

## II-146 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CAMINHÕES LIMPA-FOSSAS NO DISTRITO FEDERAL

**Adriane Dias da Silva** <sup>(1)</sup>

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Doutoranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos na UnB. Atua na área de Saneamento, com ênfase em tratamento de águas residuárias, e Recursos Hídricos.

**Larissa Caldeira Patrício da Silva**

Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Experiência na área de Química, com ênfase nos seguintes temas: tratamento de água e esgoto, qualidade do ar do interior de ambientes climatizados, macro e micronutrientes do solo e sua descontaminação aeróbia.

**Felipe Musardo Firmino**

Biólogo pelo Centro Universitário de Brasília. Especialista em Análises Clínicas pelo Centro Universitário Euro-Americano. Técnico em patologia clínica pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – DF. Têm experiência nas áreas de Patologia clínica, Parasitologia, Microbiologia Médica e Recursos Hídricos.

**Mariana Freitas**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Doutoranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos na UnB.

**Yovanka Pérez Ginoris**

Engenheira Química pelo Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarria. Mestre em Biotecnologia Industrial pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena. Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora adjunta da Universidade de Brasília (UnB). Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Engenharia Ambiental.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Campus Universitário Darcy Ribeiro, PTARH, Asa Norte- Brasília- DF- CEP: 70910-900 - Brasil - Tel: (61) 3107-0939 - e-mail: [adrianedias19@gmail.com](mailto:adrianedias19@gmail.com)

### RESUMO

No Distrito Federal, a CAESB recebe e trata os resíduos transportados pelos caminhões limpa-fossas. Para descarregarem os resíduos de caminhões limpa-fossas nas estações de tratamento de esgotos autorizadas a receberem esse tipo de resíduos. A empresa limpa-fossa deve obter autorização junto a CAESB e passar por cursos e treinamentos. A presente pesquisa teve o objetivo de caracterizar os resíduos de caminhões limpa-fossas que chegavam para descarregar nas Estações de Tratamento de Esgotos –ETEs – de Brasília na Asa Norte (ETEB Norte) e na Asa Sul (ETEB Sul), ambas localizadas em Brasília, Distrito Federal. Verificou-se uma grande variabilidade nas frequências de limpezas de fossas e tanques sépticos em relação aos resíduos descarregados pelos caminhões limpa-fossas. As amostras de lodos de fossas coletadas dos caminhões apresentaram características físico-químicas muito próximas às de amostras aleatórias coletadas em caminhões limpa-fossas encontradas na literatura. De todos os parâmetros analisados, o pH foi parâmetro que apresentou o menor coeficiente de variação, tanto nas amostras dos resíduos de caminhões limpa-fossas contendo somente lodos de fossas, quanto nas amostras com resíduos gordurosos. A presença de grandes concentrações de óleos e graxas nos resíduos de caminhões limpa-fossas é um grande inconveniente, principalmente devido aos problemas que podem causar nos sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários. Os resultados obtidos nesta pesquisa são uma contribuição para o conhecimento das características dos resíduos de caminhões limpa-fossas, para que seja dado o tratamento adequado a esse resíduo, seja de forma isolada ou combinada com esgotos sanitários.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodos de fossas, resíduos gordurosos, caminhão limpa-fossa, caracterização.

### INTRODUÇÃO

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico registrou em 2008 que, no Distrito Federal, o índice de atendimento com rede coletora de esgoto era de 86,3% (PNSB, 2008). Em 2010, o índice de atendimento com

coleta era de 93,71%, conforme publicado na Sinopse do Sistema Esgotamento Sanitário do Distrito Federal (CAESB, 2011), e o índice de tratamento do esgoto coletado é de 100% no Distrito Federal (CAESB, 2013). As regiões mais distantes e núcleos rurais utilizam fossas ou tanques sépticos devido à ausência de rede coletora de esgoto.

Os sistemas de esgotamento sanitário podem ser coletivos ou individuais, sendo este último representado, quase que na sua totalidade, pelas fossas e tanques sépticos. Periodicamente deve ser realizada a limpeza de fossas e tanques sépticos para não prejudicar o seu funcionamento. As empresas responsáveis por fazer a limpeza de fossas e tanques sépticos, conhecidas como higienizadoras, desentupidoras ou limpa-fossas, geralmente são contratadas pelo usuário do sistema e quase sempre limpam as caixas de gorduras de sistemas prediais ao fazerem a limpeza de fossas e tanques sépticos. Para as Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) que recebem esse tipo de resíduo, a presença de óleos e graxas nos resíduos de caminhões limpa-fossas tem sido um problema, principalmente pelo impacto que a gordura provoca no sistema de tratamento. Esses resíduos são muitas vezes dispostos em locais inadequados como em rios, córregos e galerias pluviais, gerando mais um problema sanitário e ambiental.

No Distrito Federal, a recepção de resíduos de caminhões limpa-fossas pelas ETEs é objeto de um acordo entre o serviço de limpeza pública (SLU), a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), a agência reguladora de águas e saneamento (ADASA) e a agência ambiental (IBRAM-SEDUMA), monitorado pelo Ministério Público. Por esse acordo, a CAESB está recebendo e tratando os resíduos transportados pelos caminhões limpa-fossas. Ao SLU cabe receber os resíduos sólidos produzidos (lodos secos) nos aterros sanitários, e aos demais (ADASA, IBRAM-SEDUMA) cabe fazer o controle, a fiscalização e a gestão do sistema.

Na recepção de lodos de fossas e tanques sépticos, a CAESB admite valores de concentração de óleos e graxas de até 1.080 mg/L em sua estação de recepção de lodos de fossas. Inicialmente, não é cobrada nenhuma taxa para descarregar lodos de fossas na estação de recepção da CAESB, no entanto são coletadas amostras que são encaminhadas para análise de óleos e graxas e caso o valor seja maior que 1.080 mg/L, a empresa é notificada e deve pagar a taxa de descarte, pois, nesse caso, o resíduo é considerado com "alto teor de gordura". Para descarregar resíduos de caminhões limpa-fossas nas estações de tratamento de esgotos autorizadas a receberem esses tipos de resíduos, a empresa limpa-fossa deve obter autorização junto a CAESB e passar por cursos e treinamentos.

Nos projetos de estações de tratamento de esgoto ainda não é previsto o lançamento de outros resíduos, como por exemplo, lodos de fossas sépticas e percolado de aterros sanitários. Muitas das ETEs existentes não foram projetadas para receber essas cargas adicionais. Porém, a necessidade de se prever essas cargas adicionais deve ser considerada, pois há uma tendência, em lugares que existem (ou venham a existir) estações de tratamento de esgotos, de receber lodos de fossas para serem tratados de forma combinada com esgotos. Devem-se prever cenários incluindo essas descargas adicionais com perspectivas de funcionamento e objetivos da ETE em curto, médio e longo prazo, ou seja, visar horizontes mais amplos do objetivo da ETE do que aquele centrado somente nas cargas de vazões de esgotos sanitários (CAMPOS *et al.*, 2009). A concepção de um sistema de tratamento não deve ser baseada nos padrões característicos de esgotos sanitários, mas sim sobre resultados obtidos caso a caso (MONTANGERO; STRAUSS, 2004).

Esta pesquisa foi desenvolvida com o intuito de conhecer as principais características dos resíduos de caminhões limpa-fossas do Distrito Federal. Buscou-se contribuir para o conhecimento das características desse resíduo, para que seja dado o tratamento adequado, seja de forma isolada ou combinada com esgotos sanitários.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram caracterizadas as amostras coletadas de caminhões limpa-fossas que chegavam para descarregar nas Estações de Tratamento de Esgotos –ETEs– Asa Norte (ETEB Norte) e Asa Sul (ETEB Sul), localizada em Brasília, Distrito Federal. Diante desse contexto, pode-se considerar que as amostras eram aleatórias, pois a origem era declarada pelos operadores dos caminhões no momento que descarregavam nas ETEs. A origem e a

frequência de esgotamento das fossas eram obtidas pelos operadores e registradas em formulário próprio desta pesquisa.

Foi realizada a caracterização física e química dos resíduos, incluindo os parâmetros apresentados na Tabela 1, conforme recomendado pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). As amostras foram analisadas no Laboratório de Análise de Água da Universidade de Brasília – LAA-UnB.

**Tabela 1: Ensaios para a caracterização físico-química dos resíduos coletados de caminhões limpa-fossas nas ETEs Brasília Norte e Sul.**

| Parâmetro                  | Método de análise   |
|----------------------------|---|
| pH                         | Potenciométrico   |
| Alcalinidade               | Titulação potenciométrica                                 |
| Condutividade elétrica     | Célula de Condutividade                                   |
| Cloretos                   | Argentométrico  |
| Sólidos totais             | Gravimétrico (103-105°C)                                  |
| Sólidos totais voláteis    | Gravimétrico (500-550°C)                                  |
| Sólidos suspensos totais   | Gravimétrico (103-105°C)                                  |
| Sólidos suspensos voláteis | Gravimétrico (500-550°C)                                  |
| Sólidos sedimentáveis      | Visualização em Cone Imhoff                               |
| DQO                        | Colorimétrico – Refluxo fechado (somente lodos de fossas) |
|                            | Refluxo aberto (resíduos gordurosos com lodos de fossas)  |
| Nitrogênio Kjeldahl Total  | Macro Kjeldahl  |
| Nitrogênio Amoniacal       | Espectrofotométrico - Nesslerização                       |
| Fósforo total              | Espectrofotométrico                                       |
| Óleos e Graxas             | Extração em Soxhlet com n-Hexano                          |

Para as coletas das amostras dos resíduos na ETEB Norte, os caminhões eram escolhidos aleatoriamente, desde que fossem declarados pelos operadores como originados de fossas e tanques sépticos. Durante as descargas dos caminhões eram coletadas, diretamente do mangote, três alíquotas de 50 litros de amostra, sendo uma no início, uma no meio e outra no final da descarga, que durava em média 10 minutos. As alíquotas eram armazenadas em um reservatório de fibra de vidro e, após a homogeneização, coletavam-se 4 litros de amostra que eram enviadas para análise. Para garantir a remoção de sólidos grosseiros, instalou-se uma tela de arame, com abertura de 1,5 cm, sobre o reservatório de fibra de vidro.

Por sua vez, as amostras obtidas na ETEB Sul para caracterização físico-química, foram coletadas em todos os caminhões que descarregavam durante a operação e monitoramento de uma estação piloto de recepção e pré-tratamento de resíduos de caminhões limpa-fossas. As amostras eram coletadas no momento em que o caminhão limpa-fossa descarregava os resíduos no tanque de recepção, mais precisamente a coleta nesse ponto era realizada logo após o gradeamento. Foi necessário coletar nesse ponto, pois, muitas vezes, há presença de sólidos grosseiros que podem eventualmente perturbar a realização dos ensaios e causar imprecisões nas medidas. Da mesma forma que na ETEB Norte, as amostras eram coletadas no início, meio e final da descarga, levando em conta o tempo de descarga de cada caminhão (5 a 15 minutos). Porém, ressalta-se que as amostras eram compostas dos caminhões que descarregavam ao longo de ½ dia de operação e monitoramento da estação piloto. Em cada operação da estação piloto, em média, descarregavam cinco caminhões, e foram coletadas amostras em nove (nove) operações. Desse modo, foram coletadas amostras compostas de cada caminhão, ao final de cada operação, tinha-se em média 20 litros de amostras. Após homogeneizar o conteúdo da amostra composta, era coletada uma alíquota de 1 litro para a análise de óleos e graxas em garrafa de vidro e 5 litros para as demais análises, ou seja, ao total eram encaminhados 6 litros de amostras para o laboratório.

Não foi possível caracterizar separadamente cada caminhão que descarregava na estação piloto de pré-tratamento de resíduos de caminhões limpa-fossa, localizada na ETEB Sul, pois um dos estudos dessa estação

piloto era o de avaliar seu comportamento diante da mistura desses resíduos. Além disso, a quantidade de amostras tornaria inviável seu transporte e análise em laboratório, por questões de logística.

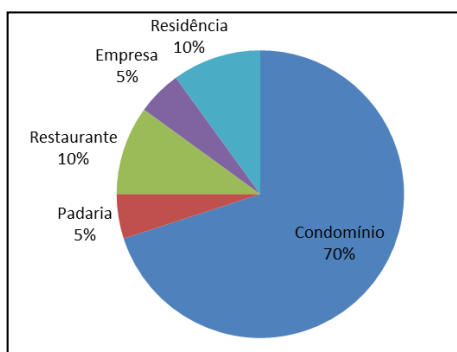
Foram caracterizadas, ainda, as amostras de lodos de fossas misturadas a resíduos provenientes de caixas de gordura, que às vezes pode vir misturado com os lodos de fossas. Durante seis operações e monitoramento da estação piloto, foram recebidos resíduos com essas características (lodos de fossas + resíduos de caixa de gordura). As coletas de amostras dos resíduos oriundos das fossas e caixas de gorduras foram realizadas em todos os caminhões que descarregavam seu conteúdo na estação piloto de pré-tratamento e condicionamento de resíduos de caminhões limpa-fossas da ETEB Sul.

## RESULTADOS

### CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CAMINHÕES LIMPA-FOSSAS

Com os dados coletados da origem e da frequência de esgotamento dos resíduos com os operadores dos caminhões limpa-fossas foram elaborados os gráficos apresentados nas Figuras 1, 2 e 3. Os dados foram obtidos através do preenchimento de um cadastro de gerador de resíduos, elaborado para ser utilizado em campo.

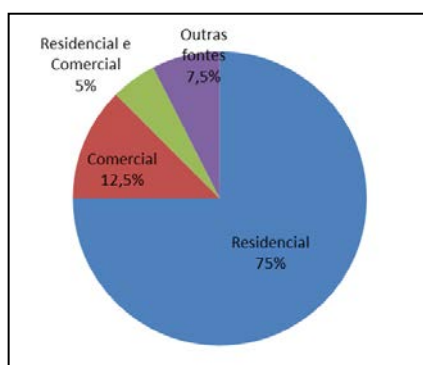
A Figura 1 apresenta a origem declarada pelos operadores das amostras dos resíduos de caminhões limpa-fossas coletadas na ETEB Norte.



**Figura 1: Origem declarada dos resíduos de caminhões limpa-fossas da ETEB Norte.**

Observa-se que 70% das amostras coletadas eram originadas de condomínios, na maioria residenciais, 20% dividido entre residências e restaurantes e 10% entre empresas e padarias. A frequência de esgotamento das fossas e tanques sépticos registradas foi de diária a anual, sendo a mais frequente o esgotamento semanal. Entenda-se que a frequência de esgotamento tem a ver com a quantidade de vezes que o operador esgota a fossa ou tanque séptico do local para onde o serviço foi contratado. Além disso, os operadores dos caminhões limpa-fossas que são autorizados a descarregarem nas ETEs do Distrito Federal, obrigatoriamente, devem obter essas informações junto aos clientes, pois é necessário entregar no momento da chegada às ETEs o cadastro do gerador de resíduos.

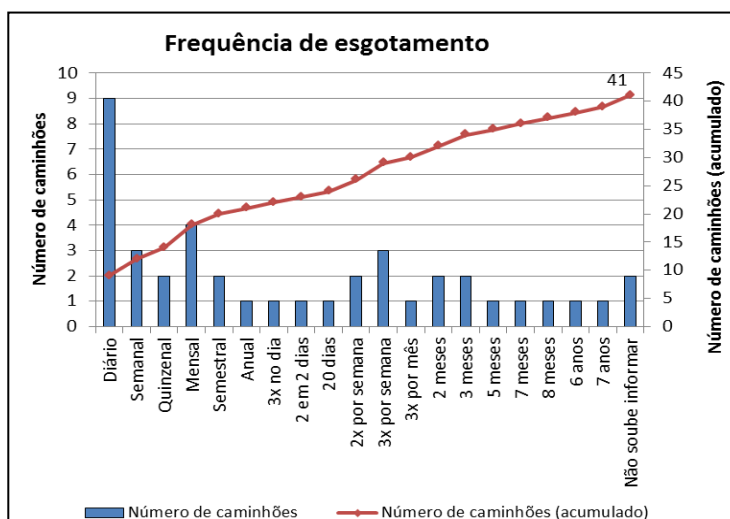
A Figura 2 apresenta a origem declarada pelos operadores das amostras dos resíduos de caminhões limpa-fossas coletadas na ETEB Sul.



**Figura 2: Origem declarada dos resíduos de caminhões limpa-fossas da ETEB Sul.**

Observou-se que, da origem declarada dos lodos de fossas, 75% foram de origem residencial, 12,5% de origem comercial, 5% dos caminhões continham lodos de fossas de residências e de comércios, e 7,5% eram provenientes de fossas ou tanques sépticos de canteiros de obras e casas de festas.

Quanto à frequência de esgotamento das fossas e tanques sépticos, registradas nas amostras coletadas na ETEB Sul, foi possível verificar uma grande variabilidade nos tempos apresentados. Vale ressaltar, que as frequências de esgotamento foram declaradas pelo operador do caminhão limpa-fossa e anotadas no momento de sua chegada à Estação Piloto. A Figura 3 apresenta o gráfico com os resultados.



**Figura 3: Frequências de esgotamento das fossas declaradas por operadores de caminhões limpa-fossas na ETEB Sul.**

Verificou-se que, dos 41 caminhões limpa-fossas registrados, 9 eram de fossas esgotadas diariamente, 4 mensalmente, 3 semanalmente e 3 que eram esgotadas 3 vezes por semana. O que se observou é que poucos caminhões traziam lodos de fossa com mais de 1 ano e que na verdade muitas dessas fossas esgotadas estão funcionando apenas como tanques de armazenamento ou caixas de passagem. A maioria dos lodos de fossas apresentava cor ligeiramente cinza, caracterizando um esgoto recente.

De um modo geral, observou-se que a origem de lodos de fossas e tanques sépticos residenciais foi a mais frequente entre as que chegaram até as ETES, e a frequência de esgotamento das fossas e tanques sépticos foi de diária a semanal.

Quanto aos resultados da caracterização físico química das amostras dos resíduos de caminhões limpa-fossas, esses dados foram tratados de forma que poderiam ser apresentados em gráficos do tipo boxplot, pois eles conseguem agrupar uma maior gama de resultados, já que a literatura mostra que a variabilidade de resíduos de caminhões limpa-fossas é significativa. Como medida de tendência central, a mediana representa melhor os dados de caracterização desse tipo de resíduo.



O pH foi o parâmetro que apresentou menor coeficiente de variação do desvio padrão em torno da média aritmética. Uma das variáveis observadas nas pesquisas do PROSAB 5 – Lodo de Fossa séptica (ANDREOLI, 2009), é que o pH de lodo de fossa de origem doméstica tem seu valor próximo a 7,0, e que se o pH resultar inferior a 6,5 ou superior a 8,0, é provável que haja alguma particularidade ou irregularidade, no caso podendo ser um resíduo não-doméstico. Apesar da diferença das características das amostras coletadas nas ETEs Brasília Sul e Norte, quanto ao cenário de coleta, os resultados obtidos na medição de pH em campo nos lodos de fossas dos caminhões foram muito próximos, medianas de 7.10 e 7.05, respectivamente.

Em relação à alcalinidade total, 50% dos dados das amostras coletadas dos caminhões na ETEB Norte concentraram-se entre 146 e 304 mgCaCO<sub>3</sub>/L com mediana de 270 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Por sua vez, 50% dos dados das amostras coletadas dos caminhões na ETEB Sul concentraram-se entre 268 e 370 mg CaCO<sub>3</sub>/L com mediana de 304 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Verificou-se que nas amostras caracterizadas a alcalinidade total se deu exclusivamente pela presença de bicarbonatos.

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva dos resultados obtidos na caracterização físico-química das amostras dos resíduos de caminhões limpa-fossas coletadas nas ETEs Brasília Sul e Norte.

**Tabela 2: Estatística descritiva da caracterização físico-químicas dos resíduos de caminhões limpa fossas.**

| Lodos de fossas/ tanques sépticos |                          | pH   | Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L) | Condutividade (µS/cm) | Cloretos (mgCl <sup>-</sup> /L) | DQO (mg/L) | NTK (mgN/L) | N Amoniacal (mgNH <sub>4</sub> /L) | Fósforo total (mgP/L) | Óleos e graxas (mg/L) | ST <sup>(1)</sup> (mg/L) | STV <sup>(2)</sup> (mg/L) | SST <sup>(3)</sup> (mg/L) | SSV <sup>(4)</sup> (mg/L) | Ssed <sup>(5)</sup> (mL/L) |
|-----------------------------------|--------------------------|------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|------------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Caminhões ETEB-Norte              | Nº de dados              | 16   | 15                                    | -                     | -                               | 14         | 10          | 13                                 | 15                    | -                     | 14                       | 13                        | 12                        | 9                         | 16                         |
|                                   | Mínimo NO <sup>(6)</sup> | 5,90 | 79                                    | -                     | -                               | 108        | 23          | 11                                 | 0,3                   | -                     | 455                      | 133                       | 530                       | 200                       | 0,0                        |
|                                   | Máximo NO                | 7,90 | 840                                   | -                     | -                               | 6932       | 113         | 78                                 | 52                    | -                     | 45555                    | 31097                     | 6930                      | 4889                      | 450                        |
|                                   | Média                    | 7,15 | 301                                   | -                     | -                               | 1220       | 74          | 47                                 | 13                    | -                     | 6211                     | 4341                      | 2208                      | 1465                      | 65                         |
|                                   | Quartil (75%)            | 7,60 | 304                                   |                       |                                 | 830        | 88          | 57                                 | 19                    |                       | 1844                     | 1325                      | 2738                      | 1260                      | 51                         |
|                                   | Mediana                  | 7,10 | 270                                   | -                     | -                               | 457        | 83          | 54                                 | 7                     | -                     | 1025                     | 775                       | 883                       | 800                       | 3                          |
|                                   | Quartil (25%)            | 7,00 | 146                                   |                       |                                 | 365        | 58          | 32                                 | 2                     |                       | 768                      | 555                       | 599                       | 373                       | 0,3                        |
|                                   | Desvio Padrão            | 0,60 | 234                                   | -                     | -                               | 1850       | 27          | 20                                 | 16                    | -                     | 12872                    | 8816                      | 2459                      | 1700                      | 126                        |
|                                   | CV (%) <sup>(7)</sup>    | 8    | 78                                    | -                     | -                               | 152        | 36          | 43                                 | 123                   | -                     | 207                      | 203                       | 111                       | 116                       | 194                        |
| Caminhões ETEB-Sul                | Nº de dados              | 9    | 9                                     | 6                     | 5                               | 3          | 3           | 3                                  | 2                     | 8                     | 9                        | -                         | 9                         | -                         | 9                          |
|                                   | Mínimo NO <sup>(6)</sup> | 6,63 | 233                                   | 588                   | 38                              | 3800       | 75          | 33                                 | 18                    | 415                   | 1271                     | -                         | 668                       | -                         | 10                         |
|                                   | Máximo NO                | 7,49 | 383                                   | 849                   | 79                              | 5467       | 135         | 58                                 | 33                    | 4774                  | 4406                     | -                         | 2864                      | -                         | 29                         |
|                                   | Média                    | 6,99 | 337                                   | 794                   | 86                              | 4499       | 103         | 43                                 | 26                    | 1750                  | 2665                     | -                         | 1862                      | -                         | 20                         |
|                                   | Quartil (75%)            | 7,16 | 370                                   | 849                   | 79                              | 4849       | 116         | 48                                 | 29                    | 2948                  | 3346                     | -                         | 2789                      | -                         | 24                         |
|                                   | Mediana                  | 7,05 | 304                                   | 730                   | 59                              | 4230       | 98          | 39                                 | 26                    | 793                   | 2776                     | -                         | 1856                      | -                         | 20                         |
|                                   | Quartil (25%)            | 6,92 | 268                                   | 634                   | 59                              | 4015       | 86          | 36                                 | 22                    | 664                   | 1693                     | -                         | 982                       | -                         | 13                         |
|                                   | Desvio Padrão            | 0,42 | 105                                   | 233                   | 61                              | 865        | 30          | 13                                 | 11                    | 1630                  | 1081                     | -                         | 883                       | -                         | 7                          |
|                                   | CV (%)                   | 6    | 31                                    | 29                    | 72                              | 19         | 30          | 30                                 | 42                    | 93                    | 41                       | -                         | 47                        | -                         | 34                         |

<sup>(1)</sup> Sólidos totais; <sup>(2)</sup> Sólidos totais voláteis; <sup>(3)</sup> Sólidos suspensos totais; <sup>(4)</sup> Sólidos suspensos voláteis; <sup>(5)</sup> Sólidos sedimentáveis; <sup>(6)</sup> Não Outlier; <sup>(7)</sup> Coeficiente de Variação.

As análises de DQO nas amostras de lodos de fossas foram realizadas pelo método colorimétrico, em refluxo fechado da Hach, faixa de detecção de 200 a 15.000 mg/L. Os resultados apresentaram-se em mediana de 4.230 mg/L nas amostras da ETEB Sul e na ETEB Norte de 457 mg/L. O valor típico de DQO em esgotos sanitários é de 600 mg/L (VON SPERLING, 2005).

Verificou-se uma diferença de quase dez vezes nas concentrações de DQO nas amostras dos caminhões nas ETEs, porém, verificando-se a média de DQO de 1.220 mg/L na ETEB Norte, nota-se que houve uma dispersão maior dos resultados nas amostras dos caminhões da ETEB Norte, com coeficiente de variação de 152%. Nas amostras dos caminhões na ETEB Sul, o coeficiente de variação foi de 19%, isso pode ter acontecido, também, pela menor quantidade dados analisados. De um modo geral, a DQO em lodos de fossa é muito variável, podendo apresentar, na maioria das vezes, valores muito acima dos esgotos sanitários, por

vezes podem se apresentar com características de esgoto sanitário, por exemplo, quando são esgotados frequentemente das unidades de tratamento.

Quanto ao parâmetro fósforo total, as amostras dos resíduos dos caminhões da ETEB Norte apresentaram valor mediano de 7 mg/L, esse valor é equivalente à concentração típica de fósforo total nos esgotos sanitários, também de 7 mg/L (VON SPERLING, 2005). Por sua vez, as amostras caracterizadas da ETEB Sul apresentaram concentração mediana de 26 mg/L.

Em relação aos parâmetros NTK e Nitrogênio amoniacal, as medianas das concentrações foram de 83 mg/L e 54 mg/L, respectivamente, para as amostras dos caminhões da ETEB Norte. Nos resíduos dos caminhões da ETEB Sul a concentração mediana foi de 98 mg/L de NTK e de 39 mg/L de nitrogênio amoniacal. O NTK apresentou sua maior parcela na forma de nitrogênio orgânico nas amostras analisadas, o que não é incomum em amostras de lodos de fossas.

Na análise de sólidos totais e suspensos totais, a concentração mediana de sólidos totais nos resíduos dos caminhões limpa-fossas coletados nos caminhões na ETEB Norte foi menor que a concentração das amostras da ETEB Sul, 1.025 mg/L e 2.776 mg/L, respectivamente, assim como sólidos suspensos totais, 883 mg/L e 1.856 mg/L. Apesar da alta variabilidade das características dos lodos de fossas quanto aos sólidos totais e suspensos totais, os resultados das medianas foram próximos aos valores medianos encontrados na literatura na caracterização de amostras aleatórias, no caso coletadas em caminhões limpa-fossas (BORGES, 2009; RATIS, 2009). Os sólidos totais voláteis corresponderam, em mediana, 76% dos sólidos totais nas amostras da ETEB Norte, e os sólidos suspensos voláteis corresponderam, em mediana, 91% dos sólidos suspensos totais. Nas amostras analisadas da ETEB Sul, os sólidos totais voláteis corresponderam a 57% dos sólidos totais e os sólidos suspensos voláteis a 81% dos sólidos suspensos totais.

Em relação aos sólidos sedimentáveis, as concentrações medianas nos resíduos dos caminhões das ETES Brasília Norte e Brasília Sul foram de 3 mL/L e 20 mL/L, respectivamente. Ainda, 50% dos dados dos caminhões da ETEB Norte concentraram-se entre 0,3 mL/L e 51 mL/L e 50% dos dados das amostras da ETEB Sul concentraram-se entre 13 mL/L e 24 mL/L.

O exame de óleos e graxas foi realizado apenas nos resíduos de caminhões limpa-fossas da ETEB Sul. Os resíduos dos caminhões apresentaram concentração mediana de 793 mg/L de óleos e graxas. Ao observar os resultados em torno das médias, verifica-se a ausência de normalidade dos dados (Tabela 2). De todos os parâmetros analisados nas amostras da ETEB Sul, esse foi o que apresentou maiores coeficientes de variação. De qualquer forma, 50% dos dados dos caminhões ficaram reunidos entre 664 e 2.948 mg/L de óleos e graxas, com valor máximo de 4.774 mg/L.

Com exceção do pH, em sua maioria, as pesquisas mostram a heterogeneidade dos resultados em amostras de lodos de fossas, para os parâmetros analisados.

Além da configuração da fossa e tanque séptico, da técnica empregada de remoção e frequência de esgotamento desse resíduo, e do tempo de detenção do lodo de fossa dentro da unidade, os fatores que também afetam as características do lodo de fossa são: o clima, a penetração de águas subterrâneas, o desempenho do tanque séptico, os hábitos do usuário, as características do abastecimento de água, os trituradores de resíduos na pia da cozinha e os produtos químicos domésticos (EPA, 1999; MONTANGERO; STRAUSS, 2004).

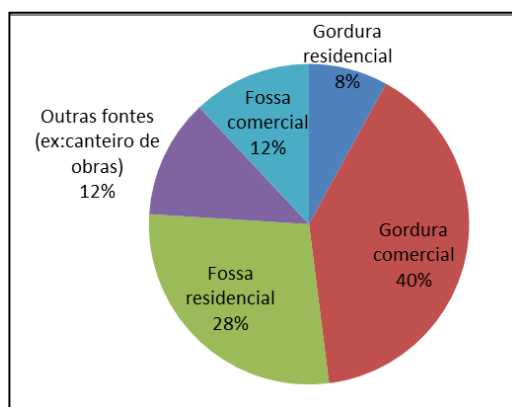
Os lodos de fossas e tanques sépticos, identificados como resíduos de caminhões limpa-fossa, não contém somente a fração sólida, propriamente dita, mas também a fração líquida e sobrenadante presentes na fossa ou tanque séptico. Por isso mesmo, existe uma grande confusão dos termos utilizados para denominar esse tipo de material. Porém, é possível manter a denominação "lodo de fossa e tanque séptico" desde que fique bem claro que esse resíduo possui características próprias, e não é exatamente lodo.

## **CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CAMINHÕES LIMPA-FOSSAS NA PRESENÇA DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE CAIXAS DE GORDURAS**

Foram caracterizadas, também, as amostras provenientes da mistura de resíduos gordurosos com lodos de fossas. Os parâmetros analisados foram pH, alcalinidade total, condutividade elétrica, cloretos, sólidos totais e

voláteis, sólidos suspensos totais e voláteis, sólidos sedimentáveis, DQO e óleos e graxas. Os resíduos, também, foram caracterizados quanto à origem e frequência de esgotamento dos sistemas de tratamento, registradas em um cadastro do gerador de resíduos utilizado em campo. As amostras para essa caracterização foram coletadas nos caminhões que chegavam à estação de recepção e pré-tratamento, localizada na ETEB Sul.

Dos resíduos gordurosos e lodos de fossas coletados, 40% eram provenientes de caixas de gordura comerciais, 8% de caixa de gordura residencial, 28% de fossas residenciais, 12% de fossas comerciais e 12% de fossas provenientes de outras fontes, como canteiros de obras, como mostra a Figura 4.



**Figura 4: Origem declarada dos resíduos de caminhões limpa-fossas da ETEB Sul, na presença de resíduos de caixas de gorduras.**

A maioria dos resíduos gordurosos recebidos apresentou frequência de esgotamento semanal. Mas também foram recebidos resíduos de caixas de gorduras com frequência de esgotamento mensal e de três vezes por semana.

Observou-se que os resíduos gordurosos conferiram medianas de pH mais baixos nas amostras coletadas de lodos de fossas. O pH apresentou-se em mediana de 6,27. Em relação à alcalinidade total, a concentração mediana foi de 235 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ . Sabe-se que a presença de material oleoso e alta concentração de sólidos suspensos pode contribuir para o aumento da alcalinidade (APHA, 2005). A diluição dos resíduos gordurosos nos lodos de fossas possibilitou a medição da alcalinidade, não descartando possíveis interferências nos resultados. A estatística descritiva dos resultados da caracterização físico-química das amostras de resíduos gordurosos misturados com lodos de fossas é apresentada na Tabela 3.



**Tabela 3: Estatística descritiva da caracterização das amostras coletadas dos caminhões na ETEB Sul (mistura de lodos de fossas e resíduos gordurosos).**

| Lodos de fossas com resíduos gordurosos |                          | pH   | Alcalinidade<br>(mgCaCO <sub>3</sub> /L) | Condutividade<br>(µS/cm) | Cloretos (mg/L) | DQO (mg/L) | Óleos e graxas<br>(mg/L) | ST <sup>(1)</sup> (mg/L) | STV <sup>(2)</sup> (mg/L) | SST <sup>(3)</sup> (mg/L) | SSTV <sup>(4)</sup> (mg/L) | Ssed <sup>(5)</sup> (mL/L) |
|---|--------------------------|------|--|--------------------------|-----------------|------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Caminhão<br>ETEB Sul                    | Nº de dados              | 6    | 6  | 6                        | 6               | 5          | 6                        | 6                        | 6                         | 6                         | 6                          | 6                          |
|   | Mínimo NO <sup>(6)</sup> | 6,16 | 127                                      | 557                      | 38              | 14170      | 1253                     | 2505                     | 1787                      | 956                       | 841                        | 29,0                       |
|   | Máximo NO                | 6,64 | 310                                      | 1401                     | 466             | 39200      | 20727                    | 20657                    | 19056                     | 12110                     | 11496                      | 64                         |
|   | Média                    | 6,23 | 302                                      | 1023                     | 274             | 25088      | 9024                     | 10630                    | 8349                      | 7017                      | 5957                       | 61                         |
|   | Quartil (75%)            | 6,55 | 310                                      | 1334                     | 425             | 34960      | 20721                    | 13124                    | 10620                     | 10425                     | 7857                       | 64                         |
|   | Mediana                  | 6,27 | 235                                      | 1107                     | 283             | 22280      | 4942                     | 10704                    | 6676                      | 7064                      | 5253                       | 55                         |
|   | Quartil (25%)            | 6,16 | 161                                      | 634                      | 151             | 17640      | 1562                     | 6087                     | 4644                      | 4483                      | 4446                       | 36                         |
|   | Desvio Padrão            | 0,40 | 232                                      | 358                      | 166             | 10297      | 9344                     | 6307                     | 6212                      | 4030                      | 3679                       | 34                         |
|   | CV (%) <sup>(7)</sup>    | 6    | 77                                       | 35                       | 60              | 41         | 104                      | 59                       | 74                        | 57                        | 62                         | 56                         |

<sup>(1)</sup> Sólidos totais; <sup>(2)</sup> Sólidos Totais Voláteis; <sup>(3)</sup> Sólidos Suspensos Totais; <sup>(4)</sup> Sólidos Suspensos Totais Voláteis; <sup>(5)</sup> Sólidos Sedimentáveis; <sup>(6)</sup> Não Outlier; <sup>(7)</sup> Coeficiente de Variação.

As análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO) nas amostras que continham resíduos gordurosos foram realizadas pelo Método de Refluxo Aberto (APHA, 2005). Concomitantemente, ainda foram analisadas algumas amostras pelo método de refluxo fechado, da HACH, mas devido a algumas amostras resultarem em resultado acima da faixa de detecção, decidiu-se analisar somente pelo Método de Refluxo Aberto. A mediana de DQO nas amostras dos caminhões foi de 22.280 mg/L, com valor máximo encontrado de 39.200 mg/L, 50% dos resultados obtidos ficaram em torno de 17.640 e 34.960 mg/L.

Quanto aos resultados de sólidos totais, as amostras compostas dos caminhões apresentaram mediana de 10.704 mg/L. Uma amostra composta dos caminhões apresentou um valor máximo de 20.657 mg/L, sendo 19.056 mg/L de sólidos totais voláteis. Outra amostra apresentou um valor mínimo de 2.505 mg/L de sólidos totais, sendo 1.787 mg/L de sólidos totais voláteis. Os resultados de sólidos totais obtidos nas amostras dos caminhões ficaram concentrados, 50%, em torno de 6.087 a 13.124 mg/L. A concentração mediana de sólidos suspensos totais das amostras foi de 7.064 mg/L sendo que 5.253 mg/L eram sólidos suspensos voláteis. Os 50% dos resultados de sólidos suspensos totais nas amostras ficaram concentrados entre 4.483 mg/L a 10.425 mg/L. A presença de resíduos gordurosos conferiu um aumento da matéria orgânica nas amostras analisadas, como pôde ser observado nos resultados de sólidos totais voláteis.

Gasperi (2012), ao caracterizar os resíduos gordurosos de um condomínio residencial, encontrou valores de 27.558 mg/L de sólidos totais, sendo 21.302 mg/L totais voláteis e 25.840 mg/L de sólidos suspensos totais, sendo 19.320 mg/L suspensos totais voláteis. Ou seja, se somente os resíduos gordurosos fossem analisados, os valores encontrados nas caracterizações das amostras seriam bem maiores. Os seus valores apresentaram-se menores nesta pesquisa pela sua diluição com lodos de fossas.

Dos resultados de sólidos sedimentáveis, 50% ficaram concentrados entre 36 e 64 mL/L nas amostras dos caminhões, com concentração mediana de 55 mL/L.

Quanto aos resultados dos exames de óleos e graxas nos caminhões, 50% ficaram entre 1.562 a 20.721 mg/L, a concentração mediana das amostras foi de 4.942 mg/L. Gasperi (2012), ao caracterizar os resíduos provenientes de caixas de gorduras, encontrou concentração mediana de óleos e graxas de 9.653 mg/L.

Verificou-se que a maioria dos resultados dos parâmetros analisados nas amostras analisadas é heterogênea. Em termos de coeficiente de variação, verificou-se que o pH foi o que apresentou menor valor, tanto nas amostras dos resíduos de caminhões limpa-fossas contendo somente lodos de fossas, quanto nas amostras com

resíduos gordurosos. Nas amostras com resíduos gordurosos o parâmetro óleos e graxas foi o que apresentou maior coeficiente de variação.

Os estudos realizados nas pesquisas reunidas do PROSAB 5, Tema – Lodos de Fossas Sépticas (ANDREOLI, 2009) também mostraram essa heterogeneidade em amostras de lodos de fossas, com exceção do parâmetro pH. O fato de misturar resíduos gordurosos com lodos de fossa possibilitou aplicar os métodos analíticos para amostras líquidas de águas residuárias.

## CONCLUSÕES

De um modo geral, as amostras de lodos de fossas coletadas dos caminhões apresentaram características físico-químicas muito próximas às de amostras aleatórias coletadas em caminhões limpa-fossas encontradas na literatura. Verificou-se, ainda, a ausência de normalidade nos resultados de caracterização físico-química dos resíduos de caminhões limpa-fossas. De todos os parâmetros analisados, o pH foi parâmetro que apresentou o menor coeficiente de variação.

Verificou-se uma grande variabilidade nas frequências de limpezas de fossas e tanques sépticos que originaram os resíduos que os caminhões limpa-fossas descarregaram nas ETEs Brasília Norte e Sul. Poucos eram os caminhões que traziam lodos de fossa com mais de 1 ano, o que se torna um fator preocupante, pois na verdade muitas dessas fossas esgotadas estão funcionando apenas como tanques de armazenamento ou caixas de passagem. A maioria dos lodos de fossas apresentava cor ligeiramente cinza, caracterizando um esgoto recente.

A presença de óleos e graxas nos resíduos de caminhões limpa-fossas, como lodos de fossas e resíduos de caixa de gordura, é um grande inconveniente, principalmente devido aos problemas que podem causar nos sistemas coleta e tratamento de esgotos sanitários. Assim, as tecnologias para o condicionamento desses resíduos devem ser concebidas considerando uma etapa de separação desse material dos resíduos, antes de serem tratados com esgotos em ETEs.

## AGRADECIMENTOS

A presente pesquisa teve o apoio financeiro da FINEP – Financiadora de Estudos e projetos, por meio da Chamada Pública MCT/MCIDADES/FINEP/Ação Transversal – Saneamento Ambiental e Habitação 06/2010.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V. (Coord.) Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Programa de pesquisa em saneamento básico – *PROSAB*. Curitiba: ABES. 383p. 2009.
2. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, D.C., U.S.A, 2005.
3. BORGES, N. B. Caracterização e pré-tratamento de lodos de fossas e tanques sépticos. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – EESC-USP. São Carlos, SP, 150p. 2009.
4. COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (CAESB). Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal. 182p. 24ª ed. 2011.
5. COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (CAESB). Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal. 191p. 26ª ed. 2013.
6. CAMPOS, J. R.; POVINELLI, S. C. S.; AISSE, M. M.; SOUZA, M. A. A.; SAMWAYS, G.; ALEM SOBRINHO, P. Tratamento combinado de lodo de tanque séptico e de fossas com esgoto sanitário. In: ANDREOLI, C. V. (Coord). Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Programa de pesquisa em saneamento básico – *PROSAB*. p.181-282. Curitiba: ABES. 2009.
7. GASPERI, R. L. P. Caracterização de resíduos de caixa de gordura e avaliação como alternativa para o pré-tratamento. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – EESC-USP. São Carlos, SP, 97p. 2012.

8. MONTANGERO, A.; STRAUSS, M. Faecal Sludge Treatment. Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science & Technology. 41p. 2004.
9. PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PNSB). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 219p. 2008.
10. RATIS, A. N. F. A. Caracterização dos resíduos esgotados de sistemas de tratamento individual de esgotos domésticos de Natal. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de pós-graduação em engenharia sanitária. Rio grande do Norte, Natal, RN, 118 p. 2009.
11. RODRIGUES, M.C.; AMORIM, F.F.; FREITAS, M.S.; ANDRADE, A.C.; SOUZA, M.A.A. Caracterização do lodo de fossas sépticas do Distrito Federal. XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2009. Anais. 10p. Recife – PE, 2009.
12. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Decentralized systems technology fact sheet: septage treatment/disposal, Washington, Estados Unidos, 8p. 1999.
13. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, Vol. 1, 452p. 2005.