijos y aceites y grasas. El amonio presentó un valor máximo de 54,16mg/L, excediendo el límite de caracterización para desagüe no tratado. En seguida, nitrito tuvo una máxima de 1,34mg/L, significativamente por encima del límite de potencial tóxico. Nitrato, que normalmente debería ser ausente en desagüe no tratado, obtuvo una máxima de 3,37mg/L. Era esperado que la gordura presentase altas concentración, sin embargo mismo su máximo de 8,27mg/L es muy abajo del mínimo de clasificación. Los demás parámetros presentaron también características de dilución. Siendo así, los compuestos nitrogenados (nitrito y nitrato) fueron enfocados por indicar un efluente parcialmente oxidado, aunque los demás parámetros indicaran un estándar de dilución del afluente.*

**Palabras-clave:** Desagüe Doméstico; Emisario Submarino; Polución.

## 1 Introdução

A água é a fração elementar e básica para a vida na Terra, ela exerce um papel extremamente importante no desenvolvimento de ecossistemas, e também na manutenção da saúde humana. Após uso em abastecimento residencial, atividades comerciais ou industriais, dentre seus diversos usos, resulta na produção de resíduos com impurezas que alteram suas características naturais. Assim, finda transformando-se em esgoto, que é classificado como a forma mais comum de poluição nas regiões costeiras (LAMPARELLI, 2006).

A denominação esgoto é comumente usada para referir a despejos em geral, de origens diversas, como doméstica, industrial, comercial, de áreas agrícolas, dentre outras. O esgoto sanitário é uma base complexa de poluentes ou constituintes, onde se pode destacar os sólidos grosseiros, matéria orgânica, nutrientes e microrganismos patogênicos (SANTOS, 2019). Ainda, pela norma brasileira, é classificado como “despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industriais, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária” (NBR 9648, 1986).

Os sistemas de coleta de esgotos urbanos recebem comumente, além dos efluentes domésticos, despejos de diferentes naturezas, como efluentes hospitalares, águas pluviais, resíduos de estabelecimentos comerciais, e, ocasionalmente, indústrias de pequeno porte (VON SPERLING, 1996). Assim, a composição final dos esgotos urbanos é mista e suas características podem apresentar uma faixa de variação, dependendo da sua origem e intervalo, apresentando em alguns casos elevados níveis de contaminantes (ABESSA *et al.*, 2012).

O lançamento de esgotos sanitários é um dos tipos mais comuns de poluição dos oceanos, seja por meio de contribuições difusas de cursos d'água ou por meio de emissários submarinos (LAMPARELLI, 2006). Estes consistem em uma longa tubulação que é assentada no fundo do mar e efetua o lançamento dos efluentes através de difusores (orifícios na tubulação) à distância desejada da praia (FEITOSA, 2017). Assim, a disposição oceânica de esgotos domésticos é um sistema que utiliza o potencial de tratamento ou depuração que o corpo receptor possui para promover a redução de cargas e de compostos presentes no efluente a níveis satisfatórios (ABESSA *et al.*, 2012).

Apesar de que, na perspectiva econômica e de qualidade de balneabilidade das praias, a disposição de efluentes por meio de emissários marítimos seja eficaz (TOMMASI, 1987), algumas pesquisas, como as de Moser *et al.* (2004; 2005) contrariam essa concepção. Elas vêm apresentando possíveis interferências de cunho qualitativo, advindas do lançamento de efluentes domésticos no mar, causando diferentes desajustes ambientais. Como exemplos, temos adição de matéria orgânica no meio marinho, elevação de turbidez e enriquecimento por nutrientes que podem contribuir para prejuízos ambientais.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o afluente da Estação de Pré-Condicionamento (EPC) de Fortaleza-Ce no período de março a agosto de 2019, qualificando os potenciais impactos ambientais que este sistema de disposição poderia promover.

Hoje, a simples coleta e o afastamento do esgoto já não são suficientes para o saneamento do meio. Assim, seguindo os conceitos apresentados, a caracterização do esgoto bruto a ser tratado é uma ferramenta eficaz para um plano de monitoramento, como também para escolha do melhor sistema de tratamento de esgoto. Este deve buscar a minimização do consumo de energia e outros insumos, minimização de resíduos finais e atender aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação ambiental vigente. Assim, a caracterização é fundamental para determinar o nível de tratamento e a eficiência que se pretende alcançar.

## 2 Metodologia

### 2.1 Sistema de Disposição Oceânica de Esgotos de Fortaleza

O Sistema de Disposição Oceânica de Esgotos de Fortaleza (SDOES) é responsável pelo tratamento e disposição dos esgotos de parte da cidade de Fortaleza, abrangendo as bacias hidrográficas da vertente marítima. Por se encontrar localizado em uma área densamente ocupada, o litoral de Fortaleza sofre diversas pressões antrópicas. A ocupação de sua faixa de preamar em certas localidades é desprovida de infraestrutura adequada, havendo lançamento de efluentes domésticos diretamente no mar; ocupações irregulares nas margens e foz dos rios Cocó e Ceará, os quais limitam geograficamente a leste e a oeste a linha de costa da cidade (SILVA *et. al.*, 2009).

Por meio de um conjunto de 16 estações elevatórias, o esgoto gerado na bacia é encaminhado à EPC, onde passa por um tratamento preliminar constituído por gradeamento com limpeza manual com espaçamento entre barras de 15cm, gradeamento mecanizado com espaçamento de 5cm, peneiramento rotativo com espaçamento de 1,5mm e desarenação em caixas de areia. Logo após, é liberado a uma profundidade de 15m e a 3.200m de distância da costa por um conjunto de 120 difusores, localizados nos últimos 600m com 10cm de diâmetro cada. O emissário, construído em 1978, é operacionalizado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e foi dimensionado para atender uma vazão de até 4,8m<sup>3</sup>/s (PEREIRA, 2012). Todavia, atualmente apenas metade dessa vazão é encaminhada ao emissário, o restante continua sendo lançado no solo, em galerias pluviais e em riachos ou rios, tendo a zona litorânea das praias como corpo receptor final.

### 2.2 Material e Métodos

A coleta de dados foi realizada durante um período de 6 meses (de março a agosto de 2019) no poço de sucção da EPC. E os parâmetros analisados foram demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal (N-NH<sup>4+</sup>), nitrito (NO<sup>2-</sup>), nitrato (NO<sup>3-</sup>), ortofosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF) e óleos e graxas, conforme metodologia descrita em APHA (2012).

A definição dos parâmetros utilizados para análise considerou, como aspectos importantes, a constância durante o período de referência e os valores médios mensais. Para a análise, consideram-se as concentrações desses vários parâmetros presentes no afluente e, posteriormente, a análise de dados isolados possibilitou o reconhecimento de particularidades inerentes a cada um dos parâmetros. Assim, o estudo comparativo a partir desses dados isolados possibilitou o reconhecimento de particularidades de cada uma das variáveis estudadas.

## 3 Resultados e discussão

Na Tabela 1 é possível considerar que o esgoto em estudo apresenta valores elevados para os compostos nitrogenados, em todos os meses de acompanhamento. Os parâmetros que apresentaram disparidade foram amônia, nitrito e nitrato. Isso sugere a comprovar que o efluente que sai da EPC exhibe, para alguns parâmetros, características de esgoto acima das faixas típicas de concentração. Assim, é importante ressaltar que as unidades de tratamento existentes (peneiras e caixas de areia) apenas realizam o pré-condicionamento dos esgotos, não tendo qualquer eficiência na remoção dos parâmetros citados (CETESB, 2005).

Tabela 1 – Características do afluente bruto da EPC Fortaleza

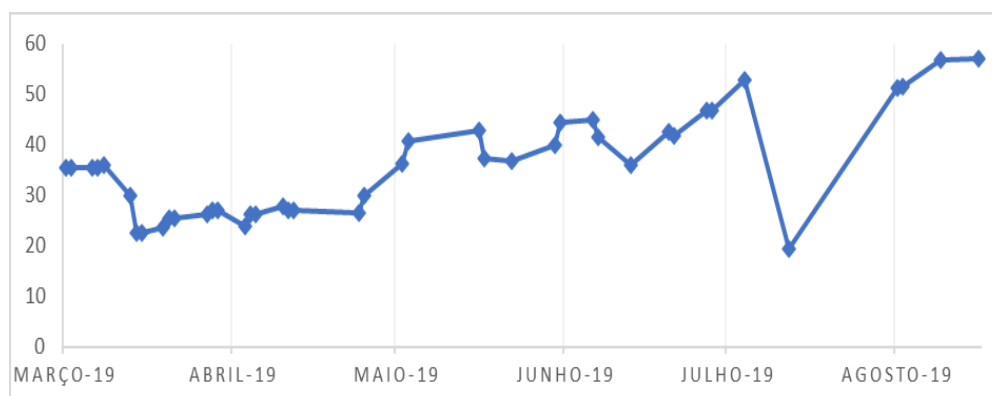
MESES DE REFERÊNCIA	Média mensal					
	março/2019	abril/2019	maio/2019	junho/2019	julho/2019	agosto/2019
DQO (mg/L)	265,67 (187,11)	126,44 (90,86)	256,20 (80,05)	239,00 (106,94)	122,25 (31,88)	139,50 (15,44)
DBO (mg/L)	116,00 (45,25)	100,00 (0,00)	- -	- -	115,50 (7,78)	- -
DQO/DBO	2,29 -	1,26 -	- -	- -	1,06 -	- -
AMÔNIA (mg/L)	26,56 (5,90)	26,81 (1,44)	38,82 (2,92)	41,64 (2,99)	41,52 (14,96)	54,16 (3,29)
NITRITO (mg/L)	0,87 (0,56)	1,22 (0,04)	1,23 (0,13)	1,34 (0,30)	0,00 (0,00)	0,57 (0,66)
NITRATO (mg/L)	3,37 (3,25)	0,50 (0,35)	0,89 (2,92)	1,03 (2,99)	0,00 (0,00)	1,89 (1,37)
ORTOFOSFATO (mg/L)	1,52 (1,37)	1,55 (0,86)	0,25 (0,14)	1,53 (0,99)	0,00 (0,00)	3,31 (0,58)
SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	612,00 (53,24)	654,86 (89,20)	809,33 (462,85)	544,57 (79,34)	729,00 (188,99)	665,60 (198,91)
SÓLIDOS VOLÁTEIS (mg/L)	187,75 (58,67)	177,14 (47,43)	379,33 (463,90)	125,71 (64,61)	267,50 (88,47)	313,20 (125,14)
SÓLIDOS FIXOS (mg/L)	424,25 (50,24)	477,71 (111,62)	430,00 (68,82)	418,86 (0,99)	461,50 (0,00)	352,40 (156,39)
GORDURA (mg/L)	1,30 -	3,40 (2,62)	8,27 (2,56)	6,23 (3,10)	6,35 (0,64)	- -
		Médias mensais máximas				
		Médias mensais mínimas				

A análise da fração amônia no efluente da EPC mostrou um intervalo de concentração mensal com mínima de 26,56mg/L e máxima de 54,16mg/L, já acima da classificação típica de esgoto não tratado, que determina como concentração média valor de 25 mg/L a 50 mg/L (GONÇALVES e SOUZA, 1997).

Próximo ao mínimo determinado, também foi observado média de 27mg/L por Silva *et al.* (2009) ao observar o nitrogênio amoniacal do afluente da estação de tratamento de esgoto (ETE) de França. Corroborando também com estudos realizados por Meneses *et al.* (2001) na cidade de Natal – RN, encontrou-se o valor de 38,08mg/L, também presente dentro da faixa que foi determinada neste estudo e que por quase todos os meses se manteve dentro do previsto a esgoto bruto, de 12 a 50mg/L, de acordo com Metcalf e Eddy (2016).

Os níveis de nitrogênio amoniacal em esgoto doméstico devem-se à hidrólise sofrida pelo nitrogênio orgânico (principalmente ureia) na água e talvez, também, por descarga indevida nas redes coletoras de alguns efluentes industriais, como de algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias e frigoríficos. Deste modo, a água residuária se encontra ao longo dos meses de monitoramento, próximo da faixa típica de esgoto não tratado. Em vista disso é possível pôr de lado as possibilidades com despejo de efluentes industriais neste período.

Gráfico 1 - Variação das concentrações de amônia ao longo dos meses.







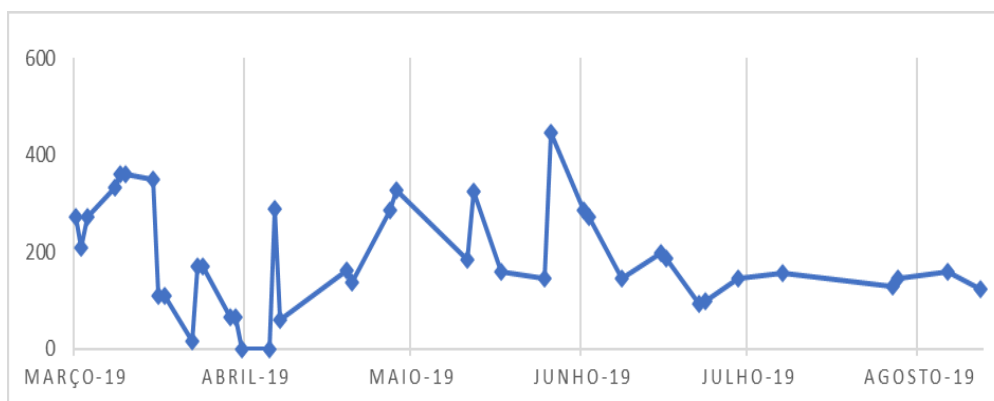
corpo receptor, resultando como consequência a morte de muitos organismos aquáticos, além de desencadear alterações na coloração e no odor das águas.

A faixa da média mensal da Demanda Química de Oxigênio (DQO) encontrada nas análises do afluente foi de 126,44mg/L em abril, logo após a máxima de 265,67mg/L em março, mostrando-se atípicas para esgotos domésticos, que têm faixa comum de concentração entre 400 a 800mg/L, de acordo com Von Sperling (2005); sendo classificado predominantemente como um esgoto doméstico fraco pela classificação de Jordão e Pessôa, (2014) também.

Concentrações elevadas de DQO são geralmente encontradas em efluentes industriais (BRAILE; CAVALCANTI, 1993). Dessa forma, possivelmente a baixa concentração desse parâmetro se deve à pouca ou nenhuma presença de sólidos grosseiros que são, ou podem ser compostos por materiais inorgânicos. A modo que, a análise dos demais parâmetros auxiliará na confirmação ou não da avaliação feita diante desses valores.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) indica a matéria orgânica presente, e é importante para se conhecer o grau de poluição do esgoto afluente (JORDÃO; PESSÔA, 2005). Assim, foi observada média geral da DBO de 98,66mg/L, bastante inferior à faixa para esgoto bruto (200 – 750mg/L), de acordo com Silva e Mara (1986). Entretanto, pela classificação de concentrações típica de Von Sperling (2005) a faixa de estudo é determinante de um esgoto doméstico muito diluído.

Gráfico 4 - Variação da concentração de DQO durante os meses.



De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) apesar de a partir de junho há uma redução considerável no volume de chuvas em Fortaleza, os meses de março a maio apresentam uma média de 543mm, podendo contribuir significativamente na diluição do esgoto, por meio de entrada de águas pluviais na rede coletora; fato esse, somado a um possível consumo de água nesse período do ano que talvez sejam prováveis motivações para determinações tão abaixo da faixa esperada. Entretanto tal indagação pode estar equivocada, devido alguns fatores que prejudicam a determinação real da DBO; tal como a reação de nitrificação ao longo da rede coletora, podendo interferir na medida da DBO, isto é, a presença de nitrogênio, em meio aeróbio, beneficia a ação de bactérias que oxidam amônia em nitrito como um processo metabólico, bem como as nitrificantes, essenciais para decomposição de matéria orgânica, as quais convertem a amônia a nitrito, e das que convertem nitrito a nitrato.

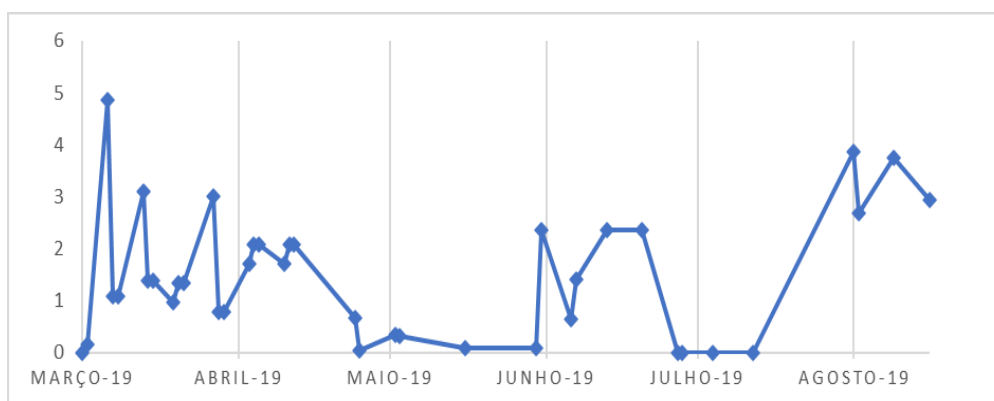
A relação DQO/DBO ficou entre 1,04 e 2,29, que, segundo os valores aceitos, é próximo do típico de esgotos domésticos brutos, cujo valor varia entre 1,7 a 2,4 (VON SPERLING,1996). A análise para a DQO e DBO, respectivamente, mostra que, quanto mais este valor se aproximar de 1,0, mais facilmente biodegradado será o esgoto. Assim, este apresentou potencial de fácil biodegradabilidade. No entanto, deve-se observar que a relação DQO/DBO é diferente para os diversos efluentes e que, para um mesmo efluente, a relação altera-se mediante tratamento, especialmente o biológico (CETESB, 2016).

O ortofosfato ( $PO_4^{3-}$ ) é a fração fosfatada mais simples, corresponde a cerca de 80% do fósforo total, disponível a biota (WEF *et al.*, 2005). Suas principais fontes nos esgotos incluem os fertilizantes, detergentes e os produtos de limpeza. Em estudo foi possível observar a variação das concentrações do afluente, entre a mínima 0,00mg/L e a máxima 3,31mg/L categorizando-se como esgoto doméstico muito diluído, observando os limites de classificação de Von Sperling (2005).

Contida ainda dentro da faixa estabelecida por Araújo (1993), para esgoto bruto, de 2,0 a 7,0mg/L, uma vez que nenhuma legislação para lançamento apresente valor padrão específico para ortofosfato. Mesmo sendo a forma mais assimilável por microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e que em altas concentrações nos corpos receptores juntamente com o nitrato podem desencadear na eutrofização. Ainda assim, normalmente o fósforo é o nutriente mais preocupante, considerando-se o processo de eutrofização, devido ser comumente considerado o nutriente limitante (particularmente em climas quentes), ressaltando a importância de ter o monitoramento e controle deste no lançamento em corpos hídricos, mesmo aqueles com alto potencial de autodepuração (SANTOS, 2019).

Em pesquisa realizada nas localizações de Praia Grande, Baía de Santos, Guarujá e São Sebastião, Moser *et al.* (2004) avaliou a eutrofização das águas costeiras influenciadas pela disposição de efluentes urbanos por meio de emissários submarinos. Foi possível observar que, dentre os outros, a Baía de Santos se destacou devido um maior aporte de amônia e além disso também houve o aumento de concentração desta no período de temporada turística. Incrementos temporários trazem à atenção que, uma vez que haja a depleção imediata do oxigênio, além da morte de organismos aquáticos, há o surgimento de processos anaeróbios que geram compostos voláteis e gases, os quais também podem prejudicar a vida marinha.

Gráfico 5 - Variação da concentração de ortofosfato durante os meses.

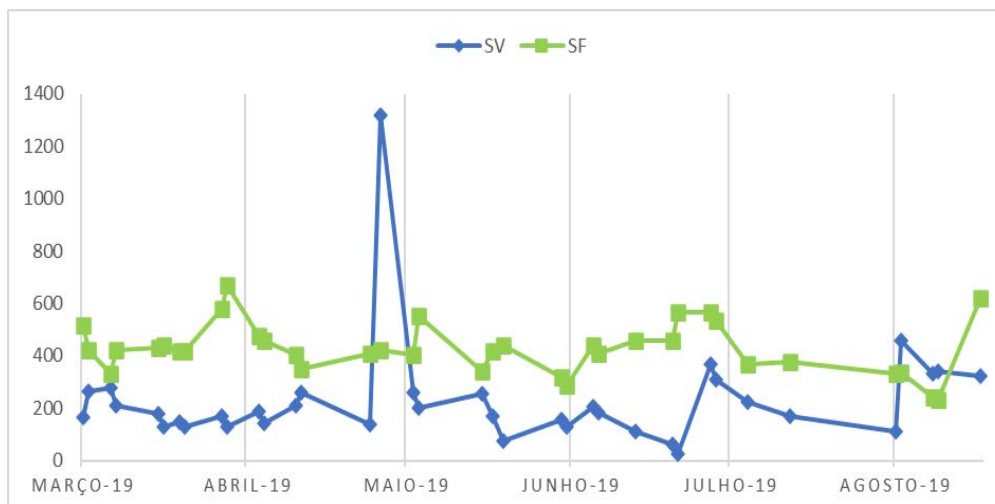


O parâmetro sólidos voláteis (SV) presente no esgoto bruto é composto de gorduras, proteínas, carboidratos e a matéria orgânica total (fração biodegradável) do afluente a EPC. Os valores médios, de março a agosto de 2019, foram de 125,71mg/L a 379,33mg/L. Porém, apesar de apresentar uma faixa com um intervalo de variação muito grande, é possível destacar que apenas no mês de maio não foi apresentada características de um esgoto diluído, atribuídas pela classificação de Metcalf e Eddy (2016); e o valor médio encontrado para o SV do esgoto bruto da EPC de Fortaleza tem variação de 23,1% a 47% dos valores médios encontrados para o sólidos totais.

Entretanto, embora a concentração de sólidos voláteis seja associada principalmente à presença de compostos orgânicos na água, não propicia qualquer informação sobre a natureza específica das diferentes moléculas orgânicas eventualmente presentes. Destes, o processo de volatilização acontece em diferentes faixas de temperatura, sendo a faixa entre 550-600°C uma faixa de referência. Entretanto alguns compostos volatilizam-se a partir de 250°C, enquanto outros exigem temperaturas superiores a 1000°C (CETESB, 2016).

Já o parâmetro sólidos fixos (SF), presente no esgoto bruto, é a matéria inorgânica (fração inerte) do afluente da EPC. Os valores médios, de março a agosto de 2019, foram de 352,40mg/L a 477,71mg/L, característico de um esgoto bruto tipicamente mediano, de acordo com a classificação de Metcalf e Eddy (2016). O valor médio encontrado para o SF do esgoto bruto da EPC de Fortaleza tem variação de 53% a 73% dos valores médios encontrados para o sólidos totais, indicando a porcentagem corresponde à matéria inorgânica.

Gráfico 6 - Variação da concentração de SV e SF durante os meses.



Os sólidos são capazes de provocar danos aos peixes e à vida aquática. Em seu processo de sedimentação podem reter bactérias e resíduos orgânicos, assim, os contaminantes adsorvidos a essas partículas acabam se acumulando no fundo, sendo transferidos para os sedimentos. Portanto, uma das vias de contaminação para os sedimentos se dá pelos sólidos em suspensão que estão presentes no esgoto e que favorecem a decomposição anaeróbia.

Óleos e graxas é um parâmetro considerado de grande relevância face aos problemas e necessidades que podem suscitar. O procedimento de determinação envolve a extração do material, contabilizando assim as gorduras animais e óleos vegetais, bem como graxas e óleos minerais (querosene, lubrificantes etc.). Por apresentarem densidade inferior à da água, formam capas flutuantes, devido sua dificuldade de solubilização e degradação natural (SANTOS, 2019). Neste estudo as concentrações durante os meses foram abaixo das determinações típicas, de 50mg/L para fraco e a 150gm/L para forte, de Metcalf e Eddy (2016).

A mínima mensal 1,30mg/L ocorreu em março, em maio 8,27mg/L foi o valor máximo apresentado para o parâmetro nesse estudo, com faixa de variação baixa dentro da amostragem e com valores inferiores ao mínimo de classificação para esgoto doméstico fraco. Indicando mais uma vez um possível padrão de diluição do afluente em análise, já que no tratamento preliminar da EPC não há um sistema de remoção de teores de gorduras. Abessa *et al.*, (2012) em estudo similar na EPC de Santos / São Vicente, considerou 236mg/L de óleos e graxas um teor alto. Valor este que destoa consideravelmente dos obtidos nesse estudo.

#### 4 Conclusão

Devido às características de potencial turístico e por se tratar de um perímetro com grande densidade habitacional, esperava-se que concentrações de DBO, ortofosfato e especialmente óleos e graxas, fossem acima das classificações para esgoto comum urbano. Entretanto, para estes, as concentrações em grande maioria foram inferiores aos mínimos das faixas de classificação, em conjunto da DQO, DQO/DBO.

Assim sendo, dentro das diversas esferas de diferentes tipos e características de esgoto, o esgoto afluente à EPC de Fortaleza se mostra particularmente diferenciado, uma vez que, dentre todos os parâmetros analisados, os compostos nitrogenados (nitrito e nitrato) destacaram concentrações consideráveis, já que essa parcela demonstra um efluente doméstico parcialmente oxidado. Assim, a amônia se destacou dentre as demais por ultrapassar no mês de agosto valores típicos de esgoto forte.

#### 5 Considerações

De fato, as análises realizadas se mostraram promissoras para o objetivo de caracterização, mesmo que para estas as classificações variem muito de autor para autor, uma vez que as características dos hábitos de consumo da população, o clima, e diversos outros aspectos influenciam diretamente a composição do esgoto.



Vale ressaltar que as análises das coletas são pontuais, apresentando um alto desvio padrão, necessitando de mais análises para um estudo consistente.

A avaliação é que o monitoramento das características do esgoto afluente à EPC é fundamental para a compreensão dos efeitos do lançamento de efluentes no ambiente marinho. Com base no levantamento realizado neste recorte temporal de março a agosto de 2019, podem-se obter várias informações classificatórias. Entretanto acredita-se que é fundamental que em um futuro trabalho haja complementação com a adição de mais parâmetros de análise, monitoramento contínuo e periódico para identificar tendências e observar de forma completa a caracterização integral do afluente da EPC.

Informações como estas servirão de subsídio para a regulamentação do planejamento e operação do emissário submarino de Fortaleza; pois por melhor que seja um programa de monitoramento, ele sempre será um recorte pontual no tempo e no espaço de uma situação sujeita a grandes variações e dependente de múltiplas variáveis.

## Referências

- ABESSA, D. M. S. *et al.* C. Efeitos ambientais da disposição oceânica de esgotos por meio de emissários submarinos: uma revisão. **Mundo da Saúde**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 643-661, 2012. Disponível em: <https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br/mundodasaude/article/view/474>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22nd ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2012.
- ARAÚJO, A. L. C. **Comportamento de formas de Fósforo em Lagoas de Estabilização, em escala piloto, sob diferentes configurações, tratando o esgoto doméstico**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1993. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/2976>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9648**: construção civil: estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.
- CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Chuva máxima do mês por município - AGO/2019**. Fortaleza: SRH/FUNCEME, 2019. Disponível em: <http://funceme.br/app-calendario/mes/municipios/maxima/2019/8>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016**. São Paulo: CETESB, 2017. (Série Relatórios). Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb\\_QualidadeAguasInteriores\\_2016\\_correção02-11.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasInteriores_2016_correção02-11.pdf). Acesso em: 10 fev. 2021.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas litorâneas no estado de São Paulo**: balneabilidade das praias 2004. São Paulo: CETESB, 2005. (Série Relatórios). Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/praias/wp-content/uploads/sites/31/2013/11/apresentacao\\_indice.zip](https://cetesb.sp.gov.br/praias/wp-content/uploads/sites/31/2013/11/apresentacao_indice.zip). Acesso em: 10 fev. 2021.
- FEITOSA, R. C. Emissários submarinos de esgotos como alternativa à minimização de riscos à saúde humana e ambiental. **Ciência & Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 2037-2048, jun. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232017226.15522016>. Acesso em: 19 abr. 2021.
- GONÇALVES, F. B.; SOUZA, A. P. **Disposição oceânica de esgotos sanitários**: história, teoria e prática. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2014.

LAMPARELLI, C. C. Desafios para o licenciamento e monitoramento ambiental de emissários: a experiência de São Paulo. *In*: LAMPARELLI, C. C.; ORTIZ, J. P. (Org.) **Emissários submarinos: projeto, avaliação de impacto ambiental e monitoramento**. São Paulo: SMA/EPUSP, 2006. p. 12-23. (Relatório Técnico CETESB).

MACÊDO, J. A. B. de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2. ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química - MG, 2003.

MENESES, C. G. R. *et al.* Caracterização físico-química e biológica dos resíduos de sistemas tipo tanque séptico-sumidouro da cidade do Natal. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: [s.n.], 2001.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. Tradução: Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill; Porto Alegre: AMGH, 2016.

MOSER, G. A. O. *et al.* Algal growth potential as an indicator of eutrophication degree in coastal areas under sewage disposal influence. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 115–126, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14634980490281443>. Acesso em: 19 abr. 2021.

MOSER, G. A. O. *et al.* Instantaneous transport of salt, nutrients, suspended matter and chlorophylla in the tropical estuarine system of Santos. **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 53, n. 3-4, p. 115-127, Dec. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjoce/a/rSyPJGwfMVhyJwGW5zfHVQJ/?lang=en#>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MOURA, R. B. **Remoção de matéria orgânica e nitrogênio de esgoto sanitário em reator de leito estruturado submetido à aeração intermitente e recirculação do efluente**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-07012015-101331/publico/RAFAEL\\_BRITO\\_DE\\_MOURA.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-07012015-101331/publico/RAFAEL_BRITO_DE_MOURA.pdf). Acesso em: 27 abr. 2021.

PEREIRA, S. P. **Modelagem da qualidade bacteriológica das águas costeiras de Fortaleza (Nordeste do Brasil)**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/5164>. Acesso em: 27 abr. 2021.

PANOSSO, R. *et al.* Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 433-449, dez. 2007. DOI: 10.4257/oeco.2007.1103.12. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/download/5684/4271>. Acesso em 28 abr. 2021.

SANTOS, A. B. (Org.) **Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas em empreendimentos habitacionais**. Fortaleza: Impreco. 2019.

SILVA, A. C. *et al.* Estudo hidrodinâmico, climático e bacteriológico associado às fontes pontuais de poluição ao longo do litoral de Fortaleza. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 83-90, abr./jun. 2009. DOI: 10.21168/rbrh.v14n2.p83-90. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=11&SUMARIO=138>. Acesso em: 20 abr. 2021.

SILVA, S. A.; MARA, D. D. **Tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1986. 196p.

TOMMASI, L. R. Impacto da disposição oceânica de esgotos municipais no ambiente costeiro: uma síntese. **Engenharia Sanitária. Caderno Técnico**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 412-8, 1987. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000766262>. Acesso em: 13 abr. 2021.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias-Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. v. 1.

Water Environment Federation (WEF); American Society of Civil Engineers (ASCE); Environmental Water Resources Institute (EWRI). **Biological nutrient removal (BNR) operation in wastewater treatment plants (ASCE/EWRI Manuals and Reports on Engineering Practice)**. New York: McGraw-Hill, 2005.

ZHENG, X. C.; LI, Y. X. **Nitrogen and Phosphorus Removal Technologies in Wastewater**. Beijing, China: China Architecture and Building Press, 1998.

### **Sobre os autores**

---

#### **Isabelly Silveira Freitas**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, IFCE - Campus Quixadá

#### **Silvio Luiz de Sousa Rollemberg**

Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (2014), mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará (2017) e doutorado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará (2020). Atualmente é professor do INSTITUTO FEDERAL DO CEARÁ e professor de pós graduação da Universidade de Fortaleza. No âmbito profissional, é coordenador técnico da Recovery Ambiental, responsável pelos projetos e operação dos sistemas biológicos e físico-químicos. Foi eleito diretor de saneamento da ABES Seção CE (2019-2021).

---

**Avaliado em:** 25.04.2022

**Aceito em:** 20.09.2022