

II-258 - CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE GERADO EM UM AEROPORTO DE GRANDE PORTE. ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO INTERNACIONAL TANCREDO NEVES – CONFINES – MG

Ricardo Gomes Passos⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Engenheiro Ambiental na Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - INFRAERO.

Marcos von Sperling

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutor em Engenharia Ambiental pelo Imperial College (Universidade de Londres). Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Thiago Bressani Ribeiro

Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade FUMEC. Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Endereço⁽¹⁾: Rua Cambuquira, 175/1303 – Carlos Prates - Belo Horizonte - MG - CEP: 30710-550 - Brasil - Tel: (31) 9278-8056 - e-mail: ricardogpassos@yahoo.com.br

RESUMO

São poucas as referências na literatura a respeito de efluentes de aeroportos. A maioria da literatura estrangeira trata especificamente do efluente resultante da atividade de degelo de aeronaves e pavimentos, em países de clima temperado (onde são utilizados produtos químicos). Na tentativa de contribuir na redução dessa lacuna, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o efluente do Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins/MG, levando em consideração dados de monitoramento de 17 anos (1994 a 2010) do esgoto bruto do aeroporto, caracterização do efluente da cloaca (efluente sanitário de aeronaves) e levantamento de outras fontes pontuais de lançamento (estação de tratamento de efluentes industriais - ETEI - de um hangar). A caracterização foi realizada por meio de análise estatística dos dados de monitoramento do afluente à ETE (efluente final do aeroporto, contemplando constituintes físicos, químicos e microbiológicos do esgoto); observação de eventuais registros de concentrações elevadas em parâmetros dos efluentes de fontes pontuais e caracterização do efluente sanitário das aeronaves. O trabalho demonstrou que, de forma geral, o efluente do aeroporto apresentou concentrações semelhantes ou ligeiramente inferiores às do esgoto doméstico para a maioria dos constituintes de qualidade, apresentando características típicas de esgotos mais diluídos. As contribuições pontuais de efluentes com possíveis características não domésticas (cloaca e efluente da ETEI de um hangar) parecem não interferir negativamente nas características do afluente ao tratamento. A caracterização físico-química do efluente sanitário das aeronaves indicou concentrações de alguns constituintes superiores às típicas de esgotos domésticos.

PALAVRAS-CHAVE: Efluentes de aeroportos, efluente sanitário de aeronaves, efluentes não domésticos.

INTRODUÇÃO

Um complexo aeroportuário geralmente é constituído de áreas administrativas, áreas comerciais, oficinas de manutenção de equipamentos, hangares, pistas e pátios de aeronaves, terminais de passageiros, terminais de cargas, sistemas de refrigeração, armazenamento de combustíveis, geração de energia etc.

Basicamente, o efluente gerado em um aeroporto se assemelha ao de uma cidade, dada a variedade e características das atividades desenvolvidas. Os efluentes podem ser oriundos de instalações sanitárias das áreas administrativas e comerciais (geralmente a maior parcela), instalações sanitárias das aeronaves, lavagem de equipamentos e veículos, lavagem de pátios e pistas, sistemas de ar condicionado e atividades dos hangares (pintura, manutenção etc).

Os efluentes das aeronaves podem conter constituintes químicos que o classifiquem como efluente não doméstico (ou industrial). Tais constituintes podem ser oriundos dos produtos (desinfetantes) que são adicionados nas instalações sanitárias, visando controle sanitário. Tal controle é necessário e constitui medida de saúde pública, dado que as aeronaves transitam por diversos locais e transportam passageiros de diversos países/regiões, onde podem ocorrer surtos ou epidemias. No momento do pouso da aeronave, um veículo específico, denominado QTU, realiza a coleta do efluente das instalações sanitárias. Ao se completar a capacidade do tanque de armazenamento do QTU, o operador procede à destinação final do mesmo. No Brasil, a INFRAERO (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária) denomina de “cloaca” as instalações presentes nos aeroportos para recebimento desses efluentes.

São poucas as referências na literatura a respeito de efluentes de aeroportos. A maioria da literatura estrangeira trata especificamente do efluente resultante da atividade de degelo de aeronaves e pavimentos, em países de clima temperado (onde são utilizados produtos químicos). Em não se tratando da situação acima, caracterizações já realizadas apontaram concentrações dos constituintes semelhantes às aquelas encontradas no esgoto doméstico ou com pequenas variações em alguns parâmetros. Caracterizações feitas por Mendonça *et al.* (2008) no Aeroporto Internacional de Belém-PA (Val-de-Cans / Júlio Cezar Ribeiro) apontaram concentrações de parâmetros físicos e químicos dos efluentes semelhantes aos encontrados em esgotos domésticos, com exceção de sólidos totais e sedimentáveis, que estavam abaixo dos valores correspondentes aos típicos reportados na literatura. Liu *et al.* (2007), no Aeroporto de Qingdao, China, apontaram concentrações de parâmetros físicos e químicos dos efluentes inferiores aos encontrados em esgotos domésticos, com exceção de pH e nitrogênio total (dentro da faixa) e amônia (ligeiramente acima).

Na tentativa de diminuir um pouco essa lacuna, o objetivo deste trabalho é caracterizar o efluente do Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins/MG, levando em consideração dados de monitoramento de 17 anos do esgoto bruto do aeroporto, caracterização do efluente da cloaca e levantamento de outras fontes pontuais de lançamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETE que atende o Aeroporto Internacional Tancredo Neves (AITN), em Confins – MG (ETE Confins) realiza o tratamento dos efluentes de todo o complexo aeroportuário a nível secundário (lagoa facultativa seguida de lagoa de maturação). O sistema atende exclusivamente o aeroporto.

Além do efluente oriundo do terminal de passageiros, terminal de cargas e dependências administrativas (proveniente das instalações sanitárias e cozinhas), existem contribuições pontuais de esgotos com possíveis características industriais. Uma delas diz respeito ao efluente da cloaca (sanitários das aeronaves) e outra do hangar de manutenção da GOL linhas aéreas, onde ocorrem atividades de manutenção/pintura/reparo de aeronaves. Importante ressaltar que o hangar da GOL conta com uma ETEI (Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, composta por separador de água e óleo, unidades de coagulação, mistura e desidratação do lodo) para pré-tratamento do efluente, antes do lançamento na rede coletora.

A caracterização foi realizada por meio de análise estatística dos dados de monitoramento do afluente à ETE (efluente final do aeroporto); observação de eventuais registros de concentrações elevadas em parâmetros do efluente da ETEI da GOL e caracterização do efluente sanitário das aeronaves, conforme apresentado nos tópicos a seguir.

Análise estatística dos dados de monitoramento do afluente à ETE (efluente final do aeroporto)

Os dados foram fornecidos pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), empresa que opera o sistema, e contempla constituintes físicos, químicos e microbiológicos do esgoto. Os dados analisados no presente trabalho dizem respeito ao monitoramento de 1994 a 2010. A programação do monitoramento realizado pela COPASA variou ao longo dos anos (parâmetros monitorados, frequência), mas, de forma geral, compreendeu coletas semanais para pH (amostragem simples) e coletas mensais ou quinzenais para os demais parâmetros, como DBO, DQO, ST, SST, SSF, SSV, sólidos sedimentáveis, coliformes termotolerantes ou *E. coli*, cloreto, nitrogênio total e amoniacal, fósforo total, óleos e graxas, detergentes, alcalinidade, (amostragem composta).

Efluente da ETEI do hangar da GOL

O hangar da GOL conta com uma estação de tratamento de efluentes industriais, que realiza o tratamento de todos os efluentes das atividades de manutenção, reparo e pintura de aeronaves. O tratamento é físico-químico, realizado com uso de caixas separadoras de água e óleo, tanques de mistura e armazenamento, coagulantes e unidades de desidratação do lodo.

Os dados do monitoramento da ETEI da GOL foram obtidos por meio de acesso ao processo de licenciamento do hangar, cujas informações são de domínio público, e correspondem ao período de 2006 a 2010. Tais dados também foram considerados, de forma a se ter uma informação adicional sobre a qualidade do efluente que chega à ETE do AITN quando da discussão dos resultados de monitoramento da mesma.

Efluente das aeronaves

Conforme já comentado, as instalações presentes nos aeroportos para recebimento dos efluentes sanitários das aeronaves são chamadas de “cloaca”. No AITN, a cloaca está ligada à rede coletora de esgotos do aeroporto, portanto, o efluente é direcionado à ETE. A caracterização física e química desse efluente foi feita com base em uma campanha de amostragem composta, ao longo de um dia, incluindo as variáveis DBO; DQO; SST; SSV; SSF; óleos e graxas; fenóis; nitrogênio total; nitrogênio amoniacal; nitrato; fósforo total; pH; temperatura; detergente/surfactantes.

RESULTADOS

Afluente à ETE

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos dados de qualidade (em termos de concentração) do esgoto bruto do aeroporto:

Tabela 1: Estatística descritiva das variáveis de qualidade do efluente bruto do Aeroporto Internacional Tancredo Neves – Confins-MG.

	DBO	DQO	SST	SSV	SSF	CL	N-TOT	N-NH ₃	P.TOT	O&G	DETERG.	ALC.	pH	SSed	E.coli
Núm dados	186	186	187	172	172	52	143	158	168	152	145	155	179	177	167
Mínimo	14	21	19	13	3	10	5	7	0	4	0	15	6,2	0	1,80E+05
Máximo	882	1507	975	907	246	90	156	138	11,7	225	8,1	627	9,1	18	7,00E+09
Desvio padrão	148	288	147	132	32	16	28	28	3	40	1,5	130	0,4	3,7	6,60E+08
Coef. Var	0,63	0,61	0,73	0,76	0,9	0,41	0,5	0,58	0,61	0,82	0,62	0,41	0,06	0,43	4,95E+00
TENDÊNCIA CENTRAL															
Média	235	472	201	174	36	40	57	49	4,9	48	2,4	318	7,6	8,7	1,33E+08
Mediana	201	417	163	146	27	39	51	41	4,4	40	2,2	310	7,6	8,8	1,80E+07
Média Geomét.	188	313	134	114	-	36	43	35	-	-	-	252	7,4	-	1,94E+07
PERCENTIS															
10%	81	166	58	44	10	22	29	19	1,6	11	0,7	162	7,2	4,4	2,66E+06
25%	125	223	98	80	16	30	36	27	2,2	18	1,6	255	7,3	5,3	7,30E+06
50%	201	417	163	146	27	39	51	41	4,4	40	2,2	310	7,6	8,8	1,80E+07
75%	320	641	281	243	45	48	76	68	7,5	64	3,1	393	7,8	11,3	4,90E+07
90%	424	835	394	333	69	60	99	90	9,2	92	4,1	500	8,1	13,6	2,38E+08

Para todos as variáveis a unidade adotada é mg/l, com exceção de pH (sem unidade), Sólidos Sedimentáveis – mL/L e *E. coli* - NMP/100mL.

Para a DBO, ao se observar os valores contidos entre os percentis 10 e 90% (faixa de 81 a 424 mg/L), verifica-se que os mesmos se situam próximos aos limites da faixa citada por Jordão e Pessoa (2011) para esgoto doméstico bruto – entre 100 e 400 mg/L. Tal comparação é razoável, dado que os percentis de 10 e 90% abarcam uma grande quantidade dos dados.

O mesmo ocorre para DQO, cujos percentis 10 e 90% (faixa de 166 a 835 mg/L) também se situam próximos aos limites da faixa citada por Jordão e Pessoa (2011) para esgoto doméstico – entre 200 e 800 mg/L – e em uma faixa mais ampla que a citada por von Sperling (2005) – entre 450 e 800 mg/L. Os valores da média e mediana da concentração no esgoto bruto foram, respectivamente, 472 e 417 mg/L. Tais valores estão dentro das faixas comentadas acima.

O valor médio encontrado para a concentração de DBO no afluente bruto (235 mg/L) é um pouco inferior ao valor médio apresentado por von Sperling (2005) para esgotos sanitários - em torno de 300 mg/L. Esse valor médio também está abaixo do valor médio de DBO do esgoto afluente a 208 ETEs inventariadas por Oliveira (2006), de 527 mg/L, e abaixo do valor médio relatado por Meneses (2006), de 378 mg/L, ao analisar o esgoto

afluente a um sistema de lagoas em Natal-RN a cada 10 dias, por um período de 1 ano. Também está abaixo do valor médio relatado por Takeuti (2003) em ETE no estado de São Paulo, de 383 mg/L. Na cidade de Itabira-MG, um total de 31 amostras de esgoto bruto afluente à ETE foram analisadas (BRITO *et al.*, 1997), sendo que o valor médio (282 mg/L) foi um pouco superior ao agora relatado. Na mesma ETE, em Itabira-MG, em pesquisa posterior realizada por Mascarenhas *et al.* (2004), os autores relataram valores médios de 340 e 317 mg/L. A concentração média de 235 mg/L também é inferior à concentração média - 305 mg/L - apontada por Destro e Amorim (2007) em 10 amostragens do esgoto bruto afluente a uma ETE em Cuiabá-MT. Da mesma forma, é também inferior aos valores médios compilados por Polisel (2005) para o afluente a ETEs operadas pela SABESP, na região noroeste do estado de São Paulo, compreendidos na faixa de 326 a 624 mg/L. Todas as referências acima citadas dizem respeito a esgoto doméstico.

Várias outras referências foram encontradas, com amplas faixas de variação da DBO e DQO do esgoto bruto. A Figura 1 ilustra uma breve comparação dos percentis 25 e 75% (linhas vermelhas) do efluente do AITN com os valores médios reportados na literatura para esgotos sanitários (referências apresentadas acima e outras pesquisadas).

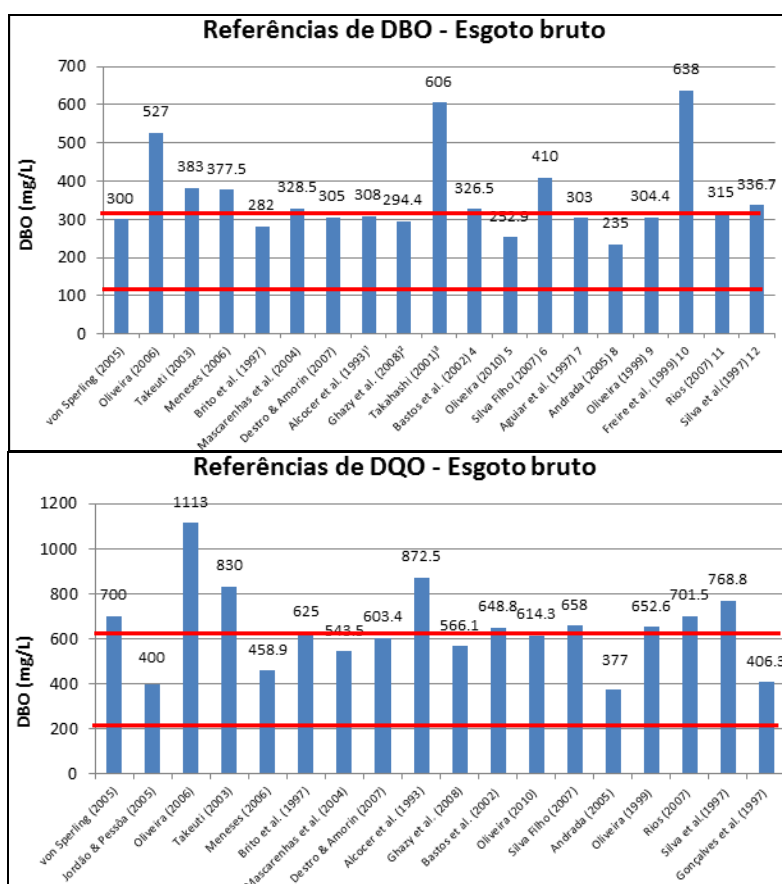


Figura 1: Comparação das concentrações de DBO e DQO (percentis 25 e 75%) do efluente do Aeroporto Internacional Tancredo Neves (linhas vermelhas) com valores médios reportados na literatura para esgotos sanitários.

Referências:

- 1 - Esgoto doméstico afluente a ETE em Ixtapan de la Sal - México
- 2 - Esgoto doméstico afluente a ETE em área rural do Egito
- 3 - Esgoto predominantemente doméstico afluente a ETE Suzano, SP
- 4 - Esgoto afluente a ETE em Viçosa -MG
- 5 - Esgoto afluente a ETE em João Pessoa-PB
- 6 - Média do esgoto afluente a 78 ETEs no Rio Grande do Norte
- 7 - Média do esgoto afluente a 5 ETEs em Vitória -ES
- 8 - Média de 21 dados de esgoto afluente a ETE em Belo Horizonte -MG
- 9 - Média de 503 dados de esgoto afluente a 5 ETEs em Serra -ES
- 10 - Média de 65 dados de esgoto de Belo Horizonte -MG e Contagem-MG afluente à uma ETE piloto
- 11 - Média de 137 dados de esgoto afluente a ETE experimental em Viçosa-MG
- 12 - Média de 803 dados de esgoto bruto afluente a 6 ETEs em Vitória -ES

Diante do exposto, é razoável afirmar que o efluente do aeroporto apresenta uma concentração de DBO (média: 235 mg/L; mediana: 201 mg/L) e DQO (média: 472 mg/L; mediana: 417 mg/L) tendendo para característica de esgotos domésticos mais diluídos, abaixo da média relatada por vários autores. Ademais, as médias reportadas na literatura se situam próximas e até superiores ao percentil 75% da DBO e DQO do efluente do aeroporto.

Segundo von Sperling (2005), a relação DQO/DBO dos esgotos domésticos brutos varia em torno de 1,7 a 2,4. O mesmo autor afirma que efluentes com relação DQO/DBO menor que 2,5 possuem elevada fração biodegradável, com potencial para tratamento biológico. Segundo Metcalf e Eddy (1991), para águas residuárias típicas, são relatadas relações entre DQO/DBO variando de 1,3 a 2,5. Jordão e Pessoa (2011) citam a relação típica de 2,0. Yanes (1993) cita valores de 1,7 a 2,0 e van Haandel e Lettinga (1994) de 1,8 a 2,2. Portanto, baseado nos valores de média e mediana, pode-se classificar o efluente do aeroporto como de elevada biodegradabilidade, com a média (2,3) situando-se próximo ao limite superior das faixas reportadas acima. Já ao se comparar com valores relatados na literatura (Figura 2), pode-se afirmar que a média do esgoto bruto apresenta valor um pouco superior à maioria que foi apresentada. Entretanto, conforme discutido, ainda situado na faixa de elevada biodegradabilidade.

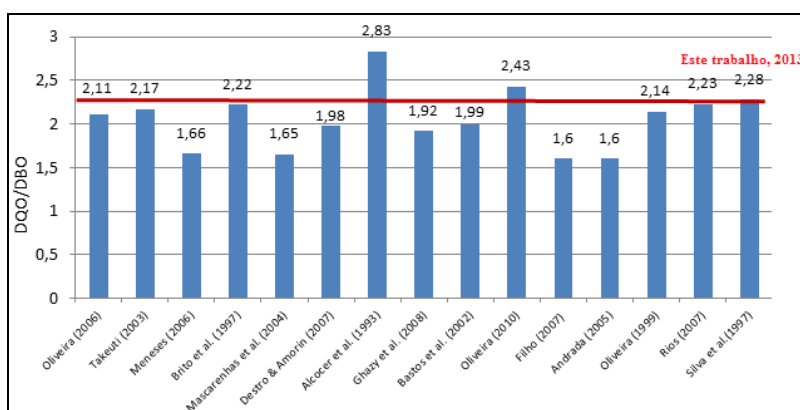


Figura 2: Comparação do valor da relação DQO/DBO do efluente do Aeroporto Internacional Tancredo Neves com valores reportados na literatura para esgotos sanitários.

De acordo com a Tabela 1 o esgoto bruto apresentou concentração média de 201 mgSST/L e mediana de 163 mgSST/L; valores consideravelmente inferiores ao valor médio de referência para esgotos domésticos apontados por von Sperling (2005), de 350 mg/L. Ao se comparar os percentis 25% (linha vermelha inferior) e 75% (linha vermelha superior) com outros valores médios reportados na literatura, também para esgotos brutos domésticos, pode-se sugerir que se trata de um efluente com baixos teores de sólidos em suspensão, já que os valores de literatura se situam próximos e até superiores ao percentil 75% (Figura 3).

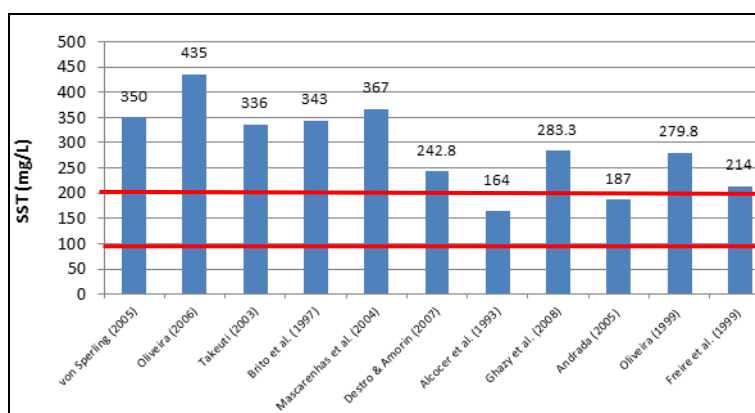


Figura 3: Comparação dos percentis 25 e 75% da concentração de SST do esgoto bruto da presente pesquisa (linhas vermelhas) com valores reportados na literatura.

Jordão e Pessôa (2011) apresentam uma tabela com valores de concentrações típicas para várias condições do esgoto sanitário (esgoto “forte”, “médio” e “fraco”). De acordo com esse critério, o efluente do aeroporto seria classificado como entre “fraco” e “médio” ($120 \text{ mg/L} < \text{SST} < 230 \text{ mg/L}$). O mesmo para a classificação de Metcalf e Eddy (2003), que define como “fraco” e “médio” aqueles com concentrações de 120 mg/L e 210 mg/L .

Assim como para SST, suas frações - SSV e SSF – também apresentaram, no geral, valores médios abaixo do apontado na literatura. Von Sperling (2005) aponta valores típicos para SSV e SSF de, respectivamente, 320 e 80 mg/L , aproximadamente o dobro dos valores médios relatados neste trabalho (174 e 36 mg/L para SSV e SST respectivamente). A classificação de Jordão e Pessôa (2011) sugere que o esgoto tem característica mais próxima de um “esgoto médio” em relação à SSV e mais próximas de “esgoto fraco” em relação à SSF.

A avaliação da relação SSV/SST permite uma inferência a respeito da natureza orgânica dos sólidos suspensos. Valores típicos de esgotos brutos domésticos se situam na faixa de $0,75$ a $0,85$ (METCALF e EDDY, 1991). O valor médio para o esgoto bruto do aeroporto ($0,82$) se situou dentro desta faixa e foi superior aos valores encontrados por Mascarenhas (2002), de $0,71$ a $0,74$ e ao valor médio encontrado por Brito *et. al.* (1997), de $0,72$.

Em termos bacteriológicos (coliformes termotolerantes ou *E. coli*), a média geométrica no efluente bruto do aeroporto ($1,94 \times 10^7 \text{ NMP/100mL}$) está dentro da faixa típica de esgotos brutos domésticos (10^6 a 10^9 org/100mL), de acordo com von Sperling (2005), e também dentro da faixa típica apresentada por Metcalf e Eddy (2003), de 10^6 a 10^8 NMP/100ml .

As concentrações médias de nitrogênio total no esgoto bruto do aeroporto (média de 57 mg/L e mediana de 51 mg/L) se situaram próximas ao limite superior da faixa típica de esgotos domésticos citada por von Sperling (2005), de 35 a 60 mg/L (típico 45 mg/L), mas ainda inferiores às médias reportadas em pesquisas de Oliveira (2006) e Destro e Amorin (2007), de, respectivamente 66 e 80 mg/L . Na classificação de Jordão e Pessôa (2011), a concentração de nitrogênio total está entre a típica de “esgoto médio” (40 mg/L) e “esgoto forte” (85 mg/L), mais próximo da primeira. Em relação ao nitrogênio amoniacal, a concentração média de 49 mg/L (mediana 41 mg/L) supera o esperado para esgoto bruto doméstico, cuja faixa é de 20 a 35 mg/L (típico 25 mg/L), de acordo com von Sperling (2005). Na classificação de Jordão e Pessôa (2011), a concentração de amônia se aproxima da típica de “esgoto forte” (50 mg/L) e na classificação de Metcalf e Eddy (2003), supera a típica de “esgoto doméstico forte” (45 mg/L). Em se tratando de efluente de aeroportos, Liu *et. al.* (2007) também constataram concentrações de amônia acima dessa faixa (média de 39 mg/L), em caracterização realizada no Aeroporto de Qingdao, China. Muito provavelmente, as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal se devem à elevada proporção de mictórios (urina) no aeroporto, quando comparada a residências, dentro do conceito de que estes banheiros são mais usados para urinar do que para defecar.

Os valores de alcalinidade também se mostraram superiores à faixa usual. A alcalinidade média do esgoto bruto foi de $318 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ (mediana de $310 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$), com percentis de 10 e 90% de, respectivamente, 162 e $500 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$. A média encontrada foi superior ao limite máximo da faixa típica relatada por von Sperling (2005) para esgotos brutos domésticos, de 100 a $250 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$. Tais concentrações podem ser explicadas pela maior dureza da água subterrânea na região do aeroporto (região cárstica), sendo que a água distribuída é oriunda de um sistema de captação em manancial subterrâneo. Nesse sentido, quanto maior o consumo de água, maior será a alcalinidade do esgoto bruto.

Já as concentrações médias de fósforo total no esgoto bruto do aeroporto (média de $4,9 \text{ mg/L}$ e mediana de $4,4 \text{ mg/L}$) se situaram próximas ao limite inferior das faixas típicas de esgotos domésticos citada por von Sperling (2005) e Metcalf e Eddy (2003), de 4 a 15 mg/L (típico 7 mg/L) e 4 a 16 mg/L , respectivamente. Também inferiores às médias reportadas em pesquisas realizadas por Oliveira (2006), de 8 mg/L ; Destro e Amorin (2007), de $6,1 \text{ mg/L}$; Bastos *et. al.* (2002), de $6,2 \text{ mg/L}$ e Brito *et. al.* (1997), de $11,3 \text{ mg/L}$, todos com esgoto doméstico. Na classificação de Jordão e Pessôa (2011), a concentração média de fósforo total se aproxima muito da típica de “esgoto fraco” (5 mg/L). Portanto, ao contrário do que foi observado com as concentrações de amônia e nitrogênio total, a concentração média de fósforo total do esgoto bruto do aeroporto tende a ser inferior às tipicamente encontradas em esgotos domésticos.

A concentração média de cloreto no esgoto bruto do aeroporto (40 mg/L) está de acordo com o esperado para esgotos domésticos. Na classificação de Metcalf e Eddy (2003), essa concentração se situa entre a típica de “esgoto doméstico fraco” (30 mg/L) e “esgoto doméstico forte” (50 mg/L).

Sabe-se que, em esgotos brutos, os óleos e graxas geralmente podem ser provenientes da preparação e uso dos alimentos (óleos vegetais, manteiga, carne, leite) ou estarem presentes na forma de óleos minerais derivados do petróleo (querosene, óleos lubrificantes), decorrentes de atividades de oficinas, postos de gasolina ou atividades industriais semelhantes. Ambas as situações são comumente verificadas em aeroportos: atividades de restaurantes e lanchonetes nos terminais de passageiros e atividades de manutenção, reparo, abastecimento nos pátios e áreas internas. No caso do AITN, cinco restaurantes e seis lanchonetes estão atualmente em funcionamento. Há também uma oficina de manutenção dos veículos da Infraero e o hangar da GOL linhas aéreas, onde ocorre a manutenção, pintura e reparação de aeronaves. Todas essas atividades podem contribuir com o aporte de óleos e graxas na ETE, mesmo dispondo de pré-tratamento em todos os casos (caixas de gordura nos restaurantes/lanchonetes, caixa separadora de água e óleo na oficina e ETEI no hangar da GOL). Entretanto, de acordo com a Tabela 1, a concentração de óleos e graxas no esgoto bruto do aeroporto sempre se situou abaixo da média típica. Os percentis de 10 e 90% foram de 11 e 92 mg/L (média 48 mg/L; mediana 40 mg/L). Segundo Jordão e Pessôa (2011), a concentração típica de óleos e graxas no esgoto doméstico é de 100 mg/L, variando entre 50 e 150 mg/L. De acordo com a classificação de Metcal e Eddy (2003), a concentração média foi ainda inferior a típica de “esgoto doméstico fraco” (de 50 mg/L).

Com relação a detergentes, as fontes potenciais no AITN são os próprios sanitários, as operações de desinfecção na cloaca e o efluente do hangar da GOL. Em nenhum dos casos a contribuição parece ser significativa, conforme pode ser evidenciado na Tabela 1 (concentração de detergentes no efluente da cloaca menor que 1,00 mg/L) e observado nos dados de monitoramento da ETEI da GOL (concentração máxima de contribuição de detergentes para a rede, no hangar, foi de 16,9 mg/L, em setembro de 2010). O esgoto bruto apresentou concentração média de 2,4 mg/L, abaixo da típica dos esgotos domésticos, citado por Gadelha (1986), de aproximadamente 3 mg/L. Chernicharo (2007) cita a faixa de 1 a 20 mg/L de surfactantes no esgoto doméstico.

Por fim, a avaliação da relação DBO/N/P (considerada muitas vezes como indicadora da viabilidade do tratamento biológico) conduziu a uma média no esgoto bruto de 235/57/5. Fixando a concentração de DBO em 100 mg/L, e mantidas as proporções, têm-se a relação 100/37/3. Tem sido usual aceitar-se relação em torno de 100/5/1 como necessária para manter um balanço adequado entre matéria orgânica e nutrientes para o tratamento biológico; ou seja, 100 mg/L de DBO para 5 mg/L de N para 1 mg/L de P (JORDÃO e PESSÔA, 2011). Portanto, não há limitações de nutrientes para a atividade biológica.

Efluente sanitário das aeronaves

A estimativa do volume de efluente lançado na cloaca conduziu à média de 1743 L/d (ou 52278 L/mês ou 627338 L/ano), baseado na compilação de dados de 2007 a 2010 (dados disponíveis). Conforme já comentado, o efluente é oriundo das instalações sanitárias das aeronaves e contém desinfetantes em sua composição.

Com o crescimento da movimentação de passageiros houve também aumento da frequência de operações na cloaca. A evolução do volume mensal de lançamento está apresentada na Figura 4.

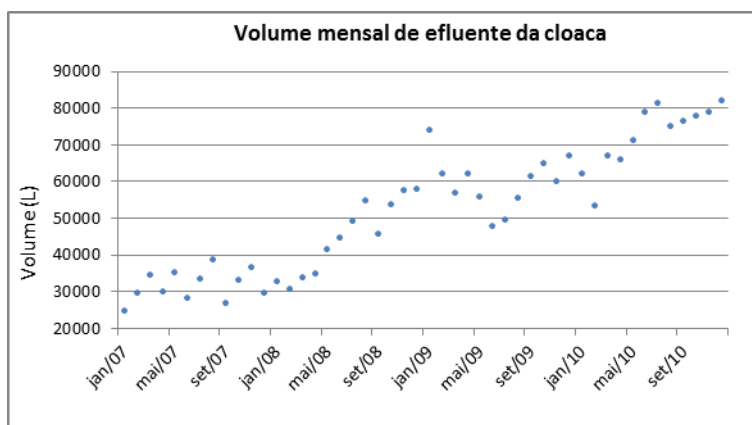


Figura 4: Evolução do volume mensal de lançamento do efluente sanitário das aeronaves na cloaca do AITN – Confinos - MG

Após pesquisa em cada uma das empresas responsáveis pela operação de descarga das aeronaves, constatou-se que o produto (desinfetante) utilizado nas aeronaves - e o mesmo utilizado na própria limpeza do veículo - é o BG 62®. Basicamente, trata-se de um produto a base de compostos de amônia (Cloreto de Alquil Dimetil Benzil Amônio) e fenol (Nonil Fenol Etoxilado), de forte poder bactericida.

A caracterização físico-química do efluente da cloaca conduziu aos valores de concentração apresentados na Tabela 2. Na mesma tabela, os valores são comparados com concentrações típicas de esgotos domésticos, de acordo com a literatura.

Tabela 2: Caracterização físico-química do efluente da cloaca do Aeroporto Internacional Tancredo Neves

VARIÁVEIS	UNIDADE	RESULTADO	REFERÊNCIA DE LITERATURA*
pH	-	9,1	6,7 a 8,0 (VON SPERLING, 2005)
Temperatura	°C	24	-
DBO	mgO ₂ /L	1833	250 a 400 (VON SPERLING, 2005)
DQO	mgO ₂ /L	8652	450 a 800 (VON SPERLING, 2005)
SST	mg/L	4530	200 a 450 (VON SPERLING, 2005)
SSF	mg/L	390	40 a 100 (VON SPERLING, 2005)
SSV	mg/L	4140	165 a 350 (VON SPERLING, 2005)
NTK	mg/L	1682	-
N-NH ₃	mg/L	1540	20 a 35 (VON SPERLING, 2005)
NO ₃	mg/L	4,35	0 a 1 (VON SPERLING, 2005)
Fenóis	mg/L	4,12	-
Óleos e Graxas	mg/L	173	50 a 150 (JORDÃO e PESSÔA, 2011)
Fósforo Total	mg/L	192	4 a 15 (VON SPERLING, 2005)
Detergentes/Surfactantes	mg/L	<1,00	1 a 20 (CHERNICHARO, 2007)

* Para esgoto bruto doméstico

Observando a Tabela 2, é possível constatar que, exceto para Detergentes/Surfactantes, todos os parâmetros analisados apresentaram concentrações superiores à faixa típica de esgotos domésticos citada na literatura (para a maioria dos parâmetros a concentração foi bastante superior), o que caracterizaria o efluente como predominantemente industrial. A elevada relação DQO/DBO, de 4,7, também caracterizaria este efluente como de elevada fração inerte, com possível indicação para o tratamento físico-químico (VON SPERLING, 2005). Os elevados teores de sólidos podem ser devido à grande quantidade de papel no efluente, percebido durante a coleta das amostras.

Apesar de apresentar tais características, o efluente da cloaca parece não impactar significativamente a qualidade do esgoto que chega à ETE, que se assemelha a esgotos domésticos mais diluídos.

Para efeito de comparação com a vazão total afluente à ETE, tem-se que, caso o volume de lançamento mensal na cloaca fosse expresso em termos de vazão (em L/s, por exemplo), a relação $Q_{\text{cloaca}}/Q_{\text{total}}$ seria da ordem de 0,0045 ou 0,45% (média dos dados de 2007 a 2010).

CONCLUSÕES

De forma geral, o efluente do aeroporto apresentou concentrações semelhantes ou ligeiramente inferiores às do esgoto doméstico para a maioria dos constituintes de qualidade, apresentando características típicas de esgotos mais diluídos. As concentrações médias de DBO, DQO, SST, SSV, SSF, fósforo total, óleos e graxas, cloreto e detergentes total se situaram abaixo da típica reportada em literatura para esgotos domésticos. Já as concentrações de nitrogênio amoniacal e a alcalinidade superaram os valores típicos de literatura. As relações SSV/SST e DBO/DQO estiveram dentro dos limites comumente observados em efluentes domésticos e de boa degradabilidade. Ainda, a relação DBO/N/P indicou não haver limitações de nutrientes para a atividade biológica.

As contribuições pontuais de efluentes com possíveis características não domésticas (cloaca e efluente da ETEI do hangar da GOL) parecem não interferir negativamente nas características do afluente ao tratamento. Entretanto, a caracterização físico-química do efluente sanitário das aeronaves indicou concentrações de DBO, DQO, SST, SSV, SSF, Óleos e Graxas, Fenóis, Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Fósforo Total e pH superiores às típicas de esgotos domésticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) pela cessão dos dados de monitoramento e INFRAERO pelo apoio à pesquisa. Os autores agradecem também à FAPEMIG - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, M. M.; SILVA, S. R.; MENDONÇA, A. S. F. Eficiência na remoção de coliformes fecais em lagoas de estabilização na grande Vitória - ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1997, Foz do Iguaçu. [Anais...] Foz do Iguaçu: ABES, 1997. 1 CD-ROM.
2. ALCOCER, J.; LUGO, A.; LÓPEZ, A.; SÁNCHEZ, M. R. Efficiency of a waste stabilization pond system in a subtropical area of Mexico. *Rev. Int. Contam. Ambient*, v. 9, n. 1, p. 29-36, 1993.
3. ANDRADA, J. G. B. *Utilização de filtros grosseiros para remoção de algas presentes em efluentes de lagoas de polimento*. 2005. 115 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
4. BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; NUNES, F. L.; SOEIRO, G. P.; SILVA, C. V.; FREITAS, A. S. Avaliação do tratamento de esgotos sanitários em lagoas de estabilização tendo em vista a utilização do efluente na agricultura e piscicultura. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28, 2002, Cancún, 2002. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, AIDIS. Gestión inteligente de los recursos naturales: desarrollo y salud. México: D.F, FEMISCA, 2002. p.1-8.
5. BRITO, M. C. S. O. M.; CHERNICHARO, C. A. L.; VON SPERLING, M. Avaliação intensiva de um sistema UASB - lagoa de maturação com chicanas na cidade de Itabira - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1997, Foz do Iguaçu. [Anais...] Foz do Iguaçu: ABES, 1997. 1 CD-ROM.
6. CHERNICHARO, C. A. L. *Princípio do Tratamento Biológicos de Águas Residuárias*. Vol. 5: Reatores Anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007. 379 p.
7. DESTRO, C. A. M., AMORIM, R. Avaliação do desempenho do sistema de lagoas de estabilização do bairro CPA III em Cuiabá/MT, a partir de variáveis físico-químicas e biológicas. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 1, 2007. Vol. 1. [Anais...].

8. FREIRE, V. H.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. Avaliação do desempenho de um sistema combinado UASB – lodos ativados no tratamento de efluentes sanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999, Rio de Janeiro. [Anais...] Rio de Janeiro: ABES, 1999. CD-ROM.
9. GADELHA, C. L. M. Efeito dos detergentes sintéticos biodegradáveis no processo de digestão anaeróbia de lodos de esgotos predominantemente domésticos. 1986. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 216 pp, 1986.
10. GAZHY, M. M. D.; EL-SENOUSY, W. M.; ABDEL-AATY, A. M.; KAMEL, M. Performance Evaluation of a Waste Stabilization Pond in a Rural Area in Egypt. *American Journal of Environmental Sciences*, v. 4, n. 4, p. 316-326, 2008.
11. GONÇALVES, R. F.; ARAÚJO, V. L.; CHERNICHARO, C. A. L. Tratamento secundário de esgoto sanitário através da associação em série de reatores UASB e biofiltros aerados submersos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1997, Foz do Iguaçu. [Anais...] Foz do Iguaçu: ABES, 1997. 1 CD-ROM.
12. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 1050 p.
13. LIU, Z.; QUN, M.; AN, W.; SUN, Z. An application of membrane bio-reactor process for the wastewater treatment of Qingdao International Airport. *Desalination*, 202, p. 144-149, 2007.
14. MASCARENHAS, L. C. A. Avaliação do desempenho de lagoas de polimento rasas, em série, para o pós-tratamento de efluentes de reator UASB. 2002. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
15. MENDONÇA, N. M.; MACHADO, L. C. G. T.; OLIVEIRA, M. V. P.; SARMAHO, E. L. R.; COSTA, R. C. Caracterização qualitativa e quantitativa das águas residuárias geradas no Aeroporto Internacional de Val – de – cans (Belém-PA). In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13, 2008, Belém. [Anais...] Belém: ABES, 2008. 1 CD-ROM.
16. MENESES, C. G. R. *Evolução da biodegradabilidade da matéria orgânica em um sistema de lagoas de estabilização*. 2006. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
17. METCALF e EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 1991. 920 p.
18. METCALF e EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819 p.
19. MASCARENHAS, L. C. A.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. Avaliação do desempenho de lagoas de polimento rasas, em série, para o pós-tratamento de efluentes de reator UASB. *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 9, n. 1, p. 45 – 54, 2004.
20. OLIVEIRA, L. F. F. Eficiências de remoção de carga orgânica por lagoas de estabilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999, Rio de Janeiro. [Anais...] Rio de Janeiro: ABES, 1999. CD-ROM.
21. OLIVEIRA, M. S. R. *Avaliação da comunidade fitoplancônica da lagoa facultativa do módulo III da estação de tratamento de esgoto de Mangabeira (João Pessoa – PB)*. 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
22. OLIVEIRA, S. M. A. C. *Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos*. 2006. 214 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
23. POLISEL, K. C. *Desempenho de lagoas de maturação utilizando macrófitas aquáticas e chicaneamento*. 2005. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
24. RIOS, E. N. *Caracterização e comportamento de uma série de lagoas de polimento tratando esgotos sanitários*. 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
25. SILVA FILHO, P. A. *Disgnóstico operacional de lagoas de estabilização*. 2007. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
26. SILVA, S. R.; AGUIAR, M. M.; MENDONÇA, A. S. F. Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da grande Vitória - ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

- SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1997, Foz do Iguaçu. [Anais...] Foz do Iguaçu: ABES, 1997. 1 CD-ROM.
27. TAKAHASHI, A.; SEMURA, K. A.; GONÇALVES, M. C.; KAKINAMI, S. H. Resultados do programa de avaliação de desempenho da ETE Suzano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. [Anais...] João Pessoa- PB: ABES, 2001.
 28. TAKEUTI, M. R. S. A. *Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização com chicanas*. 2003. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2003.
 29. VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente*. Camina Grande: Eppgraf, 1994. 240 p.
 30. VON SPERLING, M. (2005). *Princípios do Tratamento Biológicos de Águas Residuárias*. Vol. 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005. 452 p.
 31. YANEZ, F. *Lagunas de estabilizacion*. Lima: CEPIS, 1993.