

## II-575 - AVALIAÇÃO DO HIDROGRAMA E DA QUALIDADE DE ESGOTO DOMÉSTICO GERADO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DE BELO HORIZONTE

### **Túlio César Floripes<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pelo Centro Universitário do Leste de Minas Gerais. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Professor Temporário do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Campus X.

### **Priscilla Natalie Pereira Neves<sup>(2)</sup>**

Discente em Engenharia Ambiental pela UFMG.

### **Lucas MartinsMachado<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

### **Cláudio Leite de Souza<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo SMARH/UFMG. Professor Adjunto da UFMG.

**Endereço<sup>(4)</sup>:** Av. Antônio Carlos 6627 Escola de Engenharia Bloco 2 Sala 4630 - Campus Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-901 - Brasil - Tel: (31) 3409-1017 - e-mail: claudio@desa.ufmg.br

### **RESUMO**

O cenário nacional mostra necessidades de melhoras na universalização do tratamento de esgoto da população brasileira. Assim, alternativas de gerenciamento do esgoto gerado devem ser avaliadas e estudadas para implantação de sistemas eficientes e que atenda 100% dos habitantes em um futuro próximo. Para melhor gestão das águas residuárias dados coletados em vários estudos servem de diretrizes para as escolhas determinadas, mas a maioria desses dados contempla o esgoto que chega a estação. Com isso, um conhecimento técnico-científico da geração dos esgotos domésticos deve ser aprimorado para melhor universalização do tratamento na sociedade. Dessa maneira, apresentam-se neste artigo os resultados da pesquisa feita, que integra a ReNTED, em que objetivo é verificar a dinâmica da geração de esgoto para sistemas descentralizados. O estudo foi conduzido em um condomínio residencial da cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, cujo esgoto analisado é correspondente à geração de cerca de 240 habitantes. Para tanto, investigaram-se quantitativa e qualitativamente o efluente gerado nas residências durante o período de 11 meses. Constatou-se que, a vazão média de esgoto do sistema estudado foi de 0,38 L/s, a vazão mínima de 0,15 L/s e vazão máxima de 0,50 L/s. O comportamento dos hidrogramas obtidos assemelha-se em alguns aspectos àqueles observados nas estações de tratamento de esgoto. Em relação aos parâmetros físico-químicos o efluente analisado foi notadamente mais diluído do que o afluente às ETEs.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgoto doméstico, sistema descentralizado, hidrograma de vazão.

### **INTRODUÇÃO**

No Brasil o índice médio de esgoto tratado referido à água consumida, segundo o SNIS (2016) é de 42,7 %. Um dos motivos desse baixo índice é o fato de que as regiões menos desenvolvidas economicamente claramente não foram privilegiadas com as políticas públicas de saneamento básico. O que sinaliza a necessidade de articulações políticas associadas ao uso de tecnologias simples operacionalmente, economicamente factíveis e sustentáveis.

Diante desse cenário a centralização do tratamento dos esgotos domésticos tem sido questionada. As ETEs descentralizadas são, geralmente, economicamente viáveis, uma vez que, há redução dos custos com o transporte do esgoto; possibilita a construção gradual do sistema; requer menos funcionários para a operação; o efluente da estação pode ser utilizado no próprio local; alívio do volume de esgoto que chega às ETEs convencionais (sistemas centralizado) (Wagner e Bellotto, 2008).

Segundo von Sperling (2014) os sistemas de esgotamento sanitário podem ser de dois tipos: os individuais e os coletivos. No sistema individual os esgotos são administrados no local da geração, sendo usualmente destinados ao atendimento de unidades unifamiliares ou de habitações próximas entre si. As fossas sépticas ou outros sistemas que envolvam a infiltração do despejo são as técnicas mais usadas. Os sistemas coletivos, por sua vez, são empregados em locais com alta concentração de pessoas e consiste na canalização dos despejos transportando-os para a unidade de destinação final, uma ETE, por exemplo.

Para a aplicação desses tipos de sistema o conhecimento das características quantitativas e qualitativas dos esgotos sanitários é de fundamental importância desde a concepção, o projeto e a operação para todo o sistema. Contudo, os dados disponíveis, sobretudo de origem própria com validade nacional e dentro dos padrões mais modernos, são sobremaneira escassos. Portanto, informações técnico-científicas produzidas nesse sentido vêm contribuir para fechar uma grande lacuna que certamente influencia no planejamento da sustentabilidade das ETEs, das redes coletoras e demais unidades.

Como exemplos, parâmetros utilizados diariamente no planejamento de sistemas de esgotos, como coeficientes de retorno água/esgoto, de variação da vazão (máxima horária, máxima diária, mínima) são utilizados como se fossem totalmente constantes, isto é, invariáveis nos diversos contextos. Além disso, os parâmetros de qualidade podem ter suas particularidades e diferenciações em função de determinadas localidades e também considerando os produtos e contextos da sociedade brasileira moderna. Nesse sentido, importante saber com bom nível de especificidades das características dos esgotos em se pensando no seu adequado gerenciamento, aproveitamento.

Tendo em vista a necessidade de expansão dos estudos no país a Rede Nacional de Tratamento de Esgotos Descentralizado (ReNTED), financiadora da presente pesquisa, tem como objetivo geral o apoio ao desenvolvimento de sistemas descentralizados e locais para o manejo de águas residuárias de origem doméstica, compreendendo aspectos de gerenciamento dos subprodutos líquidos, sólidos e gasosos (FEESC, 2012). Portanto, no presente trabalho pretende-se levantar (quantificar e qualificar) as características dos fluxos hidráulicos de esgotos. Ao final se pretende atingir um conjunto sistematizado de dados, com amplitude e atualidade, possibilitando subsídios para um melhor planejamento do funcionamento do sistema de esgotamento sanitário, contribuindo para sua sustentabilidade.

Este trabalho tem por objetivo: i) avaliar o comportamento do hidrograma proveniente da produção de esgoto doméstico de um condomínio residencial de Belo Horizonte; e ii) caracterizar qualitativamente (físico-química e biológica) o mesmo esgoto bruto.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área experimental**

O estudo foi conduzido em um condomínio residencial localizado na região da Pampulha em Belo Horizonte, Minas Gerais. O esgoto é proveniente de cinco blocos (80 apartamentos) residenciais, sendo correspondente à geração de cerca de 240 habitantes.

### **Caracterização do sistema de medição das vazões e hidrograma**

O sistema de monitoramento da quantidade de esgoto bruto gerado no consiste em uma caixa de passagem, onde está instalado o canal aberto tipo Palmer e Bowlus, tamanho 4", fabricado em Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), contendo transmissor e indicador de vazão por ultrassom módulo eletrônico, modelo ITS-2060701T0, acrescido do Sensor modelo SE020A511005 e do data-logger para armazenar os dados (gerados em minutos) de aproximadamente dez dias corridos, como explicitado na Figura 1.

As vazões afluentes foram geradas de forma espontânea pelos moradores do condomínio, não havendo qualquer restrição ao curso normal da rede de esgoto própria da propriedade. O monitoramento do sistema foi feito no período de agosto de 2014 a novembro de 2015, para a análise selecionaram-se aqueles meses em que houve dias de maior confiabilidade nos dados. Uma vez que, o aparato experimental apresentou alguns problemas previsíveis ao longo do tempo de operação, tais como, o entupimento da calha, a obstrução do sensor de leitura da sonda pela presença de espuma e presença de sólidos grandes na calha localizados no ponto de leitura da sonda.

### Caracterização qualitativa do esgoto doméstico bruto

Para a caracterização qualitativa, as amostras de esgoto foram coletadas semanalmente, no período de julho de 2014 a novembro de 2015, no mesmo ponto da calha e compostas manualmente durante 30 minutos. Em seguida foram acondicionadas e encaminhadas para as análises físico-químicas e microbiológicas, conforme detalhado na Tabela 1.



Figura 1: Vista superior do sistema: ponto de medição e amostragem composto pela calha tipo Palmer e Bowlus com transmissor e indicador de vazão por ultrassom e o Data-Logger

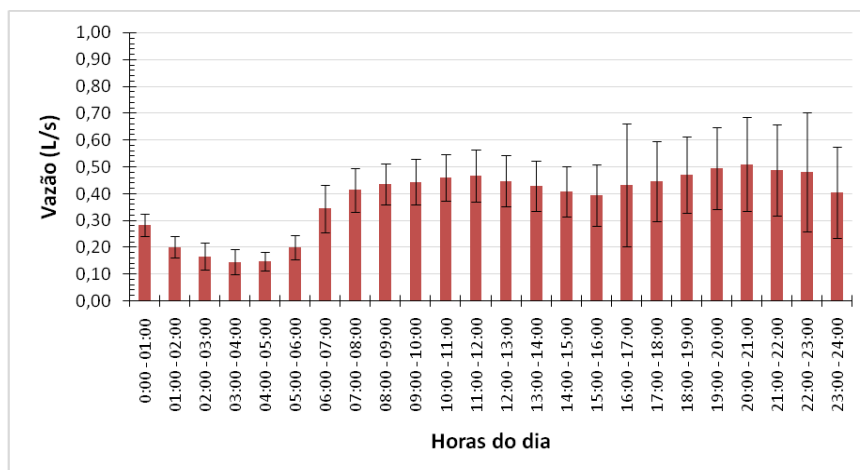
Tabela 1: Parâmetros e Técnicas Analíticas Utilizadas

PARÂMETROS	TÉCNICA ANALÍTICA	UNIDADE
Demanda química de oxigênio (DQO)	Standard Methods, Colorimétrico	mg/L
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Standard Methods, Oximétrico	mg/L
Sólidos totais (ST)	Standard Methods, Gravimétrico	g/L
Sólidos totais voláteis (STV)	Standard Methods, Gravimétrico	g/L
Sólidos totais fixos (STF)	Standard Methods, Gravimétrico	g/L
Sólidos suspensos totais (SST)	Standard Methods, Gravimétrico	g/L
Sólidos suspensos voláteis (SSV)	Standard Methods, Gravimétrico	g/L
Sólidos suspensos fixos (SSF)	Standard Methods, Gravimétrico	g/L
Coliformes totais	Colilert®	NMP/100 mL
<i>E. coli</i>	Colilert®	NMP/100 mL

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização quantitativa do esgoto bruto

A Figura 2 apresenta os hidrogramas de vazão de todo o período de monitoramento. O hidrograma obtido apresentou comportamento típico daquele observado em estações de tratamento de esgoto, em que, observa-se picos acentuados na parte da manhã, 6 às 12 horas, e picos menores entre 18 às 24 horas. Entretanto, nota-se no sistema estudado que as vazões apresentaram-se crescentes a partir de 6 horas da manhã e mantiveram-se elevadas até, aproximadamente, às 12 horas (período característico do início das atividades sociais diárias). No período que compreende das 13:00 às 16:00 horas, nota-se a diminuição do pico de vazão no hidrograma (sendo esse comportamento similar ao observado em estações de tratamento de esgoto) provavelmente devido à ausência de grande parte dos moradores nas residências. Contudo, ao contrário do que é observado nas estações de tratamento, percebe-se significativo aumento da vazão após às 18:00 hs com picos mais acentuados do que os observados no início das jornadas. Esse comportamento pode ser explicado pelo maior gasto de água para execução de tarefas domésticas como limpeza do apartamento, lavagem de roupas e utensílios, além da higienização pessoal. O período da madrugada, como o esperado, apresentou as menores vazões, uma vez que a maioria dos habitantes cessam suas atividades. Em síntese, podem-se estimar as vazões máxima, média e mínima, conforme mostra a Tabela 2.



**Figura 2: Hidrograma de vazões de todo o período monitorado**

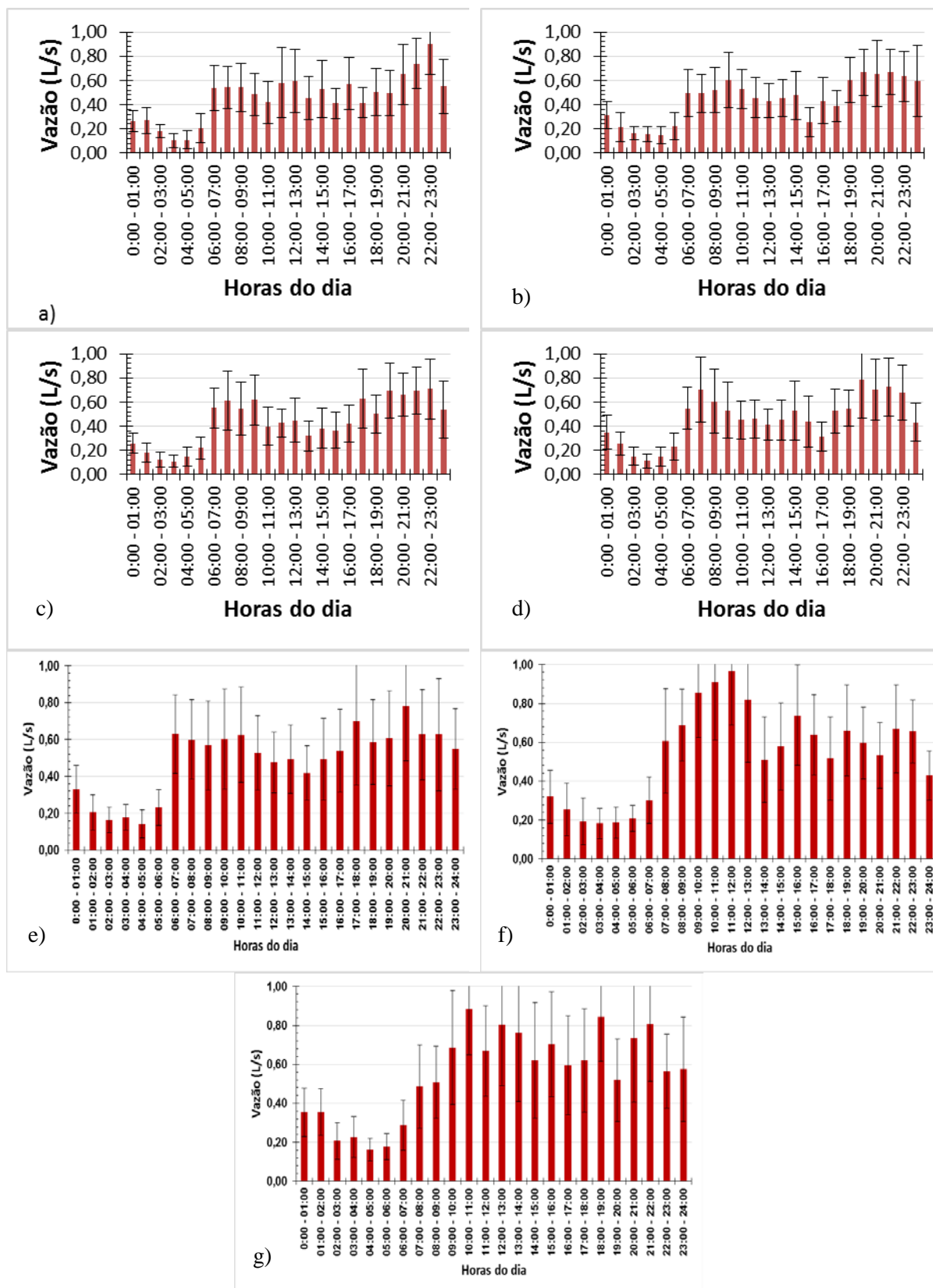
**Tabela 2: Síntese das vazões representativas**

	Mínima	Média	Máxima
<b>Vazão (L/s)</b>	0,15	0,38	0,51
<b>Período de ocorrência (h)</b>	3:00 - 4:00	-	20:00 - 21:00

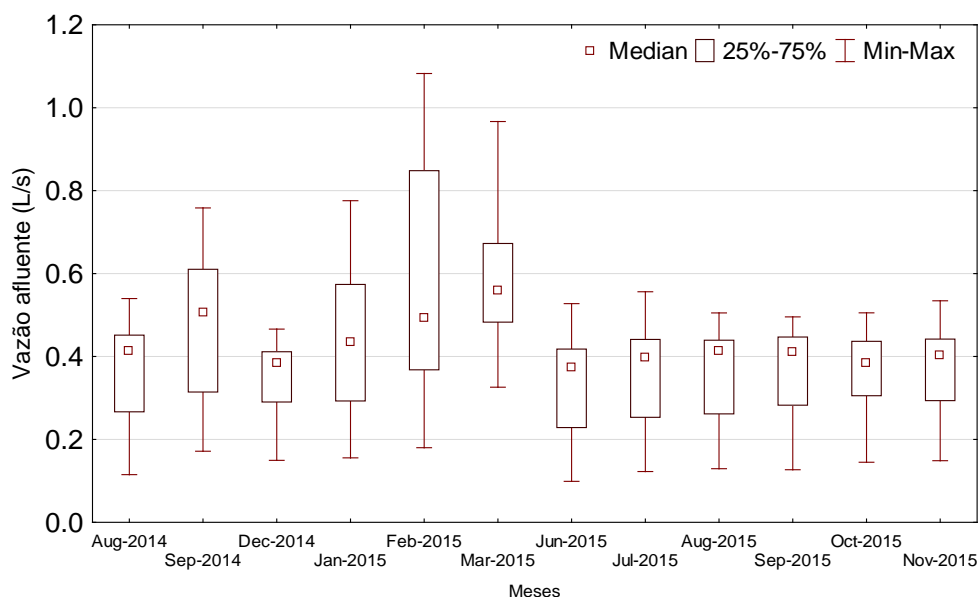
Analisando-se curtos períodos em que não houve flutuação da população, em função de feriado ou férias escolares, época em que as famílias costumam se ausentar das residências obteve-se a Figura 2, que compreende sete dias contínuos de análise. Nota-se que, o comportamento dos dias analisados, no geral, segue a mesma tendência da massa total de dados (especialmente os dias de início e meio da semana), apresentando um pico de vazão mais pronunciado à noite e outro de menor expressão que o primeiro, nas primeiras horas da manhã. No fim de semana, representado pelo sábado e pelo domingo (Figura 2 f) e g)), observa-se um retardamento marcante do pico matinal, iniciando-se cerca de 2 horas após o horário habitual. Outro fato a ser notado é o fato de que nesses dias, a produção de esgoto aumentou cerca de 19%, sendo a média de segunda a sexta-feira em torno de 0,45 L/s e a do final de semana 0,55 L/s.

Ao avaliar o cenário de todos os meses resultantes, percebe-se que as vazões médias se mantiveram regulares durante maior parte do período de coleta de dados (Figura 2). Fevereiro e março apresentaram diferença significativa, ao nível de confiança de 95% no teste estatístico Anova, em relação às vazões médias dos outros meses. Apesar dessa diferença, os fatores que levaram a isso devem ser aprofundados, uma vez que tais meses podem não ser representativos por ter apresentado dificuldades operacionais durante a pesquisa, assim, o aumento das médias de vazões pode não ter ocorrido pelo aumento da produção, e sim por contratemplos operacionais.

A dinâmica das vazões produzidas é importante para planejamento, projeto e gerenciamento dos esgotos gerados, tanto para sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgotos, quanto para situações que a fonte de origem se encontra próximo à destinação final das águas residuárias. Em sistemas coletivos, o elevado tempo de transporte da fonte até as estações de tratamento amorteceria os picos de vazão, diminuindo possíveis sobrecargas e assim evitando a necessidade do dimensionamento de grandes estruturas para o sistema. Entretanto, o caso de estudo pode ser olhado como sistemas descentralizados, e segundo Nansubuga et. al. (2016), esses sistemas também podem assumir a forma de um menor número de domicílios em uma comunidade e levados a sistemas pequenos que atendam apenas aquela localidade.



**Figura 2:** a) Hidrograma do dia 03/11/2014; b) Hidrograma do dia 04/11/2014; c) Hidrograma do dia 05/11/2014; d) Hidrograma do dia 06/11/2014; e) Hidrograma do dia 07/11/2014; f) Hidrograma do dia 08/11/2014; g) Hidrograma do dia 09/11/2014.



**Figura 3 – Box-Whiskers das vazões médias mensais**

Ainda segundo Nansubuga et al., (2016), ações descentralizadas reduzem os custos consideravelmente, devido o menor investimento com infra-estrutura, ao mesmo tempo fornece acesso local aos potenciais recursos encontrados nos esgotos domésticos. A recuperação desses cursos é uma estratégia chave que pode contribuir para alcançar uma gestão de águas rentável e sustentável. Os esgotos domésticos possuem vários recursos como água, nutrientes e energia, e de acordo com Verstraete; van de Caveye; Diamantis (2009) a recuperação desses recursos pode gerar um potencial de lucros em torno de 0,35 euros por m<sup>3</sup>. Assim, como o condomínio produz em média uma vazão de 0,356 L/s, a renda bruta gerada pelo reaproveitamento desses recursos seria de 5.950, 00 euros. Com isso, os benefícios do gerenciamento de sistemas de águas residuárias com o foco na reutilização e recuperação são numerosos.

#### Caracterização qualitativa do esgoto bruto condominial

Os resultados obtidos experimentalmente referentes à caracterização qualitativa do esgoto bruto gerado estão apresentados na Tabela 2. A faixa de valores teórica dos parâmetros estudados, segundo Arceivala (1981), Pessoa e Jordão (1995), Qasim (1985), Cavalcanti *et al.* (2001), apud Von Sperling (2014) também estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Resumo dos resultados encontrados para a análise qualitativa do efluente estudado**

PARÂMETROS	N	MÉDIA	MEDIANA	MÁXIM O (90 %)	MÍNIMO (10%)	DESVIO PADRÃO	FAIXA
DBO	43	311	312	476	196	113	250 - 400
DQO	51	542	487	892	302	265	450 - 800
ST	56	0,7	0,6	1,5	0,20	0,4	0,7 - 1,35
SFT	54	0,3	0,2	0,4	0,03	0,1	
SVT	54	0,5	0,3	0,7	0,09	0,2	
SST	45	0,2	0,2	0,3	0,03	0,1	0,2 - 0,45
SSF	45	0,1	0,03	0,2	0,00	0,01	0,04 - 0,1
SSV	45	0,3	0,2	0,5	0,08	0,1	0,165 - 0,35
Coliformes totais	30	1,2E+09	4,8E+08	2,38E+9	1,6E+07	6,9E+08	1E+06 - 1E+10
<i>E. coli</i>	29	4,1E+08	7,7E+07	5,5E+08	2,0E+06	1,9E+08	1E+06 - 1E+09



As concentrações de DBO, DQO, sólidos e dos microrganismos estão de acordo com a faixa de valores proposta pela bibliografia (VON SPERLING, 2014). Ressalta-se que, embora dentro da faixa, o valor da mediana da DQO apresentou-se mais próxima do limite inferior. A relação DQO/DBO<sub>5</sub> encontrada foi de 1,55, apontando que a fração biodegradável do esgoto é elevada.

Os resultados da série de sólidos apresentaram-se com valor de mediana abaixo do limite inferior da faixa de valores estipuladas pela literatura.

De forma geral, observa-se que, o esgoto bruto gerado no condomínio apresenta-se mais diluído, em relação aos valores típicos de concentração de esgoto bruto (VON SPERLING, 2014).

Tem-se assim, a importância de se caracterizar o esgoto de sistemas descentralizados, pois, esses guardam características próprias, uma vez que, refletem os hábitos da comunidade contribuinte. Tais características devem ser levadas em conta na projeção e concepção de sistemas de tratamento de esgoto doméstico descentralizado.

## CONCLUSÕES

O hidrograma obtido para todo o período de monitoramento apresentou comportamento atípico daqueles observados em estações de tratamento de esgoto, em que, se observam dois picos: um no início da manhã, o mais proeminente, e outro no início da noite, que é mais bem distribuído. O sistema estudado apresentou um pico de vazão pronunciado, sendo esse caracterizado como a vazão máxima, no início e meio da noite (por volta de 18 às 21:00), e o segundo pico foi percebido do início da manhã até o meio do dia, de 6 às 12:00. Corroborando com o cenário descrito por von Sperling (2014) o período da madrugada é aquele onde houve as menores vazões do sistema. Os fins de semana apresentaram comportamento distinto dos dias de início e meio de semana.

Constatou-se, por meio, do estudo que a proximidade de uma possível estação de tratamento, no caso de tratamento individual, ao pólo gerador de esgotos cria variações de esgoto, em alguns casos extremas, variando cerca de 200 % entre as vazões mínimas e máximas. E ainda, o efluente analisado apresentou-se mais diluído, segundo os critérios analisados, do que aqueles observados nas estações de tratamento de esgoto.

Evidenciando, portanto, a necessidade de uma criteriosa avaliação do comportamento do efluente antes de se projetar um sistema de tratamento de esgoto sanitário, afim de não se sub ou super dimensionar a estrutura projetada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao suporte no desenvolvimento desta pesquisa e na sua divulgação dado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NANSUBUGA, I. *et al.* A review of sustainable sanitation systems in Africa. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, v. 15, n. 3, p. 465–478, 2016.
2. VERSTRAETE, W.; VAN DE CAVEYE, P.; DIAMANTIS, V. Maximum use of resources present in domestic “used water”. *Bioresource Technology*, v. 100, n. 23, p. 5537–5545, 2009.
3. BRASIL - Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Informação sobre o Saneamento – SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Série Histórica – 2016. Brasília: SNIS/MCIDADES, 2017.
4. WAGNER, Andresa G.; BELLOTTO, Valeria R.. Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário: Análise Econômica de Alternativas para Municípios Litorâneos - Estudo de Caso - Balneário Camboriú e Itajaí (SC), Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, Itajaí, p.93-108, 2008.
5. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p.