

Aptidão dos lodos gerados nas Estações de Tratamento de Esgotos no Distrito Federal para condicionamento, utilização e disposição final

Aptitude of the sludge generated in Sewage Treatment Plants in the Federal District of Brazil for the conditioning, use and final disposal


- **Data de entrada:**
28/01/2019
- **Data de aprovação:**
02/07/2019

Lucilene Ferreira Batista^{1*} | Marco Antonio Almeida de Souza¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.074>

ORCID ID

Batista LF  <https://orcid.org/0000-0001-6514-9322>

Souza, MAA  <https://orcid.org/0000-0002-3947-0881>

Resumo

O Distrito Federal (DF) possui 16 Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) em operação, que empregam tecnologias de tratamento diversificadas e geram diariamente cerca de 300 toneladas de lodo. A presente pesquisa objetivou a caracterização dos processos de produção e tratamento e da qualidade do lodo de esgotos gerado nas ETEs do DF, para identificar as alternativas de disposição final viáveis. Os coeficientes de produção de lodo foram verificados e comparados com a literatura, tendo-se deparado com a dificuldade em se estabelecer um padrão de geração de lodo para a fase de tratamento primário. Foram levantados os requisitos necessários à gestão do lodo, e, com a caracterização dos lodos das ETEs do DF, foi composto um cenário com alternativas que propiciam o aproveitamento do lodo. Concluiu-se que um tratamento complementar simples e de baixo custo para higienização do lodo permitiria sua adequação para o uso agrícola.

Palavras-chave: Lodos de esgotos. Gestão de lodos. Tratamento de lodos. Disposição final de lodos. Tratamento de esgoto. Estação de tratamento de esgotos. Distrito Federal.

Abstract

The Federal District (DF) of Brazil has 16 Sewage Treatment Plants (STPs) in operation, which employ diversified treatment technologies and generate around 300 tons of sludge daily. The present research aimed at characterizing the processes of production and treatment and the quality of the sewage sludge generated in the STPs of the Federal District to identify viable final disposal alternatives. The sludge production coefficients were verified and compared with the literature, and it was difficult to establish a sludge generation standard for the primary treatment phase. The necessary requirements for the management of the sludge were raised, and with the characterization of the sludge from the STPs of the Federal District, a scenario was created with alternatives that favor the reclamation of sludge. This work concludes that a simple and low-cost complementary treatment for sludge sanitation would allow its adaptation to agricultural use.

Keywords: Sewage sludge. Sludge management. Sludge treatment. Final disposal of sludge. Sewage treatment. Sewage treatment plant. Federal District of Brazil.

¹ Universidade de Brasília - Brasília - Distrito Federal - Brasil.

* **Autora correspondente:** lucilenebatista@caesb.df.gov.br.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os problemas ambientais, agravados pela crescente concentração urbana, um dos mais relevantes da atualidade é, sem dúvida, o destino adequado para os milhões de toneladas de resíduos gerados, diariamente, em todo o mundo.

Nesse contexto, a disposição final do lodo proveniente do tratamento de esgotos vem se caracterizando como um desafio para as autoridades e profissionais do setor. O aumento do número de estações de tratamento de esgotos e o consequente incremento da produção de lodos de esgotos torna imperiosa a solução do problema.

A gestão do lodo proveniente de diferentes etapas do tratamento de esgotos representa um problema de elevada complexidade. Os múltiplos aspectos envolvidos, tais como o volume significativo de material gerado, as limitações na localização de áreas para destinação final de resíduos sólidos, o custo elevado para operacionalizar a disposição adequada e aspectos de ordem ambiental e sanitária, tornam bastante complexa a gestão de resíduos do sistema de esgotamento sanitário. Para melhor orientar as decisões quanto ao seu processamento, é importante o conhecimento dos requisitos necessários à aplicação das técnicas de tratamento disponíveis e das características do lodo, com o propósito de alcançar a qualidade desejável para a sua correta utilização ou destinação,

Mundialmente, as práticas de minimização da produção de resíduos têm sido estimuladas, priorizando a reciclagem como opção de destino final. Por essa razão, o uso do lodo de esgoto na agricultura vem se tornando uma alternativa de grande interesse. Essa possibilidade tem o benefício de transformar um resíduo problemático e de difícil disposição em um insumo agrícola, fornecendo matéria orgânica e nutrientes ao solo. Entretanto, o conhecimento sobre os riscos ambientais e à saúde da população e o aumento das exigências

legais sobre as técnicas de manejo do lodo têm sido objeto de diversas discussões e pesquisas para o aprimoramento da gestão do lodo.

O Distrito Federal apresenta a maior produção *per capita* de lodo do país, devido aos elevados índices de atendimento à população pelo sistema de tratamento de esgoto sanitário. A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (**Caesb**) alcançou, em 2005, a marca de 100% de tratamento do esgoto coletado, número expressivo considerando a realidade nacional.

Quanto ao tema da disposição final do lodo, a aplicação agrícola vem sendo discutida como uma proposta viável para o DF, devido às condições do solo da região, pobre em matéria orgânica, e ao potencial do lodo como condicionador de solo e fertilizante. A adoção dessa prática, entretanto, precisa estar amparada pelo conhecimento dos elementos que podem vir a produzir impactos negativos ao ser humano ou ao meio ambiente.

Assim, para permitir o delineamento das alternativas adequadas ao Distrito Federal, é preciso realizar estudos que aliem a caracterização do lodo ao conhecimento do seu comportamento, nas diversas etapas de tratamento, e dos requisitos necessários à utilização de cada alternativa de processamento.

Em função disso, o objetivo da presente pesquisa é o de avaliar as características dos lodos provenientes das estações de tratamento de esgotos sanitários do Distrito Federal, visando ao diagnóstico da sua aptidão para condicionamento, utilização e disposição final, e considerando as alternativas aplicáveis ao Distrito Federal.

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

O conhecimento das características de qualidade e de quantidade produzida de lodos das ETES do Distrito Federal, das variáveis operacionais que influenciam o desempenho das unidades de trata-

mento de lodos, assim como dos requisitos necessários às técnicas de tratamento e às alternativas de disposição final, formou as linhas mestras para o delineamento da presente pesquisa. Apresentam-se a seguir as diferentes fases da metodologia empregada nesta pesquisa.

Fase 1 - Coleta e produção de informações necessárias

Na primeira fase da metodologia, foram levantadas informações sobre todo o sistema de tratamento de esgotos do Distrito Federal, contemplando os seguintes assuntos, por estação de tratamento: (1) nome da estação de tratamento de esgotos, localização, população atendida; (2) tipo de processo de tratamento de esgoto empregado; (3) vazão de tratamento atual, de esgoto afluente e de lodo efluente, e capacidade nominal (vazão de projeto) de cada estação; (4) valores médios dos parâmetros característicos dos esgotos afluentes e remoções alcançadas; e (5) condições atuais de adequação e disposição final de resíduos e demais dados disponíveis.

Os dados necessários ao desenvolvimento desta parte do estudo foram coligidos a partir dos dados disponibilizados pela **Caesb** e balizaram a caracterização das técnicas de manejo de lodo das 16 estações de tratamento de esgotos implantadas no DF. Esse material conta com os dados históricos dos últimos 10 anos, obtidos a partir de relatórios técnicos de desempenho das ETEs e dos relatórios anuais da **Caesb** sobre o sistema de esgotamento sanitário - SIESG.

As informações levantadas incluíram a identificação dos sistemas de tratamento de lodo empregados nas diversas estações, descrevendo os processos de estabilização, condicionamento, desidratação e higienização do lodo, bem como os procedimentos de disposição final em vigor na concessionária de serviços de saneamento do Distrito Federal (**Caesb**). Para tanto, foram reali-

zadas visitas às ETEs e entrevistas com os operadores do sistema.

Os dados técnicos, as informações operacionais e os resultados das análises físico-químicas catalogados contemplaram os valores médios mensais, por estação de tratamento.

Foram obtidas ainda as informações de carga orgânica teórica, expressa em kg de DBO/dia, calculada a partir da Eq. 1, e de população equivalente, obtida tendo como base a carga real de DBO registrada em 2013, para cada estação, e aplicando-se a Eq.2. Essa informação foi utilizada posteriormente para o cálculo de produção teórica de lodo, cujos coeficientes de produção encontrados na literatura são expressos em termos de carga de sólidos por habitante.

$$CO_{TEÓRICA} = \frac{P_p \times C_c}{1000} \quad (1)$$

Na qual: COTEÓRICA = Carga Orgânica teórica, em kg DBO/d; C_c = Coeficiente de contribuição per capita de DBO, 54g DBO/hab.dia; e P_p = população de projeto.

$$P_e = \frac{CO_{aplicada} \times 1000}{C_c} \quad (2)$$

Na qual: P_e = População equivalente, habitante; CO_{aplicada} = Carga Orgânica afluente (em 2013), em kg de DBO/d; C_c = Coeficiente de contribuição per capita de DBO, 54g DBO/hab.dia.

Fase 2 - Caracterização qualitativa dos lodos produzidos nas ETEs do Distrito Federal

Nesta segunda fase, foi realizada a caracterização qualitativa dos lodos produzidos nas ETEs do Distrito Federal. As séries históricas de dados disponíveis na **Caesb** referiam-se a informações sobre o lodo desaguado e eram pertinentes ao controle da qualidade do tratamento. Apesar de

importantes, essas informações não foram suficientes para fundamentar uma decisão sobre a melhor alternativa de disposição do resíduo. Assim, os dados das áreas operacionais foram complementados por meio dos planos de caracterização de lodo, realizados para a **Caesb** por laboratórios externos contratados para esse fim.

Os planos de caracterização contemplaram exames específicos, visando estabelecer a composição física e química dos lodos de esgotos, bem como o potencial agrônômico do lodo, conforme o preconizado na Resolução Conama no

375/2006 (BRASIL, 2006). Os parâmetros e os métodos de determinação que foram utilizados são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Essas informações foram analisadas em conjunto com os dados de trabalhos científicos desenvolvidos com o lodo das ETEs do Distrito Federal e outras ETEs similares. O monitoramento da qualidade microbiológica, para os parâmetros coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, foi realizado no laboratório de microbiologia da **Caesb**, e compreendeu dados do lodo desaguado dos últimos sete anos de operação das ETEs do DF.

Tabela 1 - Parâmetros de caracterização do lodo das ETEs do DF.

AGRÔNÔMICOS	INORGÂNICOS	BIOLÓGICOS
Carbono Orgânico	Arsênio	Coliformes Termotolerantes
Fósforo Total	Antimônio	Ovos viáveis de helmintos
Nitrogênio Kjeldahl	Bário	
Nitrogênio Amoniacal	Cádmio	
Nitrogênio de Nitrato	Chumbo	
Nitrogênio de Nitrito	Cobre	
pH (água)	Cromo Total	
Potássio	Mercúrio	
Sódio	Molibdênio	
Enxofre Total	Níquel	
Cálcio Total	Selênio	
Magnésio Total	Zinco	
Teor de sólidos		
Sólidos Totais Voláteis		
Sólidos Totais		
Alumínio Total		
Ferro Total		

Tabela 2 - Metodologias analíticas utilizadas para determinação dos parâmetros de interesse.

	Parâmetro	Método
Químicas	Cálcio ² , Magnésio ² , Sódio ² , Potássio ² , Metais ² (Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Mo, Ni, Zn, As, Se, Hg).	Espectrometria de absorção atômica (EAA) e Espectrometria de plasma indutivamente acoplado (EPIA).
	pH	Potenciométrico
	Fósforo Total ²	Fósforo Total - Cloreto Estanoso
	Nitrogênio Total ²	Nitrogênio Orgânico Total Kjeldahl
	Nitrato, Nitrito ²	Espectrometria UV-Visível - Diazotização
	Amônia ²	Nesslerização
	Carbono Orgânico Total ²	Método Walkley - Black
	Enxofre Total ²	Turbidimetria
	Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos em Suspensão ¹	Gravimetria
Biológicas	Ovos viáveis de helmintos ³	Yanko
	Coliformes termotolerantes ³	Tubos múltiplos
Físicas	Teor de umidade ¹	Gravimetria
	Cinzas (a 800°C) ²	Gravimetria

Legenda: (1) Laboratório de lodo da ETE Brasília Norte (Caesb); (2) Plano de caracterização de lodo da Caesb; (3) Laboratório de Microbiologia ETE Brasília Norte (Caesb)

Fase 3 - Caracterização quantitativa dos lodos gerados nas ETEs do Distrito Federal

Os dados disponibilizados pela Caesb, referentes ao volume de lodo gerado nas ETEs do Distrito Federal, diziam respeito apenas aos volumes de lodo desaguados. Não existiam controles internos, na grande maioria das ETEs, quanto aos volumes de lodos gerados nas fases intermediárias, dificultando uma análise mais acurada dos montantes de lodo produzidos ao longo das etapas de tratamento de esgotos.

Para aquelas ETEs que dispunham de unidades de desaguamento de lodo, foram obtidos dados dos volumes de lodos afluentes à desidratação. Esses dados foram analisados em conjunto com os dados de carga orgânica afluente à ETE e a carga orgânica removida, em kg DBO/d, de maneira a gerar um indicador que possibilitasse a visualização do volume de lodo gerado por m³ de esgoto tratado, segundo a Eq.3.

$$I = \frac{V_L}{CO_a - CO_e} \quad (3)$$

Na qual:

I = volume de lodo gerado por quantidade de DBO removida (m³_lodo/kg_DBO_{removida})

V_L = Volume de lodos afluentes, m³/d

CO_a = Carga Orgânica afluente, kg_DBO/d

CO_e = Carga Orgânica efluente, kg_DBO/d

Fase 4 - Análise do padrão de produção de lodos de esgotos nas ETEs do Distrito Federal

As informações relativas aos dados técnicos e aos parâmetros operacionais, por estação de tratamento, foram trabalhadas em conjunto com dados de população atendida pelo sistema coletor de esgotos, divulgados pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN, 2014), e com parâmetros e coeficientes de produção de lodo, encontrados em bibliografia es-

pecializada. A população atendida, por região administrativa do DF, foi agrupada por bacia de contribuição de cada ETE.

Os dados levantados das estações de tratamento de esgotos do Distrito Federal (vazões atuais; vazões de projeto; tecnologias de tratamento de esgotos empregadas; processos de tratamento de lodo existentes; e eficiência operacional) foram correlacionados com os dados populacionais, subsidiando a avaliação da produção teórica de lodos, para a condição atual de carga afluente às ETEs. Os valores determinados teoricamente foram, posteriormente, validados junto aos dados de operação dos sistemas, para subsidiar a elaboração de cenários futuros de produção de lodos, auxiliando o planejamento da gestão dos resíduos de ETEs no DF.

Objetivou-se com isso, estabelecer os padrões de produção de lodo nas diferentes etapas de geração, para as condições das estações do Distrito Federal, possibilitando a sistematização dos dados de quantidade, de forma a facilitar as projeções de produção de lodo e o planejamento de ações futuras.

Fase 5 - Comparação e análise dos dados e resultados

A averiguação das características dos lodos gerados e do desempenho das unidades de tratamento da fase sólida foi realizada a partir da análise estatística dos dados disponibilizados e confrontada com os requisitos necessários para as diferentes aplicações (processamento e destinação), de maneira a responder as seguintes questões: (1) os processos de tratamento de lodos adotados estão de acordo com o que é recomendado na literatura especializada? (2) as características médias dos lodos atendem aos requisitos de qualidade recomendados para os diferentes tipos de processamento? (3) os valores médios das características dos lodos de esgotos gerados no Distrito

Federal atendem aos critérios de qualidade requeridos para os usos aplicáveis?

As comparações foram realizadas para obter um leque variado de possíveis aplicações, possibilitando identificar tendências para a seleção das alternativas mais vantajosas, segundo critérios ambientais e técnicos. A questão econômico-financeira, apesar de reconhecidamente importante, não será objeto de discussão na presente pesquisa, mas deverá ser contemplada em estudos futuros, de maneira a integrar os conhecimentos adquiridos e compor um conjunto de alternativas técnica e ambientalmente aceitáveis, socialmente adequadas e viáveis economicamente.

Os dados levantados foram submetidos a tratamento estatístico. Para isso, foram calculadas as estatísticas descritivas relativas ao número de dados, médias, mediana, valores máximos e mínimos, e desvios-padrão.

Os dados de concentração afluyente dos constituintes foram comparados aos valores reportados na literatura, de maneira a identificar a adequabilidade dos tratamentos empregados e sua correlação com a geração de lodos em cada estação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Gestão de lodos nas ETEs do Distrito Federal

Foi obtido o resultado do diagnóstico dos sistemas de manejo de lodos atualmente empregados no Distrito Federal. Trata-se de uma descrição sucinta e simplificada das ETEs do Distrito Federal, objetivando o reconhecimento dos sistemas de tratamento existentes, identificando os processos de estabilização, condicionamento, desaguamento e higienização do lodo, bem como a produção de lodo e os procedimentos de disposi-

ção final, em vigor na concessionária de serviços de saneamento do Distrito Federal (Caesb).

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb atua em toda a região do Distrito Federal. Segundo dados publicados no PDAD (CODEPLAN, 2011), em 2011 a Caesb atendia a uma população de 2,54 milhões de habitantes com serviços de abastecimento de água e 2,29 milhões com serviços de esgotamento sanitário, o que corresponde, respectivamente, a 99,47% e 89,7% da população regularmente instalada no Distrito Federal. Um dos índices mais significativos apresentados pela companhia é o de tratamento de esgotos, que atingiu, em 2005, a marca de 100% de tratamento dos esgotos coletados.

Como reflexo do elevado índice de tratamento de esgotos, tem-se, por sua vez, uma maior geração de resíduos, em que se destaca a produção de lodos. Segundo informações da companhia, em 2012 foram produzidas cerca de 139.000 toneladas (base úmida), o que corresponde a cerca de 383 toneladas de lodo de esgotos gerados diariamente no Distrito Federal.

O sistema de esgotamento sanitário do Distrito Federal compreende um total de 16 estações de tratamento de esgotos, distribuídas ao longo de quatro bacias hidrográficas: Bacia Lago Paranoá, Bacia São Bartolomeu, Bacia Rio Ponte Alta/Alagado e Bacia Rio Descoberto/Melchior.

Os processos de tratamento empregados nas ETEs do Distrito Federal são compostos pela combinação de diferentes tecnologias. De maneira a facilitar a compreensão, a Tabela 3 ilustra essas combinações, bem como os dados de projeto e atuais, relativos à vazão e população atendida.

O conhecimento das concentrações afluentes às ETEs, no presente estudo, tem relevância justificada pelo impacto que causa à quantidade de

lodo gerado, pois as estimativas de volumes de lodos são realizadas considerando as cargas orgânicas afluentes às estações de tratamento de esgotos e as eficiências de remoção esperadas nos processos de tratamento de esgotos empregados. Para os dados dos constituintes DBO,

DQO, SS, TKN e P-total, entre os anos de 2004 e 2013, foram calculados o número de dados, médias, mediana, valores máximos e mínimos e desvio padrão, o que é apresentado na Tabela 4. As ETEs foram agrupadas por tecnologias de tratamento similares.

Tabela 3 - Tecnologias de tratamento de esgotos aplicados nas ETEs do DF, População, Vazão e Carga Orgânica (real e de projeto).

	Estações de Tratamento de Esgotos do DF	Tecnologia de tratamento empregada	População atendida (hab)		Vazão média de Esgotos (L/s)		Carga Projeto (kg DBO/dia)	Carga média anual (2013) (kg DBO/d)	População equivalente (nº hab)
			Projeto	Atual	Projeto	Atual (média anual)			
Bacia Paranoá	ETE Brasília Sul	RBN + POLIMENTO FINAL	460.000	487.628	1.500	1.100	24.840	32.240	597.040
	ETE Brasília Norte	RBN + POLIMENTO FINAL	250.000	163.494	920	479	13.500	13.042	241.523
	ETE Riacho Fundo	RBNB	43.000	34.055	94	48	2.322	2.155	39.910
	ETE Torto	RAFA + INFIL+ CLORAÇÃO	2.500	1.226	6	3	135	119	2.198
Bacia S. Bartolomeu	ETE Sobradinho	LODO ATV.+ TRAT. QUÍM.	40.000	83.699	56	99	2.160	3.762	69.670
	ETE Planaltina	RAFA / LF+ LM	138.000	114.437	255	98	7.452	5.487	101.617
	ETE Vale Amanhecer	RAFA + LAF+LM	15.000	19.834	35	14	810	815	15.096
	ETE Paranoá	RAFA + LAT	60.000	96.215	112	64	3.240	4.170	77.219
	ETE São Sebastião	RAFA + ES + LM	77.800	75.817	226	121	4.201	5.864	108.598
Bacia Ponte Alta/ Alagado	ETE Gama	RAFA + RB + CLARIFICADOR	182.630	121.509	328	197	9.862	6.153	113.943
	ETE Santa Maria	RAFA + LAT + ES+PF	84.852	41.771	154	43	4.582	2.961	54.835
	ETE Alagado	RAFA + LAT+ ES+ PF	84.852	77.673	154	76	4.582	5.300	98.150
	ETE Recanto das Emas	RAFA + LAMC + LAF	125.500	160.978	246	137	6.777	8.374	155.081
Bacia Melchior	ETE Samambaia	RAFA / LF + LAT + LP+ PF	180.000	191.818	284	261	9.720	17.822	330.030
	ETE Melchior	RAFA + UNITANK	896.799	577.031	1.469	885	48.427	25.149	465.718
	ETE Brazlândia	L.An + LF	29.600	44.629	87	41	1.598	2.502	46.334

Fonte: Adaptado de Codeplan (2011); Siesg (CAESB, 2013a) e Relatório Operacional POE/DP/CAESB (CAESB, 2013b).

Legenda:

RBN - Remoção Biológica de Nutrientes
 RBNB - Remoção Biológica de Nutrientes por Batelada
 RAFA - Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente
 RB - Reator Biológico

ES - Escoamento superficial
 INFIL - Infiltração
 L.An - Lagoa Anaeróbia
 LAF - Lagoa Aerada Facultativa
 LAMC - Lagoa Aerada de Mistura Completa
 LAT - Lagoa de Alta Taxa

LF - Lagoa facultativa
 LM - Lagoa de Maturação
 LP - Lagoa de Polimento
 UNITANK - Reator Aeróbico

Tabela 4 - Estatística descritiva referente às concentrações de esgotos afluentes às ETEs do Distrito Federal, agrupadas por tecnologias de tratamento similares, com dados referentes ao período entre 2004 e 2013.

Parâmetro	Estatística	LA - Bardenpho			RAFA + La					RAFA + La + PF			RAFA + Rb		RAFA + Inf.	LA + TQ	La
		ETEB Sul	ETEB Norte	ETE RFundo	ETE Rec. Emas	ETE Planaltina	ETE Vale do Amanhecer	ETE São Sebastião	ETE Paranoá	ETE Samambaia	ETE Alagado	ETE Santa Maria	ETE Melchior	ETE Gama	ETE Torto	ETE Sobradinho	ETE Brasília
DQO	Nº de dados	801	846	612	301	322	306	323	320	241	334	190	717	580	166	521	231
	Média	534	496	725	996	937	906	774	1170	674	1011	972	585	729	937	575	873
	Mín.	217	156	117	469	413	321	261	260	309	242	423	203	283	268	200	312
	Máx.	1557	962	1792	1700	1674	1689	1601	1350	1352	1890	1911	1813	1820	1790	1405	1672
	Mediana	515	490	711	994	936	882	739	1174	651	991	941	580	701	914	602	865
	Desv.padrão	157	100	219	209	196	287	255	245	194	235	245	170	232	342	273	253
DBO	Nº de dados	330	314	327	260	320	301	307	303	231	331	197	447	394	163	333	224
	Média	292	310	453	526	566	566	461	687	474	577	589	372	409	515	461	624
	Mín.	100	108	120	260	200	160	210	260	198	240	300	150	200	100	180	200
	Máx.	840	500	1500	840	963	1012	980	1350	840	1150	980	100	960	1000	950	750
	Mediana	288	310	440	500	570	560	450	716	463	550	580	380	400	480	450	620
	Desv.padrão	82	75	152	122	151	196	139	196	130	235	156	102	111	193	123	171
SS	Nº de dados	844	895	651	387	342	328	302	339	252	427	258	733	749	177	378	242
	Média	208	208	232	374	397	462	335	488	299	423	411	252	255	327	320	388
	Mín.	48	60	70	108	152	81	136	242	96	70	203	100	100	70	117	144
	Máx.	966	602	1556	823	856	1044	986	1140	647	1250	787	675	550	976	730	775
	Mediana	198	200	214	370	388	432	298	479	289	410	390	247	253	302	310	377
	Desv.padrão	74	72	116	3,43	102	183	154	109	101	123	120	67	70	152	89	109
TKN	Nº de dados	803	889	609	279	279	285	345	338	247	318	194	620	565	177	369	227
	Média	46	52	56	89	77	79	65	98	62	100	86	56	58	126	62	104
	Mín.	16	34	25	39	44	33	32	54	25	29	22	18	22	56	21	31
	Máx.	73	80	223	163	180	149	147	174	107	203	153	94	118	233	135	180
	Mediana	46	52	55	89	77	77	62	97	62	98	80	56	57	127	63	102
	Desv.padrão	8	6	14	19	14	21	16	15	14	32	27	13	13	31	12	39
P-total	Nº de dados	801	853	619	327	300	304	343	323	270	409	229	744	705	169	359	245
	Média	6,2	6,5	7,8	12	10	10,3	9	12,4	9	14,3	12	8	9,08	14,4	8	13
	Mín.	2,3	3,14	2,9	4,8	4,4	4	3	5	4	5	4	3	4	3	4	6
	Máx.	15,8	14,8	64	29	15,9	22	28	24	20	32	14	23	33	28	16	28
	Mediana	6,1	6,4	7,45	11,5	9,9	10	8	12	9	14	12	8	8	14	8	13
	Desv.padrão	1,5	1,34	3,44	3,4	2,2	3,3	3,1	2,9	3	4,5	4,25	2	3,58	4,5	1,8	5

Legenda: ETEB = ETE Brasília; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio; DQO - Demanda química de oxigênio; TKN - Nitrogênio Kjeldahl; SS - Sólidos em suspensão; P-total - Fósforo total

3.1.1 Tipos de lodo de esgotos gerados nas ETEs do Distrito Federal e respectivos processos de tratamento

O processo de tratamento de esgotos, ao longo de suas etapas, dá origem a diferentes tipos de lodo de esgotos, os quais, por sua vez, passam por fases distintas de tratamento, segundo suas características, concepção do processo de tratamento e destinação final a ser dada ao lodo.

As diferenças mais significativas quanto à variabilidade dos tipos de lodo gerados estão ligadas, obviamente, àquelas ETEs de processos mais complexos. Devido a essa variabilidade, observa-se também uma composição diferenciada dos tratamentos de lodo, denominado tratamento da fase sólida, que também apresenta variações de acordo com o tipo de lodo, instalações das ETEs, localidade, entre outros.

De forma simplificada, as informações quanto aos processos de tratamento de lodos adotados nas ETEs do DF, bem como a distinção entre os

diferentes tipos de lodos e os tratamentos aos quais estão submetidos, são apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Tipos de lodos gerados nas ETEs do Distrito Federal.

Estações de Tratamento de Esgotos do DF	Lodo Primário	Lodo digerido	Lodo aeróbio não estabilizado	Lodo aeróbio estabilizado	Lodo anaeróbio estabilizado	Lodo misto	Lodo químico
ETE Sobradinho	X	X	X				X
ETE Brazlândia					X		
ETE Brasília Sul	X	X	X				X
ETE Brasília Norte	X	X	X			X	X
ETE Torto					X		
ETE Samambaia					X		X
ETE Paranoá					X		
ETE Riacho Fundo		X	X				
ETE Alagado					X		X
ETE Planaltina					X		
ETE Recanto das Emas			X		X		
ETE São Sebastião					X		
ETE Vale do Amanhecer					X		
ETE Santa Maria					X		
ETE Gama				X			X
ETE Melchior				X			X

Tabela 6 - Tipos de tratamento de lodo empregados nas ETEs do Distrito Federal.

Estações de Tratamento de Esgotos do DF	Tratamento empregado							
	Adensamento		Estabilização		Condicionamento químico	Desaguamento		
	Gravidade	Flotação	Digestão aeróbia	Digestão anaeróbia		Prensa	Centrífuga	Leito de secagem
ETE Sobradinho				X	X		X	X
ETE Brazlândia								
ETE Brasília Sul	X	X	X	X	X		X	X
ETE Brasília Norte	X	X		X	X	X		X
ETE Torto								X
ETE Samambaia								
ETE Paranoá								X
ETE Riacho Fundo			X		X		X	
ETE Alagado					X		X	
ETE Planaltina								
ETE Recanto das Emas					X		X	
ETE São Sebastião								X
ETE Vale do Amanhecer								
ETE Santa Maria								
ETE Gama		X			X		X	
ETE Melchior		X			X		X	

3.1.2 Produção de lodos de esgotos nas ETEs do Distrito Federal

Para a determinação da quantidade de lodos gerados nas ETEs do Distrito Federal, foram levanta-

dos os dados operacionais relativos aos volumes de lodo computados em cada estação de tratamento de esgotos. Os dados disponibilizados pela Caesb, por meio dos relatórios operacionais, não

traem informações sobre o volume de lodo gerado nas fases intermediárias. Isso ocorre porque diversas rotinas de descartes de lodo, tais como o descarte nos reatores anaeróbios, são condicionadas pela disponibilidade das unidades de processamento e armazenamento de lodo. No caso dos descartes de lodo excedente dos reatores biológicos de lodos ativados, apenas as ETEs Brasília Sul e Brasília Norte realizam um controle do volume de lodo removido, por meio de medidor de vazão instalado na rede de bombeamento para os adensadores por flotação.

Na maioria das estações não há medidores de vazão nas linhas de descarte de lodo, a determinação do volume de lodo, quando há, é feita por meio da quantificação volumétrica nas unidades

de armazenamento intermediário, lagoas de lodo ou leitos de secagem, ou ainda pela quantidade removida em caminhões do tipo limpa-fossa.

Apenas as ETEs Brasília Sul, Brasília Norte, Melchior e Riacho Fundo disponibilizaram dados do volume diário de lodo a ser desaguado, entre os anos de 2013 e 2014. No caso da ETE Gama, foram apresentados apenas dados de médias mensais de volume afluente. A ETE Paranoá apresentou dados de lodo descartado do UASB em 2014. Os dados passaram por tratamento estatístico e cálculos de carga orgânica removida (a partir de dados de vazão, concentração e eficiência das ETEs), e os resultados finais são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Parâmetros e Indicadores de geração de lodo, dados médios entre os anos de 2013 e 2014.

Parâmetros	ETEB SUL	ETEB NORTE	ETE MELCHIOR	ETE GAMA	ETE RIACHO FUNDO	ETE PARANOÁ ¹
Volume de esgotos afluente (m ³ /d)	91.569	41.181	74.305	17.873	4.147	7.558
Carga Orgânica afluente (kgDBO/d)	32.240	13.042	25.149	6.153	2.155	5.141
Carga Orgânica afluente (kgDBO/ m ³ esgoto tratado.d)	0,35	0,32	0,34	0,34	0,52	0,68
Carga Orgânica efluente (kgDBO/d)	1.618	618	2.308	141	46	1.385
Volume de lodo afluente ² (m ³ /d) deaguamento (m ³ /d)	2.159	467	476	150	102	15
Volume lodo desaguado (m ³ /d)	162	73	50	23	6	-
Eficiência de remoção DBO (%)	92,5	96	90	98	97,5	73
DBO removida (kg/d)	30.622	12.424	22.841	6.012	2.110	3.756
DBO removida (kg/m ³ esgoto tratado.d)	0,33	0,30	0,31	0,34	0,51	0,50
I = m ³ lodo/kgDBO removida.d	0,07	0,04	0,02	0,02	0,05	0,004

Legenda: ETEB = ETE Brasília; Notas: (1) os dados informados referem-se a 2014; (2) afluente ao desaguamento

A análise dos resultados apresentados na Tabela 7 comprova, por meio do indicador I, que há uma maior produção relativa de lodo para aquelas ETEs em que as tecnologias empregadas são predominantemente aeróbias, caso das ETEs Brasília Sul, Brasília Norte e Riacho Fundo. No caso das ETEs Melchior e Gama, em que há uma combinação de tratamento anaeróbio (UASB) e

tratamento aeróbio (lodos ativados com aeração prolongada), a produção relativa de lodo é cerca de 50% menor. A ETE Paranoá, que emprega apenas tratamento anaeróbio (UASB), mesmo com as maiores concentrações relativas de carga orgânica afluente, produz aproximadamente 10% do volume de lodo gerado nas ETEs com tratamento aeróbio.

3.1.2.1 Produção de lodo desaguado

A produção de lodo desaguado, em base úmida, dos últimos dez anos foi levantada, e conforme

observado na Tabela 8 e na Fig. 1, ao longo desse período a geração de lodo tem sido incrementada, reflexo dos avanços no atendimento da população com o tratamento de esgotos.

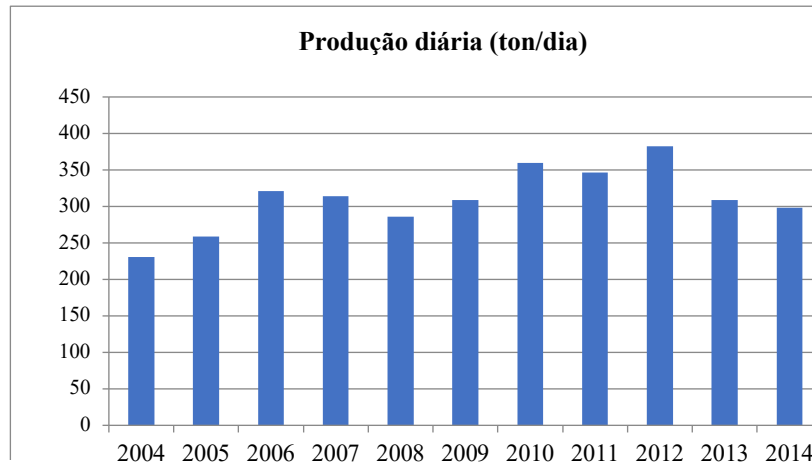


Figura 1 - Evolução da Produção de Lodo Desaguado no Distrito Federal (ton/d) entre os anos de 2004 e 2014.

Entretanto, verifica-se que nos dois últimos anos do levantamento ocorreu um recuo na produção de lodo desaguado. Segundo informações dos operadores do sistema, algumas alterações operacionais nos processos internos podem ter favorecido essa redução; entretanto, a justificativa mais provável para essa diminuição diz respeito às limitações das unidades de desaguamento de lodo. Dessa forma, os valores não expressam uma redução na geração do lodo, mas uma queda na produtividade das unidades de desidratação, e o lodo, nesses casos, fica acumulado nas unidades intermediárias, tais como lagoas de lodo e leitos de secagem, além de estocados em tanques que deveriam ser unidades reserva do sistema.

3.2 Características sanitárias dos lodos gerados nas ETEs do Distrito Federal

As tecnologias de tratamento biológico de esgotos normalmente atuam na remoção de microrganismos patogênicos presentes no esgoto pela sua

captura e concentração no lodo originado pelo processo de tratamento. Dessa forma, as características qualitativas, no tocante aos aspectos sanitários do lodo, estão intimamente relacionadas com a concentração desses microrganismos, que por sua vez são influenciados por diversos fatores, tais como as condições socioeconômicas da população, o perfil de saúde da comunidade atendida pelos sistemas de esgotamento sanitário, a tecnologia de tratamento de esgotos empregada, e o tipo de tratamento a que o lodo foi submetido.

Aliada a isso, a análise das informações relativas à qualidade sanitária dos lodos gerados no Distrito Federal considerou também a distinção entre os processos de tratamento a que os lodos são submetidos e as variáveis operacionais de cada estação, principalmente porque, segundo levantamento realizado, mesmo para processos similares, as estratégias adotadas no tocante a descartes de lodo, controle do tempo de detenção hidráulica e da biomassa e instalações intermediárias de ar-

mazenamento de lodo são individualizadas e não obedecem a um padrão de controle pré-definido.

Os principais microrganismos caracterizados nos lodos gerados no Distrito Federal foram as bactérias do grupo coliforme termotolerante e os helmintos. Vale ressaltar que os dados levantados se referem ao monitoramento da sanidade do lodo desaguado, realizada nos laboratórios de microbiologia da Caesb, portanto abrangem apenas aquelas unidades que, no fluxo de tratamento da denominada fase sólida, contam com unidades de desaguamento de lodo.

Os resultados mostrados na Tabela 9 retratam as concentrações de bactérias coliformes termotolerantes em NMP/g matéria seca de lodo desaguado. Os resultados obtidos nos exames de parasitologia dos lodos, para os parâmetros ovos de helmintos e ovos viáveis de helmintos são apresentados na Tabela 10. Esses dados mostram que nenhuma estação do Distrito Federal produz lodo Classe A, como determinado pela legislação aplicável.

Os processos de estabilização de lodo empregados nas ETEs do Distrito Federal são predominantemente anaeróbios, apenas na ETE Riacho Fundo o processo de estabilização se dá exclusivamente por digestão aeróbia. Na ETE Brasília Sul, uma parcela do lodo é digerida aerobiamente e as estações Gama e Melchior produzem lodo aeróbio estabilizado proveniente dos reatores biológicos. Assim, num total de 16 estações de tratamento de esgotos, 15 tratam, se não a totalidade, a maior parcela do lodo produzido, pela via anaeróbia, seja nos reatores UASB ou nos digestores anaeróbios.

3.3 Características físico-químicas dos lodos gerados nas ETEs do Distrito Federal

A definição da alternativa mais adequada à disposição final do lodo deve estar fundamentada, entre outros fatores, em uma análise de suas características microbiológicas e físico-quími-

cas. No caso da composição físico-química, têm relevante importância a quantidade de matéria orgânica, os nutrientes, os metais pesados e os compostos orgânicos potencialmente tóxicos.

Foram levantadas as informações quanto à composição do lodo, a partir de pesquisas realizadas com o lodo de ETEs do Distrito Federal, bem como dados disponíveis na Caesb, que, além dos parâmetros de controle de qualidade para monitoramento do processo de tratamento, dispunha dos dados de caracterização do lodo para atendimento às exigências das Resoluções Conama nº 375/2006 (BRASIL, 2006) e Resolução CONAM/DF nº 03/2006 (DISTRITO FEDERAL, 2006), realizados em duas campanhas. As informações levantadas foram compiladas e são apresentadas nas Tabelas 11 e 12.

A análise da composição dos lodos de esgoto das ETEs do DF monitoradas mostra teores de matéria orgânica, macronutrientes (N, P e K) e micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn e Mo), que são os parâmetros de interesse para uso agrícola, similares entre as diferentes estações, ao longo do tempo, uma vez que os dados se referem a análises do lodo em períodos distintos ao longo dos últimos anos.

Foram levantados os dados disponíveis de lodos de algumas ETEs do Brasil (ETEs Barueri, Bichoró, Humaitá, Bertioiga, Suzano, Franca, Lava-pés, Campina Grande, Araçatuba, Jundiaí, e Vila Leopoldina). Os lodos das estações de tratamento de esgotos do DF, quando comparados aos lodos dessas outras estações no Brasil, apresentam concentrações mais elevadas de matéria orgânica e de macronutrientes do que quase todas as ETEs elencadas. Destaque maior é dado para o fósforo, que apresenta teor médio acima de todas as estações em quase todos os experimentos, o que poderia ser explicado, entre outros fatores, pelas tecnologias de tratamento de esgotos empregadas nas ETEs do DF monitoradas, que se caracterizam pela remoção de nutrientes, o que, por sua vez, propicia a maior concentração desse composto no lodo.

Tabela 8 - Produção de lodo nas ETEs do Distrito Federal - Período 2004 a 2014

ETEs	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ETE Brasília Sul	49.647	53.844	54.424	59.057	53.093	62.732	59.593	56.916	61.306	69.571	60.922
ETE Brasília Norte	22.763	23.412	28.875	22.032	20.369	21.042	22.316	24.682	24.399	22.774	23.023
ETE Melchior	ND	0	15.673	20.894	14.993	13.819	18.510	9.745	14.914	9.086	13.534
ETE Gama	3.234	7.259	6.390	6.709	8.275	7.836	5.907	8.499	9.397	4.307	8.537
ETE Recanto das Emas	3.878	5.281	9.356	4.558	4.357	952	3.616	2.307	13.191	4.378	1.740
ETE Sobradinho	0	0	0	225	497	4.013	17.018	17.500	9.867	2.302	1.139
ETE Riacho Fundo	2.959	2.880	2.025	680	1.022	1.404	520	1.561	778	551	ND
ETE São Sebastião	0	0	ND	ND	410	1.039	3.764	3.907	5.026	ND	ND
ETE Paranoá	1.750	1.870	360	381	1.200	ND	ND	1.281	744	ND	ND
ETE Alagado	ND	ND	ND	138	ND	6.804	ND	ND	ND	ND	ND
Produção anual total (ton)	84.231	94.546	117.103	114.534	104.216	112.835	131.243	126.397	139.622	112.962	108.895
Produção diária (ton)	231	259	321	314	286	309	360	346	383	309	298

Fonte: Adaptado de Siesg (Caesb, 2013a) e Relatórios operacionais POE/DP/Caesb, com dados de 2004 a 2014 (CAESB, 2013b). Legenda: ND - dado não disponível

Tabela 9 - Estatística descritiva referente às concentrações de coliformes termotolerantes nos lodos desaguados das ETEs do DF.

Processo de estabilização	ETE	Estatística	Coliformes Termotolerantes NMP/g matéria seca
Digestão anaeróbia	ETE Brasília Norte	Nº de dados	125
		Média	9,20E+05
		Máx./Mín.	1,30E+07 / 1,30E+03
		Mediana	3,61E+05
		Desvio padrão	1,84E+06
	ETE Recanto das Emas	Nº de dados	36
		Média	2,47E+05
		Máx./Mín.	6,48E+06 / 1,05E+02
		Mediana	3,8E+03
		Desvio padrão	1,11E+06
	ETE Sobradinho	Nº de dados	8
		Média	2,65E+06
		Máx./Mín.	1,47E+07 / 3,24E+05
		Mediana	8,52E+05
		Desvio padrão	4,88E+06
Digestão aeróbia	ETE Riacho Fundo	Nº de dados	72
		Média	1,13E+06
		Máx./Mín.	2,24E+07 / 1,99E+03
		Mediana	1,21E+05
		Desvio padrão	3,83E+06
Digestão anaeróbia + Estabilização aeróbia (Reator biológico c/aeração prolongada)	ETE Brasília Sul ¹	Nº de dados	115
		Média	9,92E+06
		Máx./Mín.	7,10E+07
		Mediana	5,22E+03 5,41E+06
		Desvio padrão	1,31E+07
	ETE Gama	Nº de dados	76
		Média	1,74E+06
		Máx./Mín.	1,98E+07 / 6,52E+03
		Mediana	5,81E+05
		Desvio padrão	3,02E+06
	ETE Melchior	Nº de dados	89
		Média	1,40E+06
		Máx./Mín.	1,97E+07 / 1,73E+04
		Mediana	5,37E+05
		Desvio padrão	2,85E+06

Nota: (1) A estabilização do lodo na ETE Brasília Sul compreende a digestão anaeróbia do lodo primário e a digestão aeróbia do lodo aeróbio (reatores biológicos); o lodo químico não passa por processo de digestão.

No caso dos micronutrientes, os lodos provenientes das ETEs do Distrito Federal, frente a outras estações no Brasil, apresentam baixos teores de zinco e cobre, elementos cuja presença nos esgotos pode ser associada principalmente a processos

industriais como fabricação de tintas, borracha, produtos farmacêuticos, pilhas elétricas, indústria têxtil, galvanoplastia. Isso poderia justificar essa característica do lodo, visto que o Distrito Federal não possui polos industriais de proeminência.

Tabela 10 - Estatística descritiva referente às concentrações de ovos de helmintos e ovos viáveis de helmintos nos lodos desaguados das ETEs do DF.

Processo de estabilização	ETE	Estatística	Nº de ovos de helmintos/g matéria seca	Nº de ovos viáveis de helmintos/g matéria seca
Digestão anaeróbia	ETE Brasília Norte	Nº de dados	112	112
		Média	1,28	1,19
		Máx./Mín.	4,39 / 0,00	4,39 / 0,00
		Mediana	1,19	1,16
		Desvio padrão	1,00	0,97
	ETE Recanto das Emas	Nº de dados	24	24
		Média	4,51	3,65
		Máx./Mín.	15,91 / 0,41	11,00 / 0,00
		Mediana	3,20	2,59
		Desvio padrão	4,05	3,28
	ETE Sobradinho	Nº de dados	6	6
		Média	6,3	5,23
		Máx./Mín.	11,84 / 2,13	8,98 / 0,00
		Mediana	5,66	5,66
		Desvio padrão	3,97	3,78
Digestão aeróbia	ETE Riacho Fundo	Nº de dados	52	52
		Média	7,50	6,36
		Máx./Mín.	36,19 / 0,00	28,57 / 0,00
		Mediana	5,40	4,54
		Desvio padrão	7,33	5,99
Digestão anaeróbia + Estabilização aeróbia (Reator biológico c/aeração prolongada)	ETE Brasília Sul ¹	Nº de dados	89	89
		Média	1,64	1,51
		Máx./Mín.	7,00 / 0,00	7,00 / 0,00
		Mediana	1,19	1,13
		Desvio padrão	1,50	1,41
	ETE Gama	Nº de dados	73	73
		Média	9,29	8,25
		Máx./Mín.	31,87 / 0,00	30,23 / 0,00
		Mediana	6,90	6,11
		Desvio padrão	7,31	6,54
	ETE Melchior	Nº de dados	103	103
		Média	5,66	5,01
		Máx./Mín.	27,80 / 0,00	21,90 / 0,00
		Mediana	4,22	4,05
		Desvio padrão	5,58	4,91

Tabela 11 - Composição dos lodos de esgotos gerados nas ETEs do DF quanto aos parâmetros agrônômicos, expressos em base seca.

Parâmetros	Unid.	Caesb ⁽¹⁾	CPAC ⁽²⁾	IAC ⁽³⁾	Embrapa ⁽⁴⁾	Caracterização inicial do lodo Caesb					
						ETEB Norte ⁵	ETEB Sul ⁵	ETEB Norte ⁶	ETEB Sul ⁶	ETE Melchior ⁶	ETE Gama ⁶
pH em água destilada (1:5)	-	5,6 – 8,1	5,8 – 7,4	-		7,7	7,23	6,6	7,50	5,8	7,09
Umidade	%					87,2	86,6	83	84	81	84
Fósforo Total	g.kg ⁻¹	20 - 40	32,4 – 37,4	30,9 – 37,1	26,2	75,6	46,6				32,9
Matéria Orgânica Total(8)	g.kg ⁻¹	600- 630	634,5 – 656,9	473,6 – 568,2		579,5	544,1	516,38	491,22	413,42	543,49
Carbono Orgânico Total	g.kg ⁻¹					329,3	309,2	293,4	279,1	234,9	308,8
Nitrogênio Total Kjeldahl	g.kg ⁻¹					44,7	49,8	54,3	60,9	40,5	43,9
Nitrogênio Amoniacal	g.kg ⁻¹					25,4	13,3	6,0	4,7	1,5	5,1
Nitrogênio de Nitrato	mg / kg					3,36	3,36				
Nitrogênio de Nitrito	mg / kg					3,36	3,39				
Nitrogênio Total	g.kg ⁻¹	10 - 50	51,8 – 56,9	41,2 – 53,3	58,9	44,7	49,8	54,3	60,9	40,5	43,9
Enxofre	g.kg ⁻¹	8,2 – 12,2	8,2 – 9,4	9,3 – 9,6	6,9	2,6	1,4	24,0	14,0	24,6	6,7
Sólidos Totais	%					128	134,0	505,7	559,2	624,6	427,3
Sólidos Totais Fixo	%					41	41,0	356,3	394,4	418,3	53,3
Sólidos Totais Voláteis	%					89	93,0	149,4	164,8	206,4	374,0
Cálcio Total	g.kg ⁻¹	10 - 12	13,3 – 16,7	15,9 – 26,7	1,7	20,2	20,3	12,4	10,4	6,8	5,8
Magnésio Total	g.kg ⁻¹	3 - 5	6,3 – 6,8	6,7 – 7,1	4,7	14,1	18,3	2,6	1,6	1,7	1,0
Potássio Total	g.kg ⁻¹	5 - 10	2,9 – 4,0	3,5 – 4,5	3,6	3,8	6,8	1,1	2,2	1,1	1,0
Sódio Total	g.kg ⁻¹	-	0,61 – 0,82	0,70 – 0,90	0,52	5,7	2,5	0,6	0,7	0,7	1,4
Alumínio Total	g.kg ⁻¹	10,00 – 12,00	36,22 – 45,40	43,27 – 53,00	36,1	40,5	33,0	22,6	17,4	37,4	42,9
Ferro Total	g.kg ⁻¹	7,00 – 11,00	22,15 – 24,39	23,69 – 26,16	32,6	25,6	24,4	12,9	15,9	21,7	21,7

Notas sobre as fontes dos dados:

- (1) Caesb - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, caracterização de lodo
(2) Laboratório do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados – Embrapa (biossólido seco: teor de água 100 g/ kg; média de seis amostras)
(3) Instituto Agronômico de Campinas (biossólido seco: teor de água- 100 g /kg; média de duas amostras)
(4) Embrapa - Laboratório do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, caracterização do lodo
(5) Plano de caracterização de lodo desaguado, realizado em 2009, em laboratório contratado pela Caesb; ETEB = ETE Brasília
(6) Plano de caracterização de lodo desaguado realizado em 2012, pelo laboratório São Lucas, contratado da Caesb; ETEB = ETE Brasília

Tabela 12 - Composição dos lodos de esgotos gerados nas ETEs do DF quanto às substâncias inorgânicas, expressos em base seca.

Parâmetros	Unid.	Caesb ⁽¹⁾	CPAC ⁽²⁾	IAC ⁽³⁾	Embrapa ⁽⁴⁾	Concentração (base seca)							
						ETEB Norte ⁵	ETEB Sul ⁵	ETE Melchior ⁵	ETE Gama ⁵	ETEB Norte ⁶	ETEB Sul ⁶	ETE Melchior ⁶	ETE Gama ⁶
Antimônio Total	mg/kg					ND	ND	ND	32,30	ND	ND	ND	2,36
Arsênio Total	mg/kg	-	-	<0,1		ND	ND	ND	3,36	ND	ND	ND	5,33
Bário Total	mg/kg					129,3	90,8	101,3	104,10	63,48	51,31	81,96	82,28
Cádmio Total	mg/kg	<2	-	2,3 – 2,5		3,78	3,81	1,87	2,83	ND	ND	ND	ND
Cobre Total	mg/kg	70 - 85	126 - 243	138 - 156	155,4	247,90	169,49	209,54	504,4	83,01	66,24	75,17	86,15
Chumbo Total	mg/kg	50	-	90,4 - 95,6		29,41	33,90	99,59	28,30	14,32	19,91	23,41	25,94
Cromo Total	mg/kg	48 - 56	-	33,2 - 39,6		33,61	38,14	53,94	37,73	34,18	44,53	59,39	39,41
Mercúrio Total	mg/kg	4	-	<0,1		8,18	1,22	1,23	ND	1,83	1,78	1,53	1,26
Molibdênio Total	mg/kg	-	-	<0,1		ND	ND	ND	20,70	4,46	3,47	4,16	8,92

...continua

Tabela 12 - Continuação...

Parâmetros	Unid.	Caesb ⁽¹⁾	CPAC ⁽²⁾	IAC ⁽³⁾	Embrapa ⁽⁴⁾	Concentração (base seca)							
						ETEB Norte ⁵	ETEB Sul ⁵	ETE Melchior ⁵	ETE Gama ⁵	ETEB Norte ⁶	ETEB Sul ⁶	ETE Melchior ⁶	ETE Gama ⁶
Níquel Total	mg/kg	2,5 – 5,2	-	12,7 – 19,1		21,01	21,19	10,37	15,72	11,79	12,52	13,47	10,19
Selênio Total	mg/kg	-	-	<0,1		ND	ND	ND	16,80	ND	ND	ND	115,03
Zinco Total	mg/kg	320 – 350	676 – 733	594 – 624	536,4	760,5	796,61	1.906,6	522,01	312,56	284,86	317,82	448,58
Manganês	mg/kg	79 – 81	83 – 124	116 – 138	46,7								45,59
Boro	mg/kg	-	13,3 – 26,1	13,6 – 17,1	7,4	ND	ND	ND	29,70				ND

Notas sobre as fontes dos dados:

- (1) Caesb - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, caracterização de lodo
 (2) Laboratório do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados – Embrapa (biossólido seco: teor de água 100 g/ kg; média de seis amostras)
 (3) Instituto Agronômico de Campinas (biossólido seco: teor de água - 100 g /kg; média de duas amostras)
 (4) Embrapa – Laboratório do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, caracterização do lodo
 (5) Plano de caracterização de lodo desaguado, realizado em 2009, em laboratório contratado pela Caesb; ETEB = ETE Brasília
 (6) Plano de caracterização de lodo desaguado realizado em 2012, pelo laboratório São Lucas, contratado da Caesb; ETEB = ETE Brasília

Os resultados mostraram baixos teores dos metais As, Cu, Pb, Cd, Mn, Se, Ni, Hg, Ba, Sb, B, Mo e Zn, o que decorre, principalmente, da característica doméstica dos esgotos do Distrito Federal. Ao se compararem as concentrações obtidas para todos os elementos inorgânicos das amostras dos diferentes lodos com os limites de concentração estabelecidos pela Resolução 03/2006 do CONAM-DF (Conselho de Meio Ambiente do Distrito Federal) (DISTRITO FEDERAL, 2006) e pela Resolução no 375/2006 do Conama (BRASIL, 2006), verifica-se que todas as concentrações estão bem abaixo dos respectivos limites.

Como aspecto positivo em relação à composição do lodo dessas estações, é possível destacar o conteúdo de matéria orgânica, que, segundo diversos autores, pode melhorar a resistência dos solos à erosão e ao adensamento, ativando a vida microbiana dos solos e aumentando a resistência das plantas às pragas e doenças.

4 CONCLUSÕES

Em comparação com outras ETES no Brasil, os lodos gerados nas ETES do DF apresentaram baixos teores

de metais e elevada concentração de matéria orgânica e de macronutrientes, possivelmente associados, entre outros fatores, à inexistência de polos industriais de grande porte na região e aos processos de tratamento de esgotos que foram concebidos para realizarem a remoção de nutrientes.

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que, em relação à sanidade, os lodos gerados nas ETES do DF não podem ser destinados ao uso agrícola. Entretanto, os maiores obstáculos a serem vencidos para a implementação da disposição agrícola do lodo são, na verdade, de solução tecnicamente simples e de baixo custo, pois essa solução envolve o emprego de processos para higienização do lodo, de maneira a atender aos padrões para lodo Classe A na legislação pertinente, além da redução de umidade, o que reduziria os custos com transporte e manejo do lodo.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - Caesb, pela disponibilização de alguns dos dados utilizados nesta pesquisa.

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização, Batista, LF e Souza, MAA; **Metodologia**, Batista, LF e Souza, MAA; **Investigação**, Batista, LF; **Redação**, Batista, LF; **Redação, Revisão & Edição**, Batista, LF e Souza, MAA; **Recursos**, Batista, LF; **Supervisão**, Souza, MAA.

7 REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução 375 de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. MMA. Brasília. 2006.

CAESB. **Relatório Administrativo da Caesb**. Caesb - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Brasília, Brasil. 2011.

CAESB. SIESG - **Sistema de Esgotamento Sanitário**. Caesb - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, Brasília, Brasil. 2012.

CAESB. SIESG - **Sistema de Esgotamento Sanitário**. Caesb - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, Brasília, Brasil. 2013a.

CAESB. POE/CAESB - **Relatório Operacional da Superintendência de Operação, Tratamento de Esgotos**. Caesb - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, Brasília, Brasil. (Dados desde 2004 até 2014). 2013b.

CODEPLAN. **Pesquisa Distrital Por Amostra de Domicílios - PDAD 2010/2011**. Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central. Brasília, Brasil. 2011.

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. [Acesso em 12/12/2014]. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br>. Brasília, Brasil. 2014.

DISTRITO FEDERAL. Conselho do Meio Ambiente do Distrito Federal - CONAM-DF. **Resolução Nº 03/2006, de 18 de julho de 2006**. Estabelece normas, padrões e procedimentos para distribuição e uso de lodo de esgoto na agricultura, reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, processamento e pesquisa no Distrito Federal. SEMA/DF. Brasília. 2006.