



## O Impacto dos estudos de vazão no dimensionamento de uma ETE.

**Matheus Alves Silviano**

**Universidade Federal de Sergipe** ([mathsilviano@yahoo.com.br](mailto:mathsilviano@yahoo.com.br))

### Resumo

Finalizada em 2015, em seus primeiros anos de funcionamento a estação de tratamento de esgotos do campus Prof. José Aloísio de Campos da UFS apresentou fluxos de entrada de esgotos muito mais baixos que os estimados em projeto. Nesse trabalho, com auxílio de dados disponíveis nos relatórios de gestão da instituição, realizou-se um estudo focado nas projeções de vazões para encontrar a valores mais condizentes com a realidade observada na estação. No desenvolvimento do estudo foi observado que os valores de vazão estimados no trabalho foram cerca de 2,8 vezes menores que os apresentados em projeto, o que gerou uma redução de cerca de 70% nos custos de implantação estimados para a ETE.

**Palavras-chave:** Estação de tratamento de esgotos; Estudos de projeção de vazão; Dados de entrada; Universidade Federal de Sergipe.

**Área Temática:** Águas Residuárias

## The impact of flow rate studies on the dimensioning of a WTP

### *Abstract*

*Finalized in 2015, on its early years of operation the wastewater treatment plant sited on the campus Prof. José Alóisio de Campus of the Federal University of Sergipe presented low levels of waste flow in comparison with the estimated on the project. In this work, assisted by datas provided on annual reports from the institution, was made a study focused on flow projections to find more accuracy values. In the development of the study, was observed that the values of the avarage flow found on this work was about 2,8 times smaller than the ones brought on project. The reduction on those values was responsible for minor the costs of implantation in about 70% of the whole cost.*

**Key words:** Congress on the Environment. Wastewater treatment plant; Flow rate studies; Input Data; Federal University of Sergipe!

**Theme Area:** Select one of the theme areas of the Congress (consult the information about the registration of the studies)



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

### 1 Introdução

O intenso processo de urbanização e industrialização característico das últimas décadas, assomado à falta de planejamento do uso dos solos vem causando um acentuado processo de degradação ao meio ambiente e gerando uma sobrecarga nos recursos hídricos reduzindo a qualidade de seus afluentes (STACCIARINI, 2002 *apud*. Daltro *et al*). Um dos principais agentes causadores do estresse dos recursos hídricos é a contribuição clandestina de dejetos sanitários sem tratamento adequado.

Embora notória a necessidade da execução e do funcionamento dos serviços de esgotamento o Brasil possui um baixo índice de coleta e tratamento de esgotos, sobretudo em função de suas proporções continentais e das adversidades políticas que acometem o país. No ano de 2015 apenas 50% dos esgotos gerados eram coletados, e desses, menos da metade possuíam algum tipo de tratamento (SNIS, 2017). A situação fica ainda mais precária em localidades afastadas dos centros urbanos.

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de projeção de vazão e perceber o impacto sobre o dimensionamento e os custos totais de uma estação de tratamento de esgotos. Sua realização foi possível através de um estudo de casos na estação de tratamento de esgotos da Universidade Federal de Sergipe situada no *campus* Prof. José Aloísio de Campos.

### 2 Materiais e Métodos

#### - Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido no *campus* Prof. José Aloísio de Campos da Universidade Federal de Sergipe – UFS localizado na cidade de São Cristóvão na região litorânea do estado de Sergipe. De acordo com delimitação topográfica o *campus* possui uma área de aproximadamente 89,2 ha e atende mais de 20000 alunos dentro das modalidades de graduação e pós-graduação (UFS, 2015).

O foco do estudo é a estação de tratamento de esgotos da universidade (Figura 01). Seu projeto foi iniciado no ano de 2010 com previsão de término para 2012, porém a estação só entrou em pleno funcionamento no ano de 2015.

Figura 1 – Estação de tratamento de esgotos UFS



Fonte: Santos (2015) *apud* Menezes (2016).



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

### -Metodologia

Inicialmente e durante toda a extensão do trabalho, foram realizadas consultas aos memoriais descritivos e de cálculo fornecidos pela empresa responsável pela empreitada. Desses documentos puderam ser extraídos dados como projeção de população anual, medidas de vazões médias e máximas para cada ano de alcance do projeto além de informações detalhadas sobre todo o dimensionamento da estação de tratamento de esgotos.

A etapa consecutiva consistiu em analisar as vazões de entrada observadas desde o início do funcionamento da ETE e compará-las aos dados previstos em projeto no ano em questão. Notada uma elevada discrepância entre esses dados, foi realizada uma nova projeção de vazões para o período de projeto, considerando o mesmo crescimento populacional.

Em seguida, para que pudesse ser feita a estimativa das vazões de maneira coerente, a decisão foi de procurar entender o comportamento do consumo de água *per capita* na universidade. Sendo assim, foi consultado o histórico de consumo anual de água na universidade disponível nos relatórios anuais de gestão da instituição entre os anos de 2000 a 2010, mesmo período disponível e utilizado na realização do projeto. Com esses dados à disposição e relacionados ao número de alunos em cada um desses anos, também disponível no mesmo documento, pode-se determinar estatisticamente um valor médio de consumo diário para o período e assim determinar as vazões médias para todo o alcance de projeto.

Com os novos valores de vazões encontrados, foi realizado o dimensionamento volumétrico das etapas da fase líquida do tratamento para o trabalho e comparados ao realizado em projeto. Posteriormente, foi feita uma comparação entre as estimativas de custos de implantação e de manutenção das duas situações de modo a quantificar a diferença do preço de cada.

### 3 Resultados e Discussão

De maneira a verificar se os valores de vazão estimados em projeto eram congruentes aos valores observados nos primeiros anos de funcionamento da estação de tratamento, fez-se uma comparação daqueles com os dados apresentados por Menezes (2016) e Silveira (2017). Pode-se observar que existe uma grande discrepância entre os valores, como pode ser visto na Tabela 01.

Tabela 01 – Comparaçao de vazões

Ano	2016	2017
Vazão média prevista (l/s)	14,9	15,2
Vazão média observada (l/s)	2,7	2,5

Fonte: o autor

Com auxilio dos dados de população e volume de consumo de água pode-se encontrar um valor médio para o consumo diário de água por habitante na universidade (Tabela 02).

Tabela 02 – Consumos médios de água diárias para cada ano entre 2000 e 2010.

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
População UFS	9051	9730	10395	11077	11568	11973	12612	13963	15264	16865	19585
Consumo anual (m³)	60040	60490	75443	90828	93099	65445	78040	74560	112000	116000	114000
Consumo(l/hab.dia)	18,43	17,27	20,16	22,78	22,36	15,18	17,19	14,83	20,38	19,11	16,17



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Fonte: o autor.

Definidos os consumos médios diários para cada ano, vistos na tabela 02, foi encontrado um valor médio de consumo igual a 18,53l/hab.dia, resultado bem menor que os 65l/hab.dia adotados em projeto. O valor encontrado mostrou-se similar aos da Universidade Federal da Bahia, na qual a taxa de consumo *per capita* de água é de aproximadamente 18l/hab.dia (AGUA PURA, 2017). Determinado este valor, pode-se utilizá-lo para o cálculo das vazões esperadas para cada ano (Tabela 03).

Tabela 03 – Comparaçao de vazões disponíveis.

Ano	População projeto	Vazão média projeto(l/s)	Vazão média estimada(l/s)	Vazão média observada(l/s)
2012	20.564	13,7	5,31	-
2013	21.071	14,0	5,39	-
2014	21.592	14,3	5,48	-
2015	22.125	14,6	5,57	2,5
2016	22.671	14,9	5,67	2,7
2017	23.231	15,2	5,76	2,5
<b>2032</b>	<b>33.492</b>	<b>21,2</b>	<b>7,52</b>	-

Fonte: o autor

Os valores para as vazões médias diárias estimadas para cada ano mostraram-se bastante reduzidos se comparados aos indicados em projeto, além de mais aproximados aos dos três primeiros anos de funcionamento da estação de tratamentos. Visto que, segundo o método de Jordão e Pessoa (2005), o dimensionamento de todas as etapas de tratamento da fase líquida dependem do valor da vazão média final de projeto, a redução nas vazões encontradas afetarão de maneira efetiva os volumes de cada componente.

No dimensionamento dos reatores DAFA (Quadro 01) optou-se por aumentar o tempo de detenção hidráulico visando atingir uma maior eficiência na digestão anaeróbia, além de gerar maior folga no volume do reator.

Quadro 01 – Parâmetros analisados para o reator DAFA

PARÂMETROS ANALISADOS	DAFA-PROJETO	DAFA - TRABALHO	RECOMENDAÇÕES NBR 12209/11
Tempo de Detenção	6 horas	8 horas	$6 \leq t \leq 10$
Eficiência (%)	71,42	75,25	-
Vazão média diária (m/s)	21,16	7,524	-
Vazão máxima diária (m/s)	36,664	12,121	-
Altura útil (m)	5,1	5,5	$4 \leq h \leq 6$
Seção Adotada (m x m)	2x(10x5)	2(5x4)	-
Vel.Ascensional p/ Qmed (m/h)	0,762	0,645	$\leq 0,7$
Vel.Ascensional p/ Qmax (m/h)	1,319	1,04	$\leq 1,2$
Área da Seção (m <sup>2</sup> )	100	40	-
Volume Reator (m <sup>3</sup> )	510	220	-

Fonte: o autor.

Pôde-se verificar que os valores das velocidades ascensionais nos tanques de digestão presentes no projeto de concepção da ETE-UFS extrapolam os limites sugeridos pela NBR 12209/11. Altas velocidades de ascensão prejudicam a eficiência da digestão anaeróbia, pois



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

carreiam lodo para os níveis superiores dos DAFAS, direcionando-os para etapas posteriores de tratamento e reduzindo a manta orgânica digestora no reator.

Em relação às dimensões do reator, o volume encontrado foi de 220m<sup>3</sup>, cerca de 45% do volume estimado em projeto. Tal discrepância poderia ainda atingir maior proporção caso fosse mantido o tempo de detenção de 6 horas adotado em projeto já que o valor encontrado seria de aproximadamente 165m<sup>3</sup>, 32% do volume atual do digestor.

A área da seção encontrada foi de aproximadamente 40m<sup>2</sup>, 40% da seção adotada em projeto (100m<sup>2</sup>). Isto posto, foi adotada a divisão do reator em duas células de seção retangular de 5 metros de largura por 4 metros de comprimento (20m<sup>2</sup>), tornando possível a modulação do digestor, aumentando ou reduzindo o volume do mesmo de acordo com a demanda do sistema.

Devido à redução das vazões adotadas, além do aumento do tempo de detenção hidráulica do DAFA, aumentando assim a eficiência do mesmo, foram encontrados valores bastante reduzidos para o volume dos tanques de aeração.

O aumento da eficiência dos DAFAS reduz o valor da massa de DBO no seu efluente, que alimenta o tanque de aeração. A massa de substrato efluente ao reator e a vazão média, serão os principais parâmetros para a determinação do volume dos tanques de aeração, podendo ser vistas junto com os resultados dos dimensionamentos no Quadro 2.

Quadro 2 – Parâmetros analisados para os lodos ativados

PARÂMETROS ANALISADOS	PROJETO	TRABALHO
Concentração DBO afluente ao reator	85,74	74,25
Massa de substrato diária afluente ao reator	156,74	48,26
Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis	350	350
Fator de Carga	0,8	0,7
Seção do Tanque (m x m)	(8x28)	(4x17)
Altura útil (m)	3	3
Tempo de detenção (h)	8,16	7,53
Volume do Tanque (m <sup>3</sup> )	672	204

Fonte: o autor

O volume encontrado para o tanque de aeração foi de 204m<sup>3</sup>, cerca de 3,3 vezes menor que o valor adotado em projeto. Ainda pode ser observado que o fator de carga e o tempo de detenção hidráulico utilizados em projeto não estão de acordo com os valores explicitados na norma 12209/11, valores esses de 0,2 a 0,7 e de 6 a 8 horas, respectivamente (ABNT, 2011).

O superdimensionamento dos tanques de aeração além de influenciar nos custos de construção e operação também afetará o dimensionamento dos aeradores mecânicos, os quais têm sua potência diretamente proporcional ao volume dos tanques. Utilizada a densidade de potência mínima prevista por norma de 10W/m<sup>2</sup> (ABNT, 2011), o dimensionamento dos aeradores pode ser visto no Quadro 3.

Quadro 3 – Dimensionamento dos aeradores

PARÂMETROS ANALISADOS	PROJETO	TRABALHO
Número de aeradores	2	1
Potência Necessária	10	3

Fonte: O autor



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Devido à redução da vazão adotada para o novo dimensionamento das componentes, não se faria necessária a utilização de um aerador mecânico adicional no projeto, conforme a NBR 12209/11 (ABNT, 2011).

O dimensionamento dos tanques de contato é função da razão entre a vazão média pelo tempo de detenção hidráulico. Utilizando o tempo de detenção sugerido por Jordão e Pessôa (2005) de 30 minutos (0,02 dia) o volume encontrado pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4 – Parâmetros analisados para os tanques de contato

PARÂMETROS ANALISADOS	PROJETO	TRABALHO
Tempo de Detenção (dia)	0,02	0,02
Vazão Média (m <sup>3</sup> /dia)	1828,14	650,06
Volume (m <sup>3</sup> )	36,5	13

Fonte: o autor

Visto que foi adotado o mesmo tempo de detenção em ambos os casos, os valores dos volumes tem razão similar à razão das vazões, sendo o volume do tanque de contato adotado em projeto aproximadamente 2,8 vezes maior que o valor encontrado no presente trabalho. As dimensões adotadas para os tanques de contato podem ser vistas no Quadro 5.

Quadro 5 – Dimensões adotadas para os tanques de contato

DIMENSÕES ADOTADAS	PROJETO	TRABALHO
Comprimento (m)	9	6
Largura(m)	4	2
Altura útil (m)	1,2	1,2
Volume final adotado (m <sup>3</sup> )	43,2	14,4

Fonte: o autor.

Finalizado os dimensionamentos, com o auxílio da Tabela 4, foram estimados custos de implantação e manutenção para a ETE dimensionada em projeto e no trabalho, de maneira a comparar os gastos ocorridos em ambos os casos.

Tabela 4 – Características típicas dos principais sistemas de tratamento de esgotos

SISTEMA	DEMANDA DE ÁREA (m <sup>2</sup> /hab)	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (R\$/hab)	CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (R\$/hab.ano)
UASB + lodos ativados	0,08-0,2	70-110	7-12

Fonte: adaptado de Von Sperling (2005)

Uma vez que os custos unitários de implantação e manutenção são dados em função do número de habitantes, fez-se necessário realizar um amortecimento das populações de cada situação, visto que os dados apresentados na tabela 4 são padronizados para populações nas quais cada indivíduo contribui para os sistemas de esgotamento em aproximadamente 160 litros de esgoto por dia.

Definido um coeficiente de amortização, o qual o valor é igual à razão entre a contribuição diária de uma pessoa em litros pelo valor de 160 litros indicado no anexo, foram encontradas as seguintes populações efetivas vistas na Tabela 5.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Tabela 5 – Dados para estimativa de populações efetivas

DADOS	PROJETO	TRABALHO
População Real	33492	33492
Contribuição de esgotos diária por pessoa (l)	50	14,8
Coeficiente de amortecimento	0,3125	0,0925
População efetiva	10467	3099

Fonte: o autor.

Encontrada a população efetiva para ambos os casos pode-se estimar os custos para cada uma das situações. Para o cálculo do custo de implantação foi utilizado o valor *per capita* de R\$90/hab enquanto que para o custo de operação anual foi escolhido o valor de R\$9,5/hab.ano. Os valores dos respectivos custos totais podem ser vistos na Tabela 5.

Tabela 5 – Custos de implantação e manutenção

DADOS	PROJETO	TRABALHO
Custo implantação (R\$):	941962,5	278820,9
Custo manutenção anual (R\$.ano):	99429,3	29431

Fonte: o autor.

O método para essa estimativa de custos é bastante simplificado, logo os preços podem não se encontrar efetivamente coerentes com a realidade atual. Entretanto, esse método nos traz uma ideia do prejuízo inerente a um suposto superdimensionamento. A implantação da ETE dimensionada em projeto e sua manutenção mostraram-se aproximadamente 3,4 vezes mais onerosas que as mesmas para a dimensionada no trabalho.

## 4 Conclusões

A partir dos dados apresentados, ficou evidenciado que a falta de um estudo de previsão de vazões adequado para o projeto de uma ETE pode implicar grandes prejuízos. Uma simples análise dos padrões de consumo de água dos anos anteriores à construção da estação de tratamento estudada poderia ter reduzido 70% dos custos totais de implantação da mesma, quantia essa que poderia ser revertida em outros investimentos em infraestrutura na instituição.

Também se fez notório que, embora os dados de entrada estivessem coerentes com os sugeridos por norma, esses não se aplicam a todas as situações fáticas. Tendo isso vista, torna-se importante buscar entender esses dados e verificar-los na realidade estudada.

Sendo assim, mostra-se de essencial importância a realização de estudos de tratamentos de dados e também a utilização de outras ferramentas de coleta de dados como os ensaios em laboratório ou *in loco*. É importante que exista essa ciência para que se possam evitar excessos na hora de construir, reduzindo os custos e as agressões ao meio ambiente.

## 5 Referências Bibliográficas

AGUA PURA. Programa de uso racional de água energia – AGUAPURA. Disponível em: <<http://teclim.ufba.br/web/aguapura/>> acesso em: 7 de outubro de 2017.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209/11:** Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

FILHO, José Daltro; FONSECA, Leonardo de Melo; NOU, Gabrielle Cardoso Gonçalves; NOBRE, Fernanda Silva de Melo. **Aspectos gerais sobre a qualidade ambiental e sanitária de um rio urbano:** o caso do trecho urbano do rio Poxim, situado no bairro Jabotiana, Aracaju-SE. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – MG – 2014.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 4 ed. Rio de Janeiro: Segrac, 2005.

LJ ENGENHARIA. **Manual de Operação ETE UFS.** São Cristóvão, 2012.

MENEZES, Itamires Santos de. **Avaliação do Tratamento Preliminar da Estação de Tratamento de Efluentes do Campus de São Cristóvão da UFS.** São Cristóvão: UFS, 2016.

SILVEIRA, Lucas Fonseca Carvalho. **Avaliação do Tratamento Secundário da Estação de Tratamento de Efluentes do Campus de São Cristóvão da UFS.** São Cristóvão: UFS, 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE. **Relatório de Gestão 2007/ COGEPLAN.** São Cristóvão: UFS, 2008. 268 p

\_\_\_\_\_. **Relatório de Gestão 2008/ COGEPLAN.** São Cristóvão: Silvania Couto da Conceição, 2009. 122 p

\_\_\_\_\_. **Relatório de Gestão 2009/ COGEPLAN.** São Cristóvão: Silvania Couto da Conceição e Adilma Menezes, 2010. 118 p

\_\_\_\_\_. **Relatório de Gestão 2010/ COGEPLAN.** São Cristóvão: Silvania Couto da Conceição, 2011. 197 p

\_\_\_\_\_. **Relatório de Gestão 2015/ COGEPLAN.** São Cristóvão: Silvania Couto da Conceição, 2016. 388 p

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, v. 1, 2005. 452 p.