

WORKSHOP

A EVOLUÇÃO NA GESTÃO DE ATERROS SANITÁRIOS:

Novas Rotas Tecnológicas para
a Drenagem, Monitoramento
e Tratamento de Chorume

Co-tratamento de chorume em Estações de Tratamento de Esgotos

Ana Maria do Carmo Mota

Superintendente de Operação e Tratamento de Esgotos - Caesb

Dezembro - 2019



Volume e Composição do chorume

Volume:

Fatores climáticos – precipitação pluviométrica, evapotranspiração e temperatura;
Hidrogeológicos - escoamento superficial, infiltração, recirculação do chorume, etc;
Características das camadas de cobertura – declividade, umidade, etc;
Características dos resíduos – granulometria, compactação, etc;
Método de impermeabilização, sistema de drenagem, etc;

Composição:

Material orgânico – ácidos graxos voláteis e compostos orgânicos mais refratários (ácidos fúlvicos e húmicos);

Macro componentes inorgânicos – Ca, Mg, Na, K, Fe, NH_4 , Cl, SO_4 e bicarbonatos;

Metais pesados – Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn ...

Compostos orgânicos xenobióticos originários de esgotos domésticos e químicos em baixas concentrações – hidrocarbonetos aromáticos, pesticidas , etc.

(Christenese *et al*, 1994 *apud* Kjeldsen *et al*, 2002)



Níveis de metais pesados em aterros brasileiros e limites críticos

Metal	Concentração (mg/L)		
	Limite para inibição de processos biológicos (1)	Faixa mais provável em aterros Brasileiros (2)	Limite máximo para efluentes de ETEs (Conama 430/11)
Cádmio	1	0 – 0,065	0,2
Cromo hexa.	2	0,003 – 0,5	0,1
Cobre	1	0,05 – 0,15	1,0
Ferro	35	0,01 - 65	15
Chumbo	1	0,01 – 0,5	0,5
Manganês	1	0,04 – 2,0	1,0
Mercúrio	0,002	s/inf	0,01
Níquel	1	0,3 – 0,5	2,0
Prata	0,03	s/inf	0,1
Zinco	1 a 5	0,01 – 1,5	5,0
Cianeto	1	s/inf	1,0
Arsênio	0,7	s/inf	0,5
(1) Musterman, 1996 (2) Prosab, 2009			



Variação na composição do chorume gerados em aterros brasileiros – (Prosab 2009)

Parâmetro	Faixa máxima	Faixa mais provável
Alcalinidade (mg CaCO ₃)	750 - 11400	750 - 7100
DBO (mg/L)	<20 a 30.000	750 a 7.100
DQO (mg/L)	190 a 80.000	190 a 22.000
TKN (mg/L)	80 a 3.100	-
NN ₄ ⁺ (mg/L)	0,4 a 3.000	0.4 a 1.000
Fósforo (mg/L)	0,1-40	10 a 100
pH	5,7 a 8,6	7,2 – 8,6
STD (mg/L)	3.200 a 21.900	3.200 a 14.400



Variação na composição do lixiviado x Tempo de operação do aterro - (Chian e DeWalle, 1976 *apud* Renou *et al.*, 2008)

	Novo	Intermediário	Velho
Idade (anos)	<5	5 - 10	>10
pH	6,5	6,5-7,5	>7,5
DQO (mg/L)	>10000	4000 -10000	<4000
DBO ₅ /DQO	>03	0,1-0,3	<0,1
Compostos orgânicos	80% (AGV)	5 -30%(AGV+ácidos húmicos e fúlvicos)	Ácidos húmicos e fúlvicos
Metais pesados	Baixa - média	-	Baixa
Biodegradabilidade	Alta	Média	Baixa



Comparação da caracterização do chorume e de esgotos domésticos

	Concentração mg/L				
	DBO	DQO	NT	SS	ST
Esgoto doméstico DF (valor médio 2017 e 2018)	575	997	55	373	913
Chorume - ASB	9934	25807	563	658	18322



Reflexão sobre a escolha do processo de tratamento de chorume

ETE



90%

DBO < 40 mg/L
DQO < 100 mg/L
NH₄ < 5 mg/L

CHORUME



DBO – 10.000 mg/L →
DQO - 20.000 mg/L →
NH₄ – 1.500 mg/L →

> 99,5 %

Necessidade de remoção

PRÉ – TRATAMENTO

CHORUME BRUTO

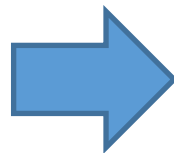


- DBO – 10.000 mg/L
- DQO - 20.000 mg/L
- NH4 – 1.500mg /L



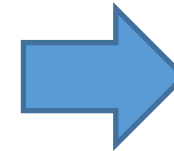
CHORUME PRÉ-TRATADO

- DBO – 5.000 mg/L
- DQO - 10.000 mg/L
- NH4 – 750 mg/L



LANÇAMENTO

DBO < 20 mg/L
DQO < 100 mg/L
NH4 < 5 mg/L



> 99%

Necessidade de remoção

Alternativas para o tratamento

- Que processo atinge 99% de remoção ?
- Que processo é capaz de manter eficiência no tratamento do chorume produzido ao longo de toda vida do aterro?



Processos de Tratamento de Chorume e níveis de Eficiência - (Prosab 2009)

Processo	DBO	DQO	AMÔNIA
Biológicos	60 %	90 %	80%
Oxidação Química	80 %	80 %	0 %
Leito Fixo	80 %	80 %	0 %
Coagulação	50 %	50 %	50 %
Evaporação	90 %	90 %	20 %
Stripping	0 %	0 %	50 %
Osmose Reversa	99 %	99 %	99 %



Alternativas para o tratamento



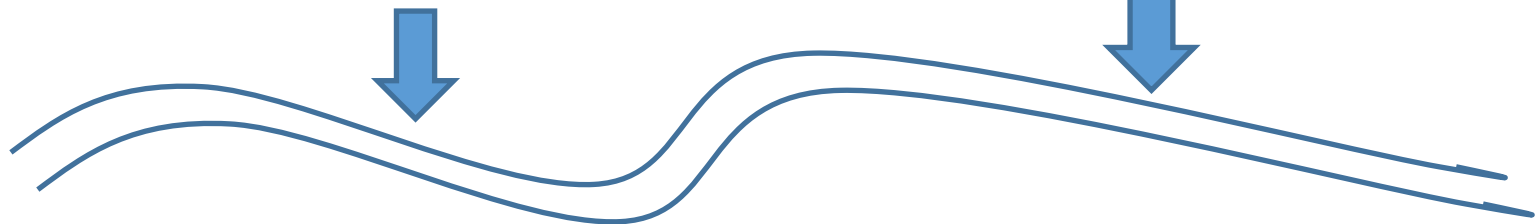
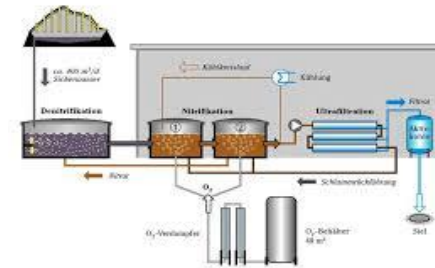
Após pré-tratamento

<2%

ETE



Tratamento específico



Alternativas para o tratamento

- **OSMOSE REVERSA - \$\$\$\$ - RESÍDUO 30%**
- **EVAPORAÇÃO - \$\$\$\$\$ - - RESÍDUO < 5%**

Processos de Tratamento de Esgotos



- **FÍSICOS**
- **BIOLÓGICOS**
- **QUÍMICOS**

O principal processo de remoção de carga orgânica é o processo Biológico.

TRATAMENTO COMBINADO X DILUIÇÃO EM ESGOTOS



Tratamento combinado em ETEs

Chorume Bruto

	DQO	DBO	Amônia	DQO	DBO	Amônia
	Concentração - (mg/L)			Remoção - %		
Esgoto doméstico	800	400	30	Esgoto	80 %	
I – Chorume bruto (1%)	20.000	10.000	1.500	Chorume	35%	
II – Chorume bruto (1,5%)	20.000	10.000	1.500			
III – Chorume bruto (2%)	20.000	10.000	1.500			
Mistura BI – mg/L	992	496	44,7	284,8	142,4	15,5
%	124	124	149	71,3	71,3	65,2
Mistura BII- mg/L	1088	544	52,05	347,2	173,6	20,3
%	136	136	173	68,09	68,09	60,9
Mistura BIII - mg/L	1184	592	59,4	409,6	204,8	25,1
%	149	148	198	65,4	65,4	57,73



Tratamento combinado em ETEs chorume pré-tratado

	DQO	DBO	Amônia	DQO	DBO	Amônia	DQO	DBO	Amônia
	Concentração - (mg/L)			Remoção - %			Remoção - %		
Esgoto	800	400	30	Esgoto	80 %		Esgoto	80 %	
I – Chorume pré-trat. (1%)	10.000	5.000	750	Chorume	35%		Chorume	70%	
II – Chorume pré-trat. (1,5%)	10.000	5.000	750						
III – Chorume pré-trat. (2%)	10.000	5.000	750						
Mistura PI – mg/L	892	446	37	223	112	11	188	94	8
%	111%	111%	124%	75,0	75,0	71	79	79	78
Mistura PII – mg/L	938	469	40,8	255	128	13	201	101	9,2
%	117	117	136	73	73	68	78,5	78,5	77,3
Mistura PIII – mg/L	984	492	44	287	143	16	215	107,6	10,3
%	123	148	148	71	71	65	78,1	78	76,8



Análise do co-tratamento no sistema de esgotamento sanitário do Distrito Federal



Sistema de esgotamento sanitário do Distrito Federal

**7.213 KM DE REDE DE
COLETA DE ESGOTO**

**74 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS
DE ESGOTOS**

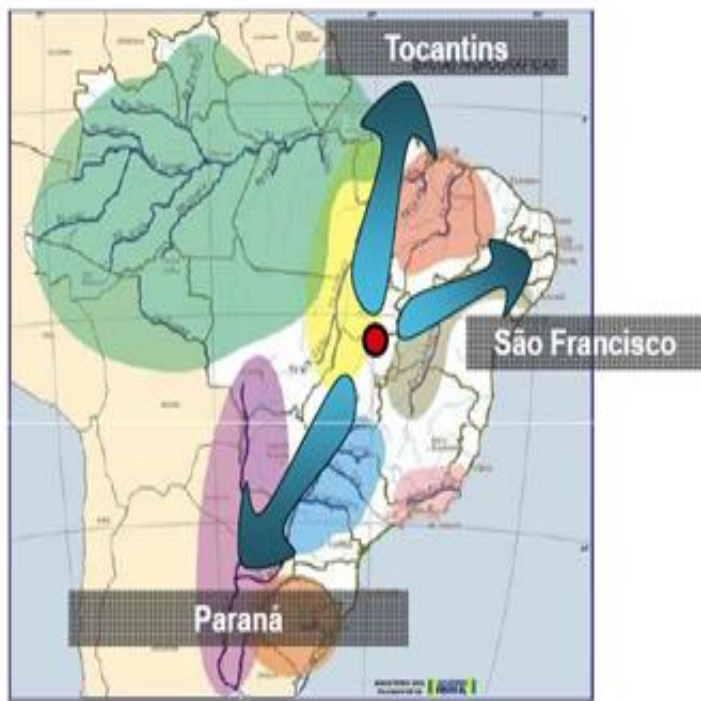
**15 ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS**

- 100% do esgoto coletado é tratado
- 87% do esgoto é tratado a nível terciário
- 13% é tratado a nível secundário



Particularidades e Complicadores

Brasília – Berço das águas



REGIÕES HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS



Fonte: Atlas esgotos – ANA 2017

Particularidades e Complicadores

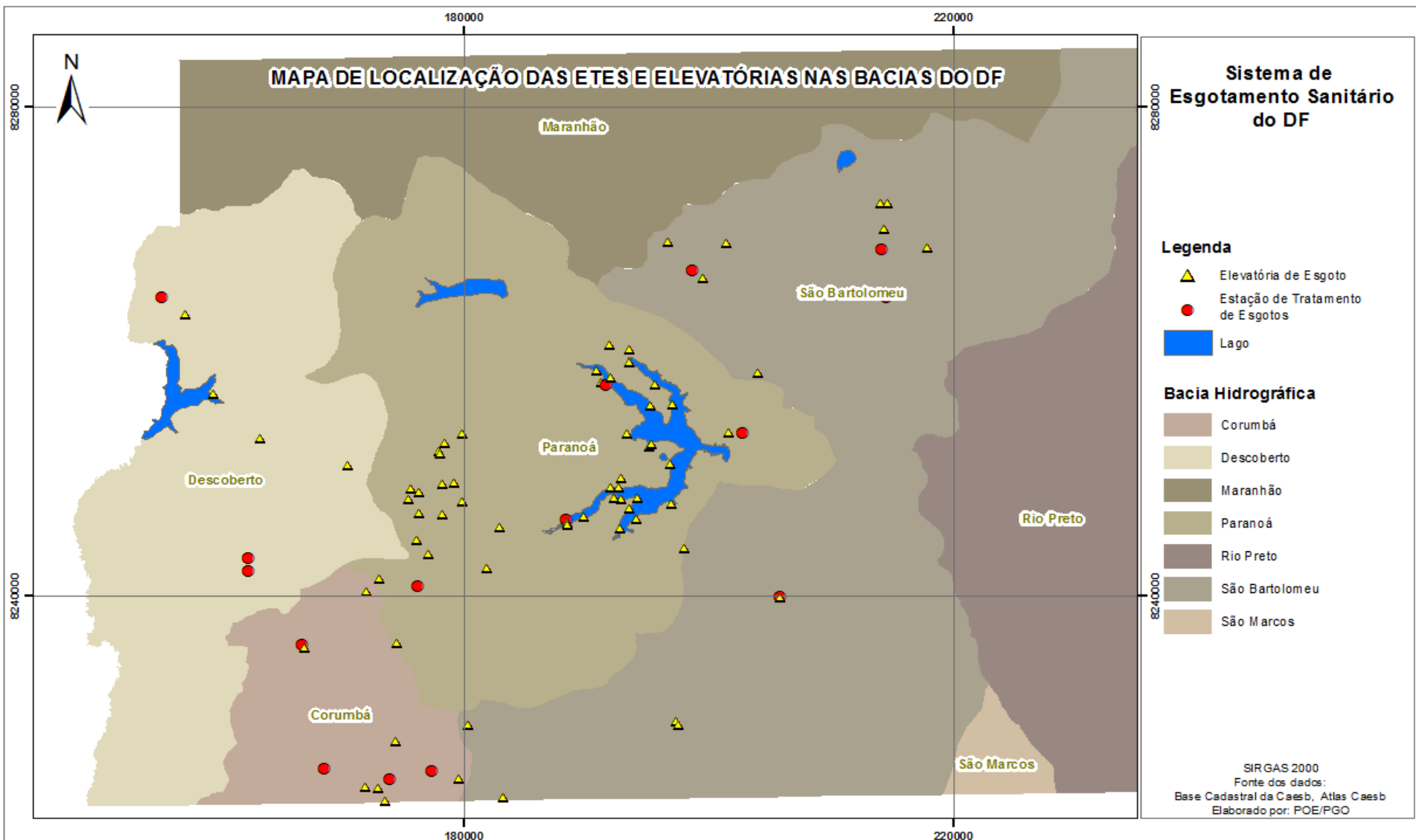
Brasília – Berço das águas



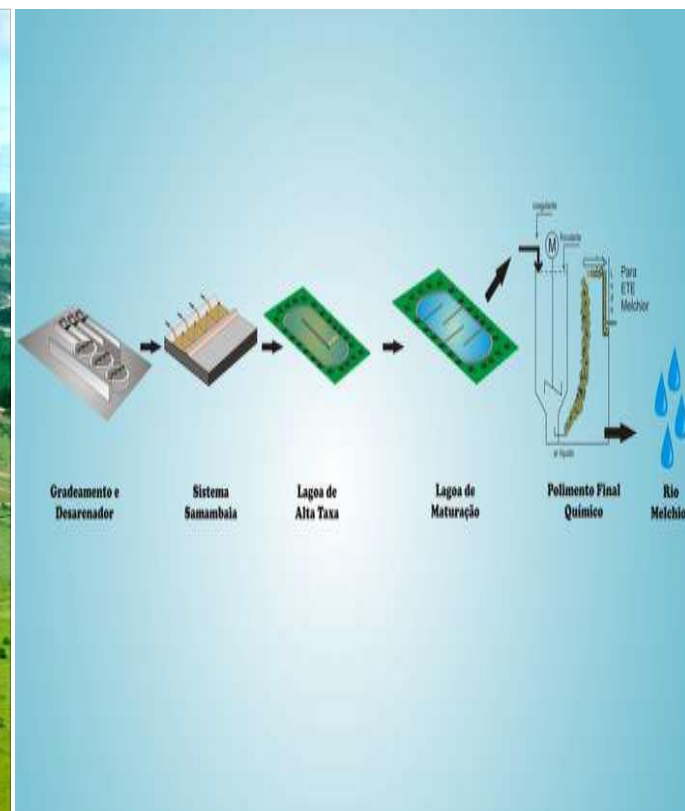
- **Necessidade de armazenar água em reservatórios (Descoberto, Santa Maria, Paranoá e Corumbá IV)**
- **Necessidade de tratar os esgotos em nível avançado (N, P)**



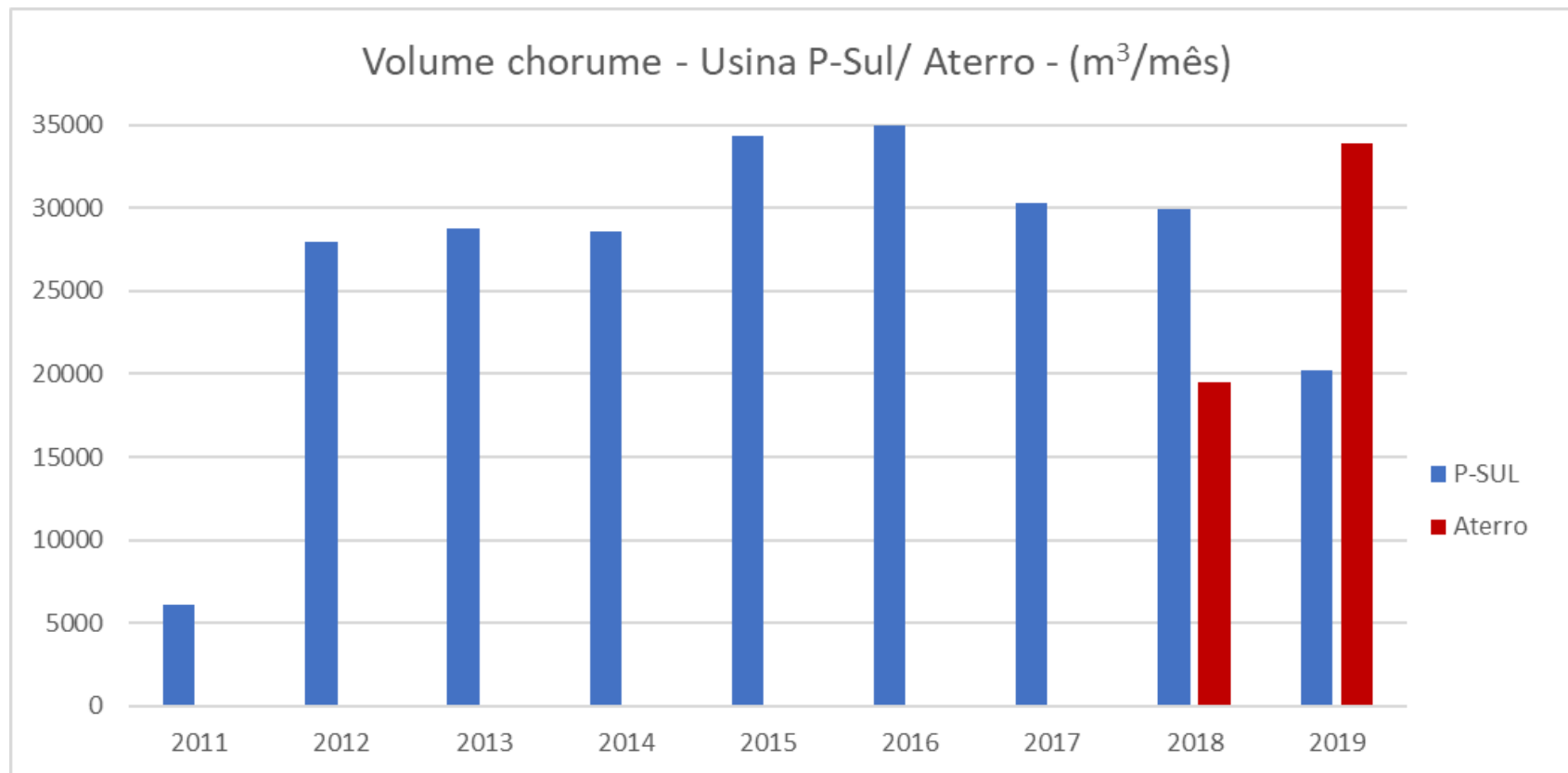
Sistema de esgotamento sanitário do Distrito Federal



ETE Samambaia

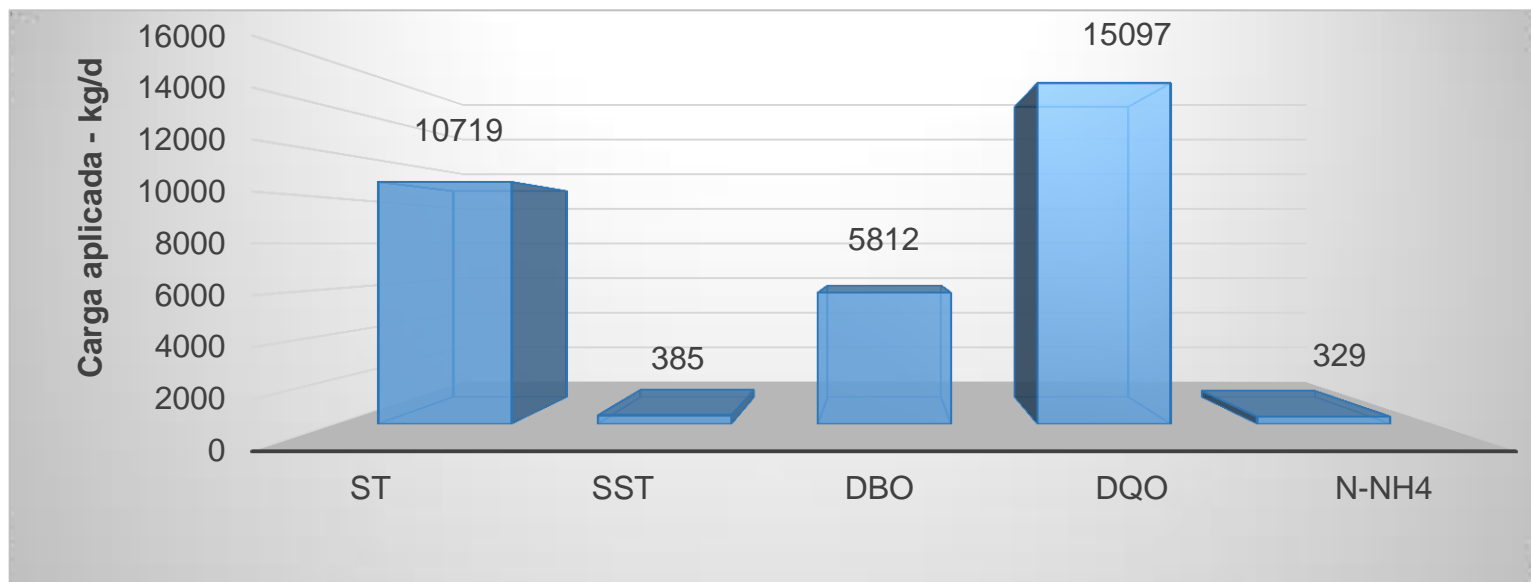


Volume de chorume - ETE Samambaia



Carga do chorume produzido

- Aterro sanitário – 345 m³/dia (15 caminhões de 23m³)
- Usina de compostagem e triagem P-Sul - 240 m³/dia (12 caminhões de 20m³)



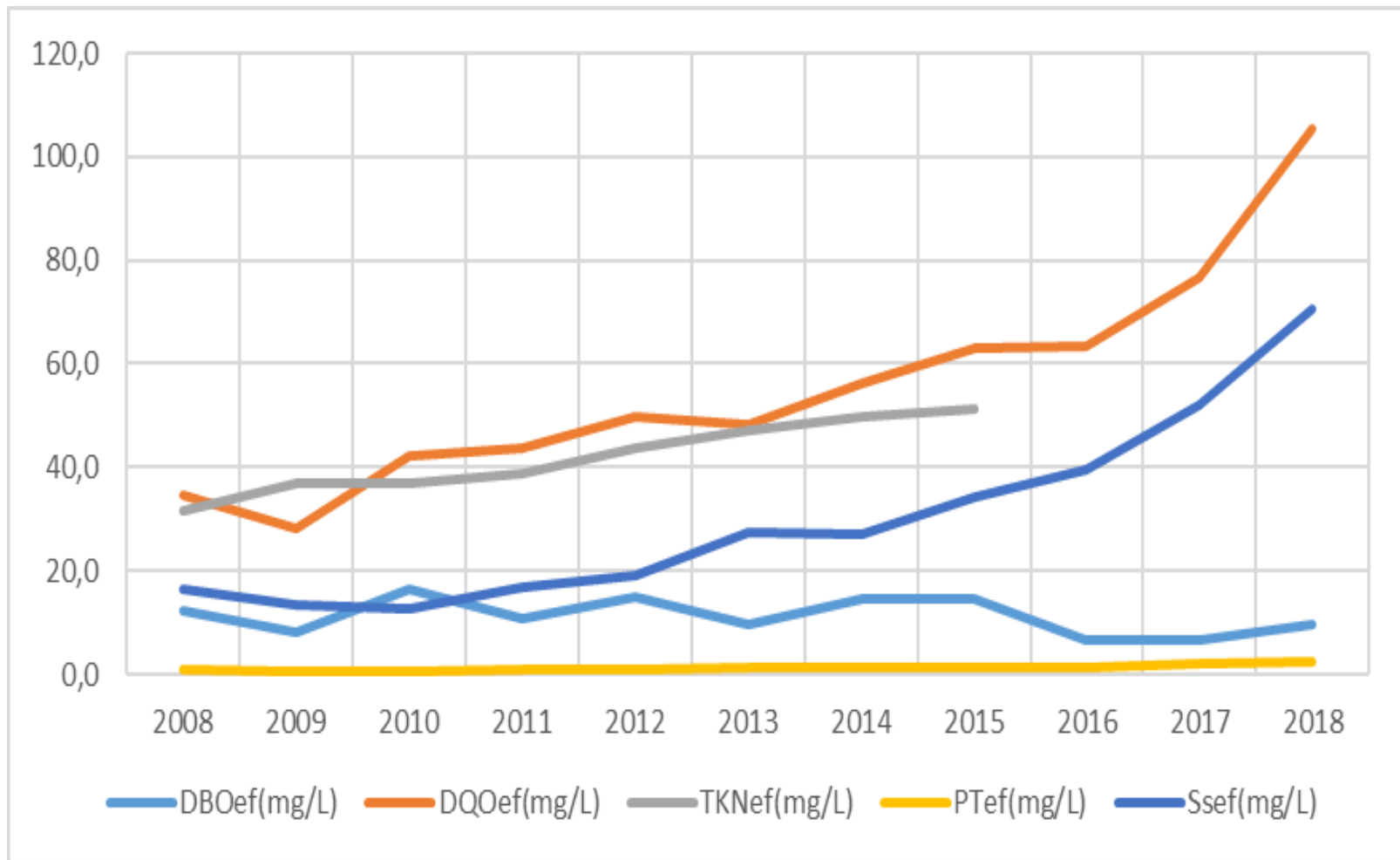
Lançamento do chorume na ETE Samambaia



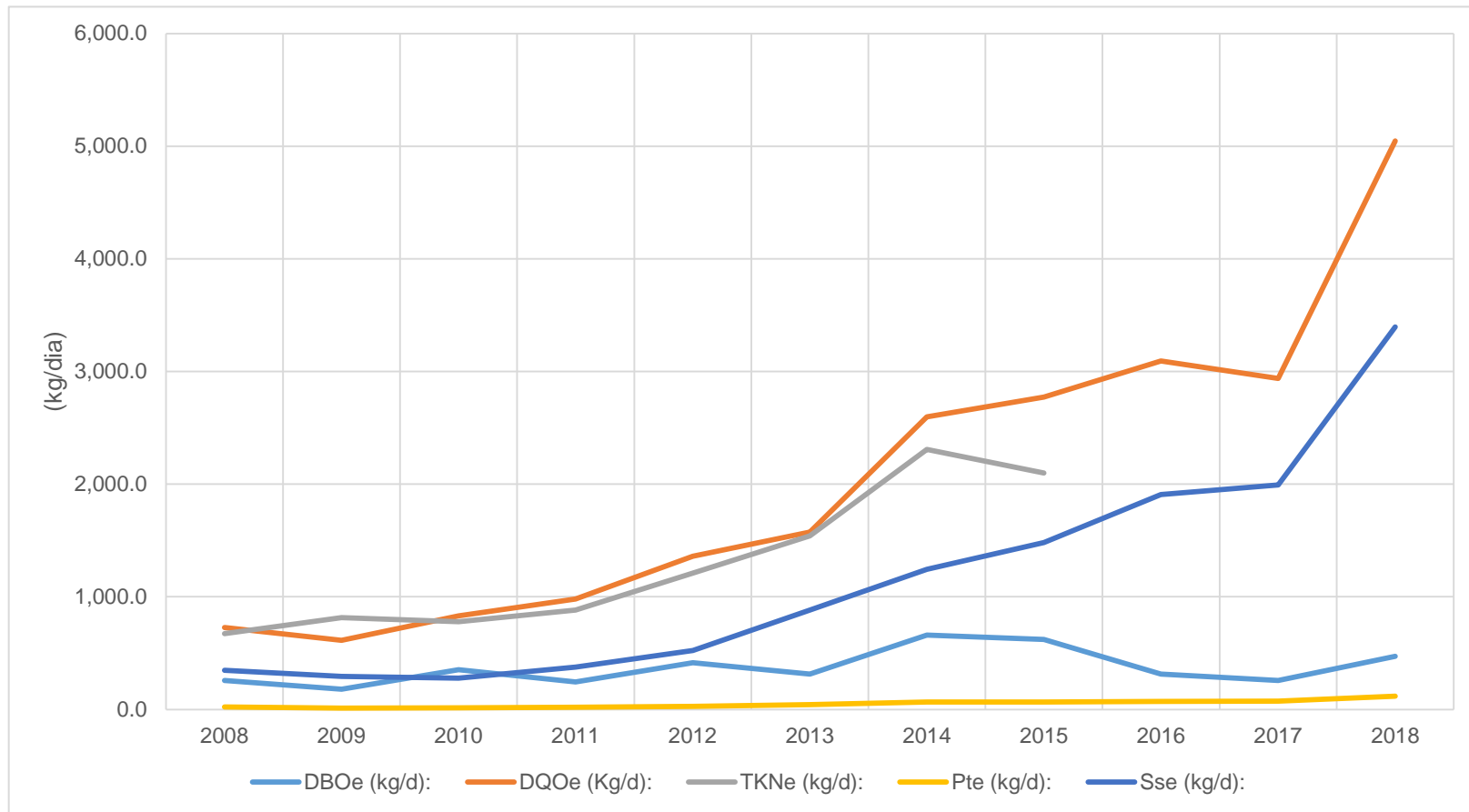
Impacto do lançamento do chorume na ETE Samambaia



Médias das Concentrações Efluentes - ETE Samambaia



Médias das Cargas Efluentes - ETE Samambaia



Outorgas de Lançamento de Efluente

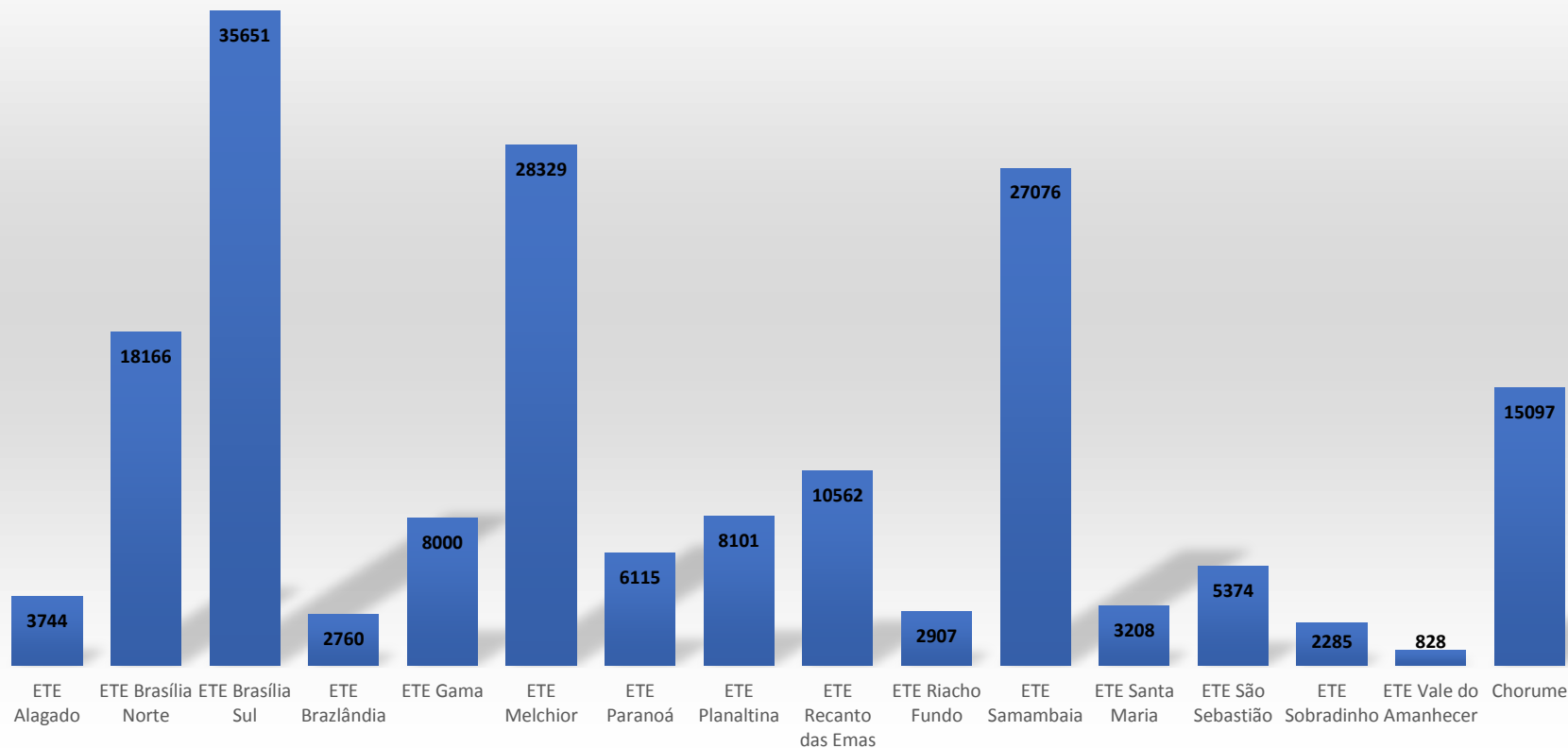
ETEs	Outorga 1		Outorga 2	
	Período	$C_{(DBO)Max}$	Período	$C_{(DBO)Max}$
Alagado	07/2015 a 01/2022	23,4	01/2022 a 12/2030	6,0
Gama	06/2015 a 12/2022	8,0	01/2023 a 12/2030 (09)	6,5
			01/2023 a 12/2030 (08 e 10)	7,0
			01/2023 a 12/2030 (01-07 e 11-12)	8,0
Melchior	02/2018 a 01/2025	24,0	02/2025 a 01/2030	10
Planaltina	10/2015 a 12/2018	43,0	01/2026 - 12/2030	32
			02/2030 - 12/2037	25
Recanto das Emas	06/2015 a 12/2022	40,0	01/2023 a 12/2030	15,0
Riacho Fundo	2015 a 2030	9,0		
Samambaia	04/2015 a 01/2030	15,0		
Santa Maria	07/2015 a 01/2022	23,4	01/2022 a 12/2030	7,0
			01/2023 a 12/2030 (05 a 11)	10,0
São Sebastião	08/2015 a 12/2022	40,0	01/2023 a 12/2030 (12)	12,0
			01/2023 a 12/2030 (01-04)	15,0
Sobradinho	12/2014 a 12/2017	63,0	01/2018 a 12/2019	42,0
Vale do Amanhecer	01/2015 a 01/2020	28,0	02/2020 a 12/2022	20,0
ETEb	Período		$C_{(DBO)Max}$	NTK**
Norte	08/2016 a 08/2021		11,2	4,6
Sul	08/2016 a 08/2021		27,8	8,7

Sistema de esgotamento sanitário do Distrito Federal

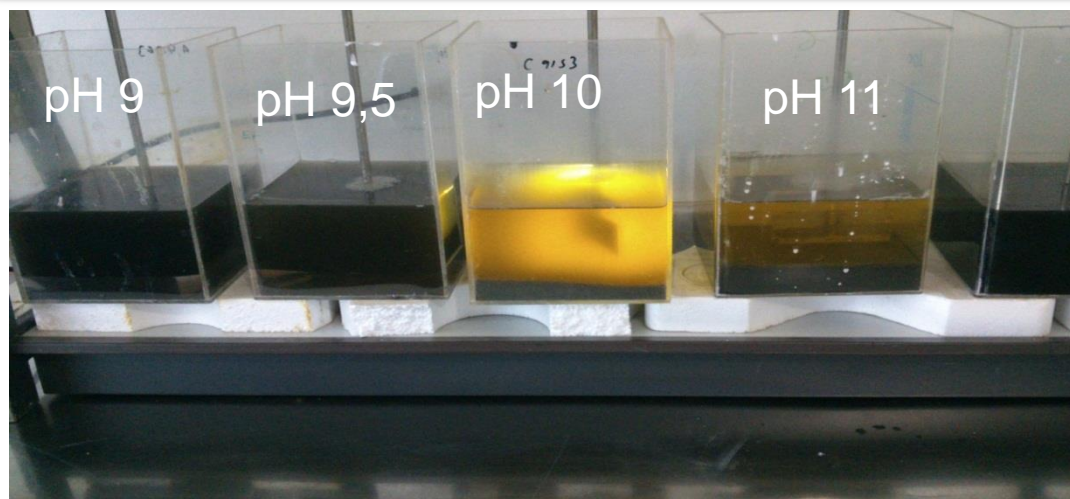
	Ano		Vazão (L/s)
ETE	Operação	Descrição do Sistema	2018
ETE Alagado	1998	RAFA + LAT+ ES+ PF	65,5
ETE Brasília Norte	1994	RBN + POLIMENTO FINAL	518,0
ETE Brasília Sul	1993	RBN + POLIMENTO FINAL	1.110,1
ETE Brazlândia	1983	L.An + LF	39,7
ETE Gama	2003	RAFA + RB + CLARIFICADOR	168,6
ETE Melchior	2005	RAFA + UNITANK	739,8
ETE Paranoá	1997	RAFA + LAT + ES	94,5
ETE Planaltina	1998	RAFA / LF+ LM	148,4
ETE Recanto das Emas	1998	RAFA + LAMC + LAF	181,4
ETE Riacho Fundo	1997	LODO ATIVADO + RBNB	65,4
ETE Samambaia	1996	RAFA / LF + LAT + LP+ PF	541,9
ETE Santa Maria	2000	RAFA + LAT + ES	56,9
ETE São Sebastião	1998	RAFA + ES + LM	148,7
ETE Sobradinho	1967	LODO ATV.+ TRAT. QUÍM.	73,7
ETE Vale do Amanhecer	1998	RAFA + LAF	17,5
Fonte : CAESB\DP\POE		Totais:	3.970,1

Comparação entre a carga do chorume e as cargas afluentes às ETEs

Carga afluente - kgDBO/dia



Ensaio – Precipitação química



Utilizando – solução cal 30%

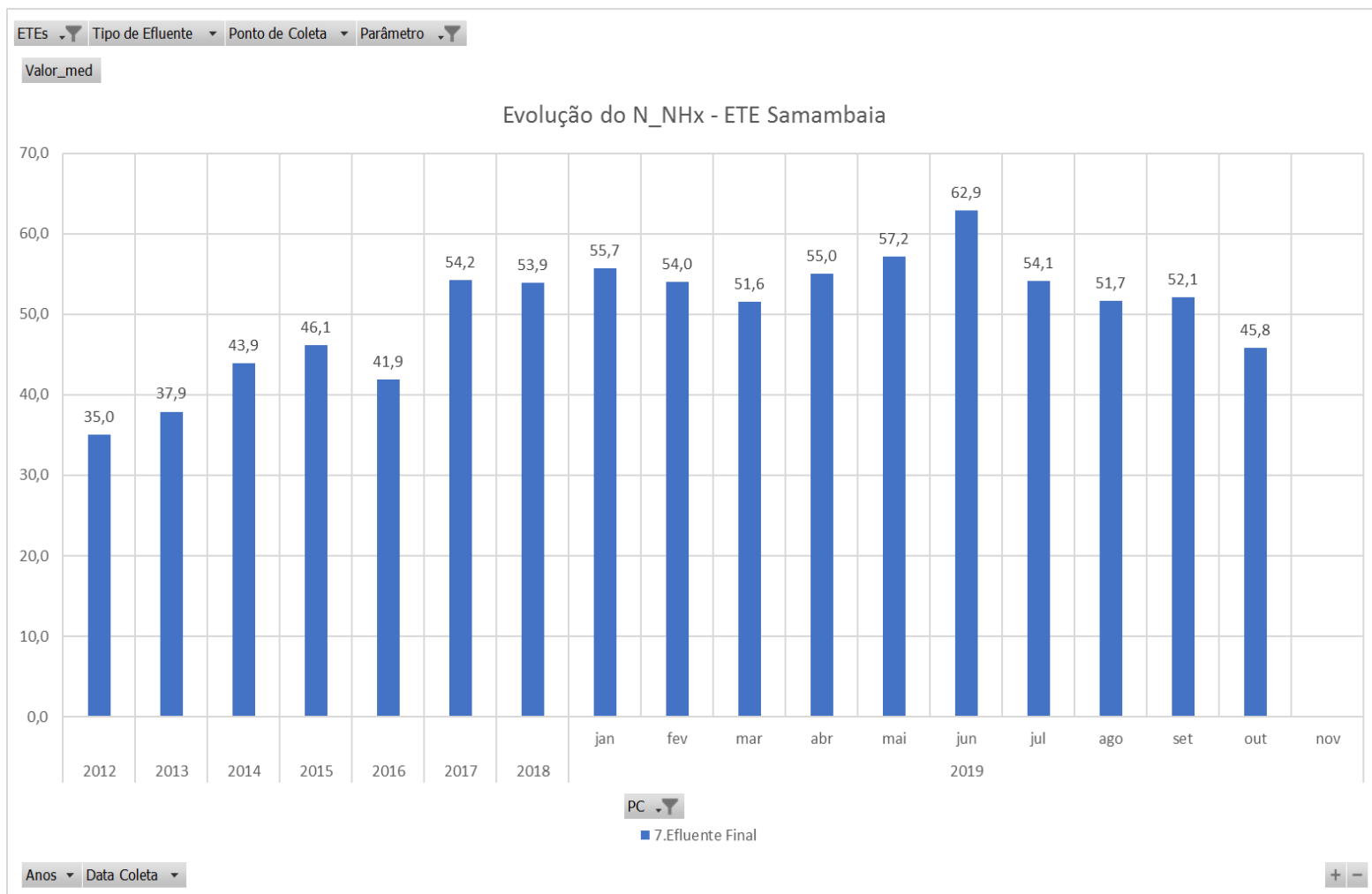
Amostra	Sólidos Suspensos (mg/l)	DQO (mg/L)	Amônia (mg/L)
Chorume Bruto Manhã	1380	20275	2250
Chorume Bruto Tarde	1280	20300	2200
Clarificado Manhã pH 10	74,5	15240	1575
Clarificado Manhã pH 11	72	14760	1665
Clarificado Tarde pH 10	128	15820	1495
Clarificado Tarde pH 11	52	15220	1425
Eficiência	94%	25%	31%

Consumo:

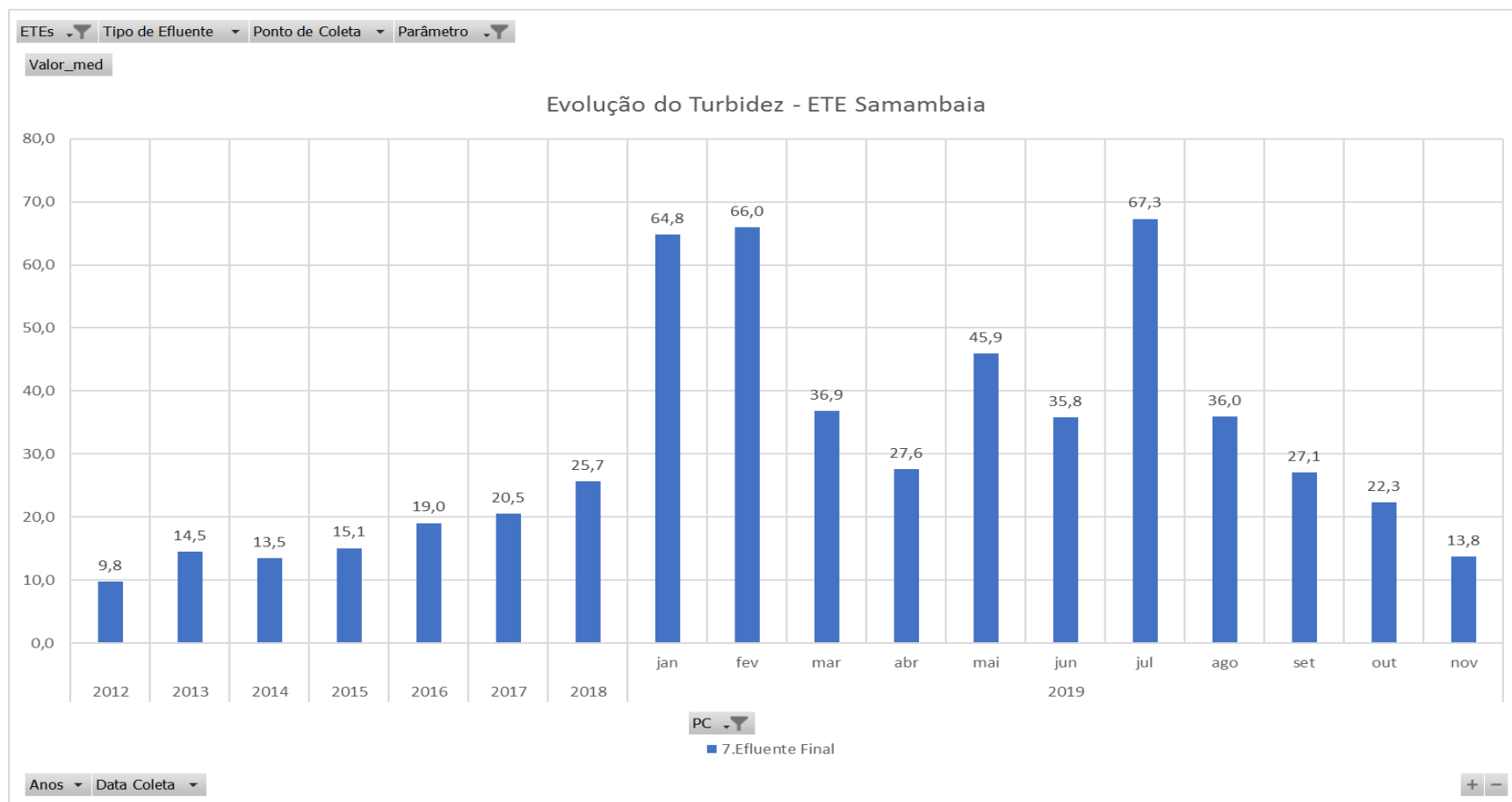
pH 10 – 10,5kg/m³

pH11 – 15,75kg/m³

Médias das Concentrações Efluentes - ETE Samambaia



Médias das Concentrações Efluentes - ETE Samambaia



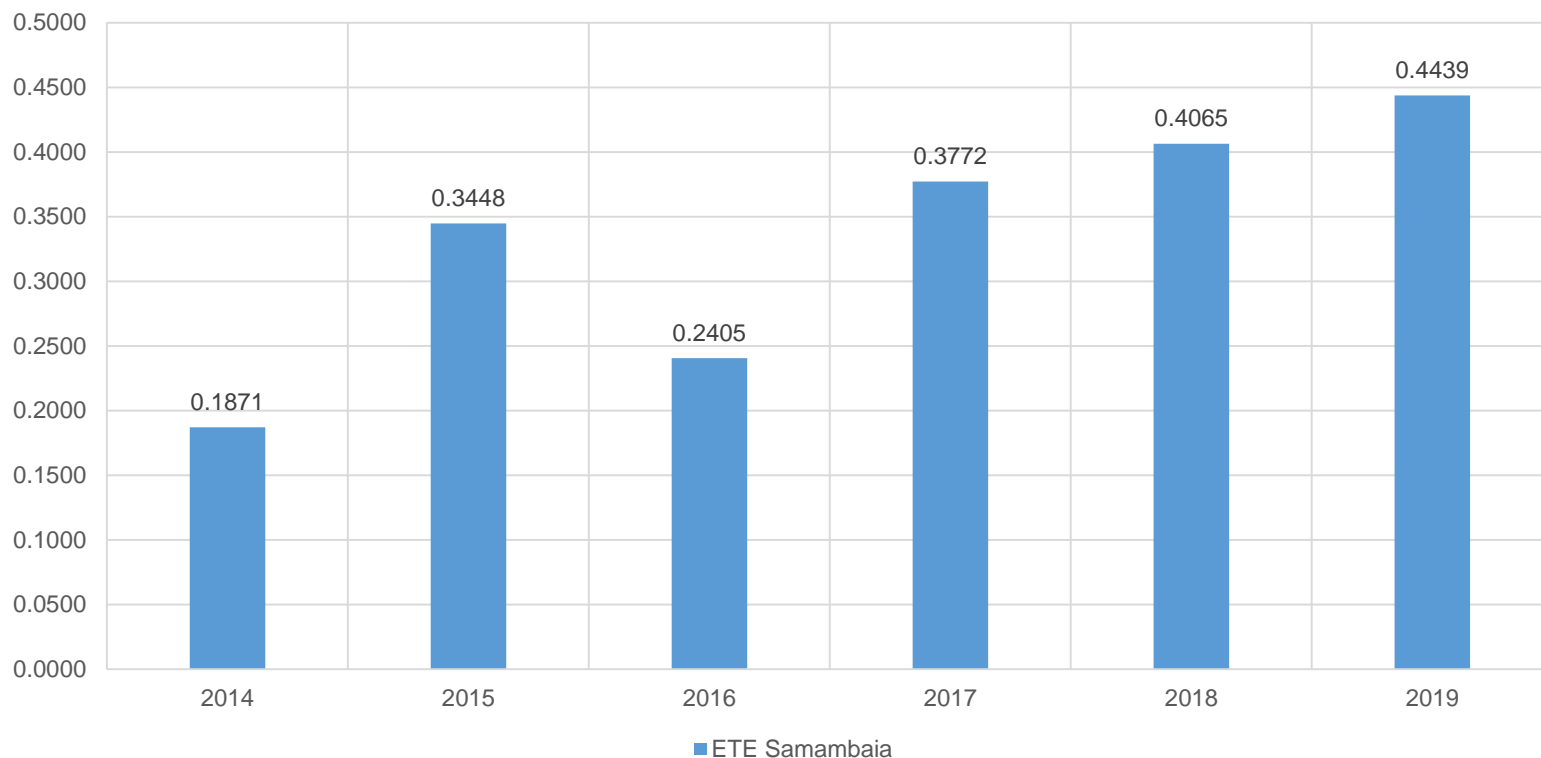
Problemas operacionais

- Assoreamento das lagoas;
- Eliminação das algas ou surgimento de novas espécies nocivas ao processo;
- Mortandade de microrganismos;
- Aumento da alcalinidade e consequente aumento no consumo de produtos químicos;
- Possibilidade de contaminação do lodo com metais pesados;
- Possibilidade de dificultar a disposição do lodo.



Consumo específico de sulfato de alumínio - ETE Samambaia

ETE Samambaia - Consumo Específico de Sulfato de Alumínio (kg/m³)
Polimento Final



Cobrança pelo tratamento de chorume – Decreto 18328/97 GDF

Volume Anual de Chorume recebido na ETE Samambaia (m³) - P SUL

Empreendimento	Volume (m³)	DQO	DBO	DQO-DBO	ST
SLU P Sul	32.000	4.740	2.096	2.644	7

Valor cobrado pelo volume de esgoto							32.000	
A	B	C	Categoria	P1	P2	P1+P2	Sobretaxa	Valor total P1+P2 +sobretaxa
((ST/600)-1)	((DBO/480)-1)	((DQO-DBO)/380)-1)		(0-10)	(>10)			
-1.0	3.4	6.0	Pública	77.0	407.552.6	407.629.6	R\$ 1.796.831.28	R\$ 2.204.460.88

Volume Anual de Chorume recebido na ETE Samambaia (m³) - Aterro Sanitário de Brasília

Empreendimento	Volume (m³)	DQO	DBO	DQO-DBO	ST
SLU - Aterro	35.000	25.807	9.934	15.872	14.227

Estimativa

Valor cobrado pelo volume de esgoto							35.000	
A	B	C	Categoria	P1	P2	P1+P2	Sobretaxa	Valor total P1+P2 +sobretaxa
((ST/600)-1)	((DBO/480)-1)	((DQO-DBO)/380)-1)		(0-10)	(>10)			
22,7	19,7	40,8	Pública	77,0	445.772,6	445.849,6	R\$ 13.577.903,72	R\$ 14.023.753,32

Valor anual Estimado
R\$ 16.228.214,20

Tarifa	Categoria Pública
0 a 10 m³	R\$ 7,70
> 10 m³	R\$ 12,74



Ações de controle para recebimento do chorume pré-tratado em ETEs

- **É mais viável em ETEs de grande porte;**
- **A ETE tem que ter folga operacional;**
- **Deve-se avaliar a classificação do corpo receptor;**
- **É necessário análise da capacidade de atendimento das outorgas de lançamento;**
- **Descargas de chorume devem ser equalizadas;**
- **Intensificação do monitoramento do chorume pré-tratado e das ETEs;**
- **Monitoramento do chorume e efluente das ETEs de acordo com a resolução CONAMA 430/2011.**



Considerações finais

Co-tratamento:

- É uma alternativa utilizada no Brasil e em vários países;
- É necessário o pré-tratamento;
- A carga do chorume tem que ter sido prevista no projeto da estação;
- Há necessidade de estudos mais aprofundados para definição do processo de tratamento / pré tratamento (identificação dos compostos, DQO inerte, biodegradabilidade, etc.);
- Há necessidade de monitoramento mais criterioso dos sistemas de tratamento;
- Há necessidade de análise quanto a possibilidade de atendimento dos padrões de lançamento estabelecidos pelos órgãos de controle;
- Há que se cobrar por esse tratamento;



Referências bibliográficas

- El- Fader, M. et al. Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste high organic and moisture content. *Waste Management*, v. 22,p.269-282,2002.
- Kjeldsen, P. *et al.* Present na long-term composition of MSW landfill leachate: a review crtitical reviews in environmental Science and technology, periódico?, v.4,n.32, p.227-336,2002.
- Lange, L.C.; Amaral, M.C.S. Geração e características do lixiviado. In: Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras. Luciana Paulo Gomes (coordenadora). Rio de Janeiro: ABES, 2009. 360p
- Musterman J. L., 1996. "Biological Nitrification and Denitrification", Technology Transfer Seminar II - Advanced Topics, June, São Paulo
- Renou, S., Giuvaudan, J.G., Poulain, S., Dirassouyan, F. e Moulin, P. (2008). "*Landfill leachate treatment: Review and opportunity.*" *Journal of Hazardous Materials*, 150(3), 468-493.





Obrigada!

Ana Maria Mota
anamota@caesb.df.gov.br
(61) 3213-7184

