

## II-022 - CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE GERADO NO CAMPUS POÇOS DE CALDAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

**Luiz Felipe Ramos Turci<sup>(1)</sup>**

Engenheiro eletricista, doutor em Ciência da Computação e Engenharia Eletrônica.

**Leda Carolina Carvalho Menezes<sup>(2)</sup>**

Engenheira Química, mestranda em Ciência e Engenharia Ambiental.

**Rafael Brito de Moura<sup>(3)</sup>**

Engenheiro ambiental, doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. Rodovia José Aurélio Vilela 11999, Cidade Universitária, Poços de Caldas-MG CEP37715-400 – Tel: +55 (35) 36974748 – e-mail: luiz.turci@unifal-mg.edu.br.

### RESUMO

Esse trabalho visou caracterizar o efluente gerado no campus Poços de Caldas da UNIFAL-MG, analisar estatisticamente como as características do efluente são influenciadas por diversas variáveis e definir valores de referência por indivíduo. Foi verificado que DQO e sólidos dissolvidos variam de acordo com os dias da semana, enquanto pH, cloreto e condutividade não sofrem essa influência. Também foi verificado que não há diferenças entre os valores médios de pH do período letivo e de férias, enquanto DQO, cloreto e condutividade têm médias estatisticamente menores em férias do que em dias letivos. Ao longo de perfis temporais foi verificado que pH, DQO, sólidos totais (fixos e voláteis) e sólidos suspensos (fixos e voláteis) não têm médias estatisticamente diferentes ao longo do dia. Os testes de correlação demonstraram que a população acadêmica não interfere diretamente no pH e nas concentrações de DQO, sólidos totais (fixos e voláteis) e sólidos suspensos (fixos e voláteis), mas interfere na quantidade de água consumida no campus. Além disso, o número de refeições servidas pode interferir em alguns parâmetros. Considerando todas as análises realizadas, as médias encontradas foram (em mg/l) DQO:  $625,38 \pm 347,30$ , sólidos totais:  $507,60 \pm 207,30$ , sólidos totais voláteis:  $311,90 \pm 161,10$ , sólidos totais fixos:  $205,00 \pm 120,50$ , sólidos suspensos voláteis:  $102,80 \pm 82,90$ , sólidos suspensos fixos:  $24,60 \pm 0,43$ , nitrogênio amoniacal:  $9,30 \pm 4,99$ , sólidos dissolvidos:  $399,05 \pm 172,13$ , cloreto:  $189,41 \pm 78,09$ . Para o pH a média foi  $7,07 \pm 0,59$  e para condutividade  $787,89 \pm 307,58 \mu\text{S/cm}$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Caracterização de efluente, carga per capita, análise de variância.

### 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Com o aumento expressivo da urbanização observado nas últimas décadas, fica evidenciado o desequilíbrio gerado entre as atividades antrópicas e o meio ambiente. Se, por um lado, ganhou-se em novas tecnologias, facilidade e rapidez de comunicação, transporte e execução das mais diversas ações, por outro, atrelado a cada uma das atividades humanas está o consumo de recursos hídricos, a geração de resíduos sólidos e de efluentes que levam a alterações do ambiente natural.

Nesse sentido, os serviços de saneamento básico, incluindo abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, manejo de águas pluviais, gestão de resíduos sólidos dentre outros serviços correlatos, tornam-se importantes, em um primeiro momento, como essenciais à saúde pública.

Uma das formas mais significativas de degradação dos recursos hídricos é o lançamento de efluentes *in natura* nos corpos d'água. Esse lançamento direto causa alterações na qualidade da água que inviabilizam não só a utilização para abastecimento público como prejudicam os demais seres vivos que dependem do recurso. Dentre as principais alterações nos parâmetros de qualidade de água está o aumento da turbidez (prejudicando a penetração de luz e a fotossíntese), aumento da carga de nutrientes (podendo causar eutrofização dos corpos d'água), aumento da carga orgânica e consequente diminuição do oxigênio dissolvido na água (prejudicando os seres aquáticos aeróbios), aumento da quantidade de organismos patogênicos presentes na água, gerando riscos à saúde pública [1].

Nesse sentido, os serviços de saneamento básico, incluindo abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, manejo de águas pluviais, gestão de resíduos sólidos dentre outros serviços correlatos, tornam-se importantes, em um primeiro momento, como essenciais à saúde pública.

As Instituições de Ensino Superior têm papel de fundamental importância não só no fornecimento de informações e conhecimento como também no processo de desenvolvimento tecnológico. Essa capacidade pode e deve ser utilizada na construção de uma sociedade sustentável e, dessa forma, é indispensável que a própria instituição incorpore práticas de sustentabilidade [2].

Tendo em vista que uma das consequências das atividades praticadas nos *campi* universitários é a geração de esgoto, torna-se importante a preocupação das instituições com essa questão, tendo em vista que a mesma tem implicações tanto sanitárias como ambientais.

Dessa forma, diversas universidades têm buscado caracterizar e implantar estações de tratamento de esgoto em seus *campi*, demonstrando sua preocupação com as questões ambientais e se afirmando como referência no quesito sustentabilidade para as cidades e demais instituições. Podem ser vistas ações nesse sentido na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) que conta desde a década de 80 com uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em seu *Campus* Central na cidade de Natal [3], e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) que tem um Centro Experimental de Tratamento de Esgotos (CETE – UFRJ) com uma área aproximada de 2500m<sup>2</sup>, dotada de 13 diferentes unidades capazes de tratar o esgoto sanitário através de reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente em Manta de Lodo) de aproximadamente 500 habitantes cada uma [4].

Além disso, diversas instituições já realizaram estudos quanto a caracterização e tratabilidade de seu efluente, como a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) que encontrou valores médios de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) de 670 e 300 mg/L respectivamente, que são concentrações típicas de esgoto doméstico [5].

Portanto, este trabalho visa caracterizar o quantitativamente e qualitativamente o esgoto do *campus* de Poços de Caldas da UNIFAL – MG, buscando para determinar parâmetros que seriam necessários em projetos para implantação de um sistema de tratamento, bem. Além disso, tendo em vista que já há parâmetros pré-determinados para implantação de estações para tratamento de esgoto doméstico, o trabalho visa determinar parâmetros básicos relacionados às atividades de uma universidade.

## 2. PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DE EFLUENTES

Segundo Jordão e Pessoa [6], o teor de matéria sólida é uma importante característica física de dimensionamento e controle de operações em unidades de tratamento de esgoto. A remoção dessa matéria sólida é fonte de uma série de operações unitárias de tratamento. Os sólidos totais do esgoto podem ser definidos como a matéria residual após evaporação a 103°C. Se este resíduo é calcinado a 550 – 600°C, as substâncias orgânicas volatilizam e as minerais permanecem em forma de cinza, o que caracterizará os sólidos voláteis e fixos.

Um das principais consequências da presença de matéria orgânica na água é o consumo do oxigênio ali dissolvido. Dessa forma, o parâmetro frequentemente utilizado para essa avaliação é a Demanda Química de Oxigênio (DQO). A DQO é uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica presente no efluente. Esse parâmetro mede o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica [1].

Outro parâmetro importante na caracterização de efluentes é o potencial hidrogeniônico (pH) já que se estiver fora da faixa recomendada (6,0 – 9,0) podem atrapalhar o tratamento biológico [7].

Já o cloreto, provenientes de esgoto sanitário ou efluentes de determinadas atividades industriais, constituem um interferente de tratamento anaeróbio e, portanto, é importante para investigação científica [8].

Segundo Metcalf & Eddy [7], o nitrogênio é um elemento complexo, devido aos vários estados de oxidação que o mesmo pode assumir. Dentre as principais formas do nitrogênio encontradas em esgotos está a amônia (NH<sub>3</sub>), encontrada, principalmente, em soluções com pH maiores, sendo que em pH menores, ela se encontra na forma de NH<sub>4</sub>.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. AMOSTRAGEM DO EFLUENTE:

Amostragens semanais foram realizadas, sendo ao menos três coletas para cada dia da semana no período de aula e ao menos três coletas para o período de férias, sendo o horário da realização sempre referente ao da primeira aula da manhã, ou seja, entre 08h00 e 10h00. Essas coletas de amostras semanais foram encaminhadas ao laboratório do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) onde foram realizadas análises de DQO, pH, condutividade, cloretos e sólidos dissolvidos.

O ponto de coleta foi o último poço de visita (P.V.) antes da Estação Elevatória de Esgoto localizada no *campus* da UNIFAL – MG em Poços de Caldas. A amostragem foi realizada em frasco de polietileno e armazenada sob refrigeração até que fossem realizadas as análises.

### 2.2. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

A análise de sólidos dissolvidos realizada semanalmente no laboratório do DMAE foi feita por medição através de um condutivímetro marca Orion modelo 115. As análises dos demais parâmetros, tanto no laboratório do DMAE quanto na UNIFAL-MG, foram realizadas conforme o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [9] sendo utilizadas as seguintes metodologias: 4500-H+ B (pH - potenciométrico); 2540 G (Sólidos Totais) ; 2540 D (Sólidos Suspensos Totais), 2540 E (Sólidos Fixos e Voláteis) ; 5220 D ( DQO – colorimétrico) ; 4500 Cl- E (Cloreto) e 4500 – NH<sub>3</sub>-C (nitrogênio amoniacal).

### 2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A fim de analisar a influência dos fatores “dias da semana” e “período letivo (aulas/férias)” nas características do efluente, foram realizadas análises de variância com significância 5%, teste de comparação de média Tukey. Para análise dos resíduos no que diz respeito à normalidade, independência e homogeneidade foram realizados os testes Shapiro-Wilk, Durbin-Watson e Bartlett, respectivamente. O software utilizado para a realização dos testes foi o R.

Para realizar uma análise complementar, foi verificado o efeito da ausência ou presença de chuva nas 24h precedente a coleta. Para isso, primeiramente foram utilizados os testes supracitados e, posteriormente, foi realizada um análise PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance Using Distance Matrices*) por ser um teste mais robusto.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizadas as amostragens semanais do efluente do *campus* Poços de Caldas da UNIFAL – MG, conforme metodologia descrita nos itens 3.1 e 3.2. Como para cada dia da semana foram feitas 3 amostragens, com os resultados obtidos para cada dia foram calculados média e desvio padrão, os quais foram representados graficamente. Essa atividade permitiu analisar o comportamento dos diversos parâmetros em relação aos dias da semana e em relação às variáveis como ocorrência de chuva nas 24h precedentes a coleta.

Uma das amostragens realizada para compor o período de férias apresentou valores muito superiores aos demais para o mesmo período (sólidos dissolvidos: 367 mg/l, DQO: 1246,00 mg/l, cloreto: 166,00 mg/l, condutividade 912,00 mS/cm). Tendo em vista que na data de realização dessa análise, 21/12/2015, ainda estavam ocorrendo provas finais, concluiu-se que essa amostra não era bastante representativa para o período de férias. Trabalhou-se, então, com dois resultados para férias para os quais foi possível utilizar valores de referência das Análises de Perfil Diários para complementar o terceiro ponto, com exceção dos parâmetros pH e DQO.

Através dessas análises, pode-se observar que o pH é parâmetro que menos varia ao longo da semana. Além disso, os valores flutuam próximos à neutralidade, sendo o valor mínimo encontrado de 6,61 e o máximo de 7,95.

A DQO apresentou uma grande variabilidade. A menor média foi de  $151,67 \pm 117,16$  mg/l no período de férias e no período letivos atingiram valores de até  $1262,33 \pm 328,00$  mg/l. Na caracterização realizada por Bertolino et. al (2008) os valores encontrados foram menores, sendo o ponto de amostragem com maior concentração média apresentando o valor de  $670 \pm 94$  mg/l. Contudo, observa-se que a o desvio padrão encontrada para esse parâmetro também foi alto, chegando até 302 mg/L em um determinado ponto.

O parâmetro sólidos dissolvidos apresentou médias entre 81,50 mg/l para o período de férias até  $550,00 \pm 47,47$  mg/l para a máxima média letiva.

A condutividade apresentou valores entre 167,60 mS/cm para o período de férias até  $1023,00 \pm 127,66$  mS/cm para terças-feiras letivas. Bertolino et. al (2008) em seu trabalho encontrou médias para seus pontos de amostragem que variaram entre  $0,530 \pm 0,199$  mS/cm e  $0,758 \pm 0,081$  mS/cm. Mais uma vez, o efluente da UNIFAL-MG, *campus* Poços de Caldas, obteve valores superiores que o trabalho referenciado.

Foi realizado um teste de análise de variância, com nível de significância de 5%, para verificar o comportamento dos parâmetros analisados em função do fator o dia da semana e período de férias. Foi utilizado o software R. Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 1.

Primeiramente, pode-se observar que, para o nível de significância trabalhado, os resíduos podem ser considerados normais, independentes e homogêneos, apresentado p-valores  $> 0,05$  em todos os casos. Dessa forma, é possível fazer inferências a respeito dos resultados encontrados.

**Tabela 1: Resultados encontrados para a análise de variância dos parâmetros analisados em relação aos dias da semana e o período de férias. Nível de Significância = 95%.**

Parâmetro	ANOVA com Teste de SNK Pr>Fc	Teste de Normalidade dos Resíduos (Shapiro-Wilk) p-valor	Teste de Independência (Durbin-Watson) p-valor	Teste de Homogeneidade de Variância (Bartlett) p-valor	Grupos (Dias da Semana e Férias)
pH	0,73966	0,7642	0,7202	0,3809	-
DQO	0,00055715	0,682	0,4965	0,08494	a (Seg, Ter, Qui) b (Qua, Sex, Férias)
SÓLIDOS DISSOLVIDOS	0,0011933	0,6853	0,2776	0,5761	a(Seg, Ter, Qui, Sex) b(Qua) c(Férias)
CLORETO	0,003875	0,569	0,1698	0,3682	a(Seg, Ter, Qua, Qui, Sex) b(Férias)
CONDUTIVIDADE	0,002893	0,3385	0,4175	0,4819	a(Seg, Ter, Qua, Qui, Sex) b(Férias)

O teste ANOVA demonstrou que, para o nível de significância trabalhado, o parâmetro pH não varia de acordo com o dia da semana ou férias. Já para os demais parâmetros, pode-se dizer que suas médias são estatisticamente diferentes, de acordo com os grupos apresentados na Tabela 1. Para o parâmetro DQO, por exemplo, pode-se dizer que não há variação entre Segunda, Terça e Quinta, e Quarta, Sexta e Férias. Contudo, esses dois grupos são diferentes entre si, sendo que o segundo apresenta menores médias de DQO que o primeiro. Para o parâmetro sólidos dissolvidos, foi observado que não há diferença entre Segunda, Terça, Quinta e Sexta. Contudo, Quarta Feira apresentou menores valores que esse primeiro grupo. Ainda assim, o período de férias mostrou-se diferente dos demais, formando um terceiro grupo, com a menor média dos três. Os parâmetros cloreto e condutividade apresentaram dois grupos: um dos dias letivos (Segunda a Sexta) e um diferente, de férias, que apresentou valores menores que os demais.

Metcalf e Eddy [8] propuseram uma classificação das concentrações típicas de esgoto bruto doméstico, apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2: Composição típica do esgoto doméstico.**

Parâmetro	Unidade	Concentração		
		Fraco	Médio	Forte
Sólidos dissolvidos	mg/L	270	500	860
DQO	mg/L	250	430	800

Fonte: Adaptado de Matcalf e Eddy (2003)

Dessa forma, para o período de férias, os dois parâmetros em questão mostraram-se mais próximos de um esgoto doméstico fraco. Para o período letivo, considerando o parâmetro sólidos dissolvidos, o resultado para Quarta Feira mostrou-se mais próximo do esgoto fraco, enquanto os demais dias apresentaram-se próximos de um esgoto médio. Para o parâmetro DQO, Quarta e Sexta Feira mostraram-se próximos de um esgoto de fraco a médio, enquanto os demais dias apresentaram-se de médio a forte.

Tendo em vista que para todos os parâmetros foi observado que os dias Segunda, Terça e Quinta não apresentam variações entre si, foi verificado para esse grupo a influência da chuva no comportamento das características do efluente. O dado registrado na amostragem que possibilitou essa análise foi se houve ou não chuvas nas 24 horas precedentes da coleta. De acordo com a análise PERMANOVA, que apresentou um p-valor = 0,18, as observações realizadas não sofrem interferência do fator chuva.

#### 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho fez-se a caracterização do efluente do *campus* Poços de Caldas da Universidade Federal de Alfenas. Os parâmetros analisados foram pH, DQO, condutividade, sólidos dissolvidos e cloreto. As análises foram realizadas em amostras triplicatas realizadas entre 8h e 10h em cada dia da semana (exceto domingo). Também foram coletadas amostras em triplicata no período de férias.

Os resultados mostram que há diferença estatisticamente significativa entre os resultados no período letivo e os resultados no período de férias. Além disso, estudo estatístico mostram que os resultados não sofrem influência das chuvas.

Observou-se que para o período de férias, os sólidos dissolvidos e DQO mostraram-se mais próximos de um esgoto doméstico fraco. Para o período letivo, considerando o parâmetro sólidos dissolvidos, o resultado para Quarta Feira mostrou-se mais próximo do esgoto fraco, enquanto os demais dias apresentaram-se próximos de um esgoto médio. Para o parâmetro DQO, Quarta e Sexta Feira mostraram-se próximos de um esgoto de fraco a médio, enquanto os demais dias apresentaram-se de médio a forte.

Assim sendo, conclui-se que o esgoto do campus possa ser tratado como em esgoto doméstico de concentração média.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio da FAPEMIG, CAPES, CNPq.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 3ª edição, v. 1. Belo Horizonte, 2005.
2. TAUCHEN, J.; BRANDLI, L.L. *A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para a implantação em campus universitário*. *Gestão & Produção*, v.13, n.3, p.503-515, set-dez 2006.
3. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. Estação de Tratamento de Esgoto. Disponível em: <http://www.meioambiente.ufrn.br/ete/>. Acesso em: 07 de junho, 2015.
4. VERSIANI, B.M. Desempenho de um Reator UASB Submetido a diferentes condições operacionais tratando esgotos sanitários do campus da UFRJ. 2005. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
5. BERTOLINO, S.M. et. al. *Caracterização e biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia dos esgotos produzidos em campus universitário*. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.13, n.3,p.271-277, 2008.

6. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 3.ed.. Rio de Janeiro: ABES, 2005.
7. METCALF, EDDY. Wastewater Engineering: treatment and reuse. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
8. CETESB. Cloreto. Disponível em: < [http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis\\_quimicas/cloreto.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/cloreto.pdf) > . Acesso em 11 mai. 2015.
9. APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20ª edition. Washington, D.C: APHA. 2012.