

II-1249 – CARACTERIZAÇÃO DE CARGAS SAZONAIS DA ETE RECANTO DAS EMAS (CAESB/DF) COM A FINALIDADE DE OTIMIZAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DO PROCESSO DE TRATAMENTO

Antônio José de Brito⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília (UnB). Mestrando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pelo PTARH-UnB. Diretor Técnico da CSANEO Engenharia e Consultoria Ambiental.

Ricardo Silveira Bernardes⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP. Doutor em Agricultural and Environmental Sciences PhD pela Wageningen Agricultural University.

Ricardo Tezini Minoti⁽³⁾

Biólogo pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestre e Doutor em Ciência da Engenharia Ambiental (Escola de Engenharia de São Carlos/USP). Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, e do PTARH (UnB).

Endereço⁽¹⁾: Condomínio Solar de Athenas – Módulo J Casa 01 – Grande Colorado – Sobradinho/DF - CEP: 73.105-903 - Brasil - Tel: +55 (61) 98403-8232 - e-mail: ajdebrito@gmail.com

RESUMO

O Distrito Federal se encontra em uma área de recarga de aquíferos importantes a nível nacional e com isso, o tratamento dos efluentes de esgoto se tornam muito significativos para a conservação da qualidade de água dos corpos receptores. Com a população podendo chegar perto dos 3,4 milhões de habitantes em 2040, se torna urgente ampliar o atendimento de coleta e tratamento de esgoto, considerando-se todas as legislações ambientais de lançamento final dos efluentes. Observa-se que as estações de tratamento de esgoto (ETE) são dimensionadas para trabalharem no atendimento da vazão de final do projeto, não oferecendo alternativas para que nesse tratamento ocorra uma variação sazonal em função das vazões afluentes e, conseqüentemente, das cargas poluidoras que chegam até a ETE. O presente trabalho resulta da análise da variação das vazões horárias da ETE Recanto das Emas e suas respectivas cargas, sugerindo que sejam realizados ajustes em projeto e na rotina da operação da unidade, para que o tratamento ocorra em função dessa variação ao longo do dia e dos 3 Quadrimestres definidos em função dos períodos de chuva na região. A estação foi projetada para trabalhar com 246,0 L/s e atende, atualmente, uma média anual de 139,0 L/s, com variações ao longo dos meses e dos dias. Além de verificar os dados que dão suporte às possíveis reduções no custo do tratamento, também há a sugestão de que os novos projetos sejam elaborados com a premissa da diferença de vazão e carga ao longo dos períodos, e que o pedido de outorga para o lançamento final seja sazonal.

PALAVRAS-CHAVE: Carga Poluidora Sazonal, Esgoto Tratado, Redução de Custos.

INTRODUÇÃO

A população do Distrito Federal (DF) cresceu 1,27% de 2020 a 2021, sendo estimada em 3.094.325 habitantes (IBEG, 2021). Em um estudo realizado por Nogales (2006), para o Plano Diretor de Água e Esgoto do DF (CAESB/Themag-Magna), a previsão para o ano de 2020 foi de 2.946.280 pessoas, uma diferença de 4,8%. Nesse mesmo estudo, a população urbana do DF, foi estimada em 3.351.858 habitantes. A taxa de crescimento anual média foi calculada, entre 2020 e 2040, como decrescente e varia de 1,0% a 0,5%.

De acordo com o SNIS (2021), a população do DF atendida com coleta e tratamento de esgotos pela CAESB foi de 2.988.438 habitantes, com um volume total de 134.901.000 m³. Esse valor corresponde a 369.592,0 m³/dia equivalente a um per capita médio de 134,77 L/hab/dia de produção de esgotos.

Projetando-se que a população urbana do DF seja atendida com coleta e tratamento de esgotos, integralmente, até 2040, pode-se deduzir que o volume total de efluente a ser tratado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) será de 451.730,0 m³/dia, um incremento de 22,2% para os próximos 18 anos.

Esse aumento da população traz grandes preocupações sobre os sistemas de infraestrutura das cidades que se tornam metrópoles: água, esgoto, drenagem, resíduos sólidos, energia e mobilidade urbana. No caso do DF, um fator importante se destaca na questão dos efluentes de esgoto, considerando-se que os corpos receptores, para onde são destinados, estão numa região de recarga de aquífero e são pouco caudalosos: as vazões de 4,28 m³/s (2021) e de 5,23 m³/s (2020) podem comprometer, seriamente, os rios, ribeirões, riachos, córregos e, até mesmo, os reservatórios da região, parte deles submetidos a usos múltiplos.

Cresce a necessidade de se estabelecer rotinas que possam aumentar a eficiência de tratamento, reduzindo-se custos e mantendo ou aprimorando a qualidade dos efluentes. Nesse contexto, a avaliação das etapas de tratamento com possíveis reduções de custo, a partir da redução do funcionamento de equipamentos em períodos de menor vazão, podem favorecer a aplicação de recursos financeiros em melhorias das Estações de Tratamento de Esgotos do Distrito Federal.

Assim, utilizando-se a ETE Recanto das Emas como estudo de caso, verifica-se a possibilidade do aumento da eficiência das estações de tratamento de esgotos do DF, com a redução dos custos mantendo-se as características do efluente tratado.

A ETE Recanto das Emas tem o seu efluente tratado lançado no córrego Monjolo, afluente da margem esquerda do rio Ponte Alta, pertencente à Bacia Hidrográfica (BH) do rio Corumbá. A Figura 1 mostra a Unidade Hidrográfica (UH) Ponte Alta e a sua classificação atual que permeia entre classe 2 e 4, conforme o enquadramento atual dos cursos d'água do DF (ADASA, 2020).

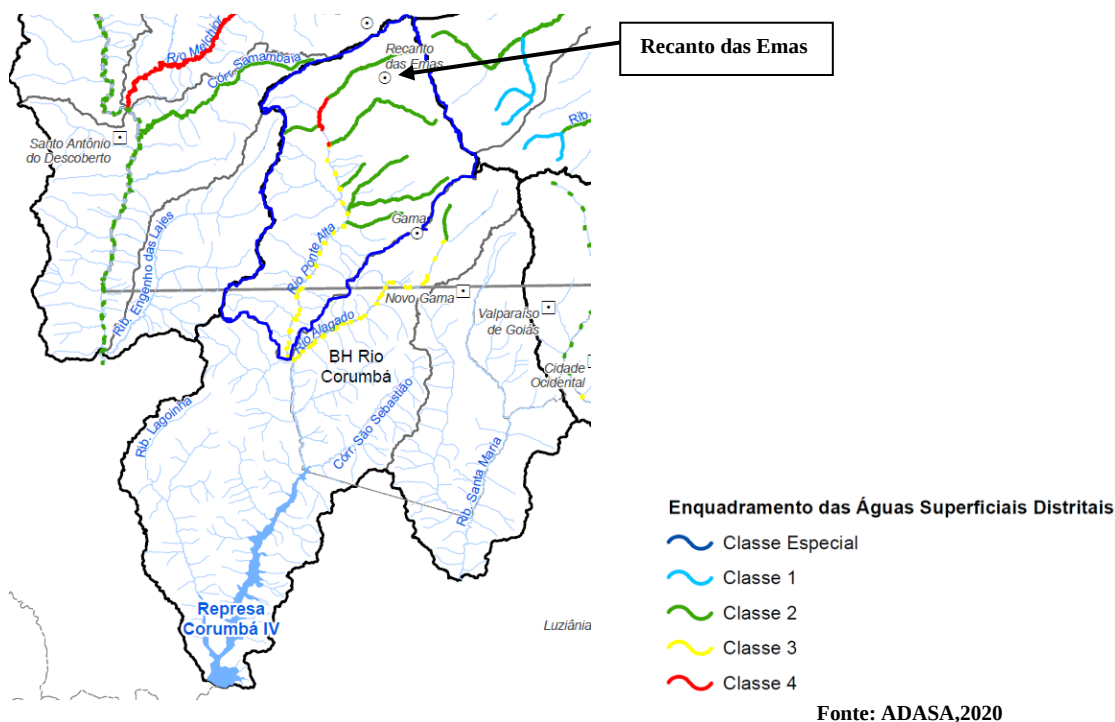


Figura 1 – Unidade Hidrográfica do Rio Ponte Alta e seu enquadramento

A expectativa final para o lançamento do efluente da ETE Recanto das Emas é em um corpo receptor de Classe 3 e a eficiência do tratamento assim está definida.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é, a partir da determinação da variação sazonal das cargas poluidoras (DBO, DQO, NT, PT, SST) na **ETE Recanto das Emas** (DF), em função do hidrograma da vazão média horária de esgoto afluente à unidade de tratamento, determinar a equalização da vazão de entrada e propor a redução do gasto de

energia elétrica no funcionamento de algumas unidades internas, bem como do uso de substâncias químicas e, consequentemente, ter como impacto direto a redução dos custos de operação.

MATERIAIS E MÉTODOS

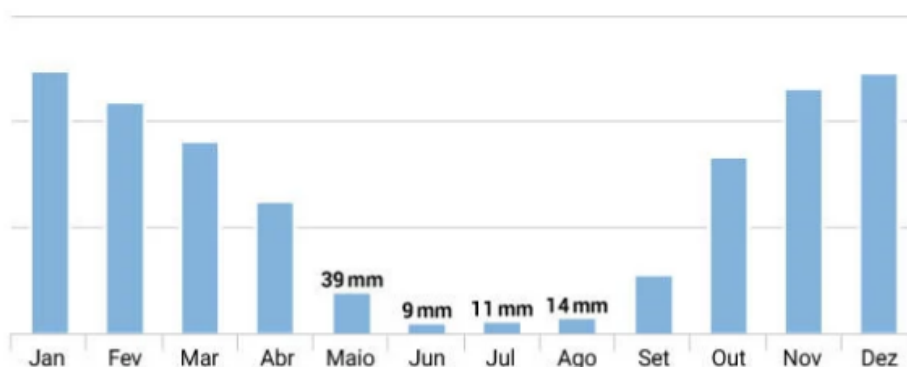
Os dados de vazão que se configuraram no hidrograma de entrada do efluente diário de esgotos das Estações de Tratamento (setembro de 2020 a março de 2022) e as concentrações médias dos parâmetros poluentes (janeiro de 2017 a outubro de 2022), foram disponibilizados pela CAESB, através de solicitação em seu site oficial.

As informações fornecidas são de 14 das 15 ETEs em funcionamento, com dados horários diários de vazão e das concentrações médias semanais ao longo dos períodos. A avaliação dos dados de vazões diárias recebidas se deu conforme a sequência descrita a seguir.

- Separação das informações das vazões diárias e horárias, para os 12 meses do ano, nos períodos de 2020, 2021 e 2022;
- Criação de gráficos com as vazões diárias horárias para cada um dos meses de cada ano;
- Determinação das médias mensais diárias horárias em cada um dos anos e sua curva respectiva;
- Agrupamento das médias mensais anuais e determinação de uma função da variação da vazão horária média para cada mês;
- Agrupamento das médias mensais em três quadrimestres: Jan/Fev/Mar/Abr - Mai/Jun/Jul/Ago - Set/Out/Nov/Dez;
- Plotagem de um gráfico com as médias mensais diárias horárias de acordo com os quadrimestres definidos.

De posse desses dados, foram analisadas as variações das vazões e a sazonalidade dos parâmetros relacionados às cargas poluidoras em função das vazões de entrada. Foram utilizados métodos estatísticos para se realizar as seguintes avaliações e realizar estimativas destacadas:

- Comparação da variação da vazão diária entre os meses estudados;
- Comparação das médias dos meses, divididos nos três 3 Quadrimestres: Q1=Jan/Fev/Mar/Abr; Q2=Maio/Jun/Jul/Ago; Q3=Set/Out/Nov/Dez. Os quadrimestres foram definidos em função da média de chuva observada no DF, conforme Figura 2.

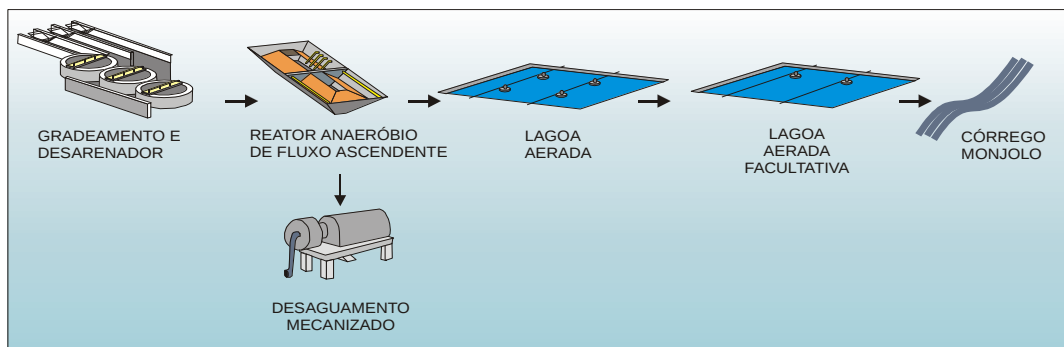


Fonte: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/61/brasil-ia-df>

Figura 2 – Precipitação média mensal do DF

- Determinação das concentrações médias diárias dos poluentes afluentes fornecidas ao longo dos quadrimestres analisados;
- Determinação da variação das cargas médias diárias dos poluentes em função da vazão média de entrada;
- Avaliação da redução de uso de energia elétrica e substâncias químicas do tratamento do efluente em função da sazonalidade das vazões médias diárias e das cargas poluidoras determinadas no estudo.

Foi realizada uma primeira triagem nas estações e a unidade escolhida para esse estudo foi a ETE Recanto das Emas/DF. Identificou-se que o tipo de tratamento realizado na ETE apresenta a seguinte configuração: Reator Anaeróbio com Fluxo Ascendente (RAFA), Lagoa Aerada de Mistura Completa e Lagoa Aerada Facultativa, características de 33% das ETEs do DF. A Figura 3 apresenta o esquema de tratamento.



Fonte: SIESG/CAESB/2014

Figura 3 – Esquema de Tratamento de Esgotos da ETE Recanto das Emas

O funcionamento da ETE Recanto foi obtido a partir de levantamentos em documentos da CAESB, com destaque para os seguintes apontamentos, que fazem referência à Figura 4.

- Um dos objetivos do controle de vazão realizado na ETE é para a aplicação de sulfato de alumínio;
- A dosagem é realizada em 2 períodos: entre 0h e 8h, entre 8h e 0h, podendo ocorrer diferença na concentração dessa dosagem entre as lagoas facultativas (LF) e a lagoa aerada de mistura completa (LAMC);
- O sulfato de alumínio $[Al_2(SO_4)_3]$ é utilizado para redução do fósforo (P) através da decantação do lodo, em todas as etapas do tratamento. A retirada do lodo é realizada por gravidade para a Lagoa de Descarte de Lodo;
- O descarte do lodo na LAMC é realizado através de bombeamento com uso de mangote;
- Quando há ocorrência de chuvas, não há variação na quantidade de sulfato;
- Os aeradores funcionam 24h por dia;
- O controle de qualidade do esgoto afluente à ETE é realizado através de retiradas de amostras no início do processo, sendo 500 mL/h, por um período de 24h, uma vez por semana, de forma automática. Dessa mistura, são encaminhadas amostras para o laboratório onde é realizada a análise do efluente. Na caracterização do esgoto efluente, a ser lançado no corpo receptor, o processo amostral é o mesmo.



Figura 4 – Unidades da ETE Recanto das Emas

RESULTADOS OBTIDOS

Por meio dos dados que se mostraram completos, foi elaborada uma série de tabelas e gráficos a fim de proporcionar uma melhor avaliação desses dados, conforme mostrado a seguir.

- Na determinação das vazões horárias médias, foram computadas todas as informações disponíveis e estimada uma média para cada quadrimestre, apresentadas nos gráficos das Figuras 5 a 7.

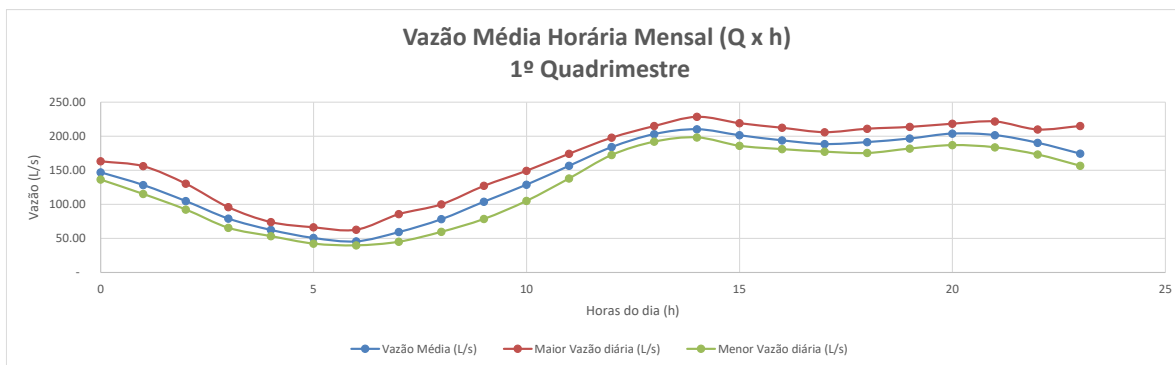


Figura 5 – Variação horária da vazão média mensal do 1º Quadrimestre

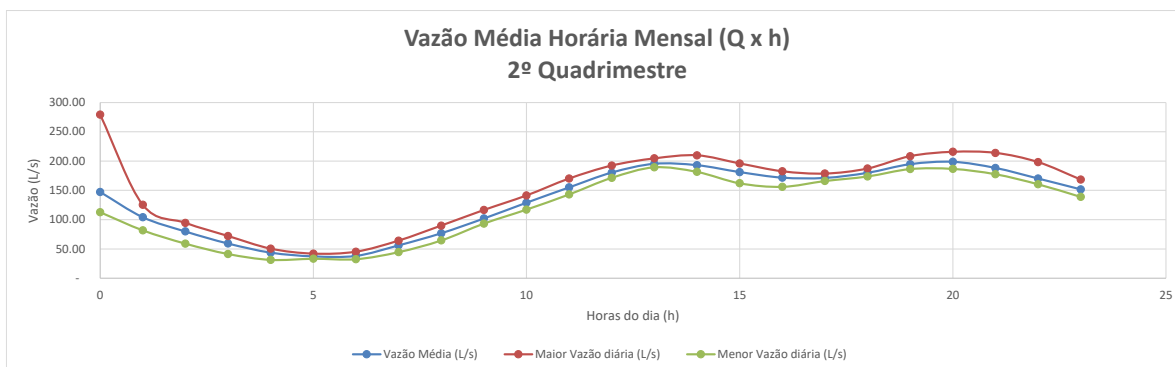


Figura 6 – Variação horária da vazão média mensal do 2º Quadrimestre

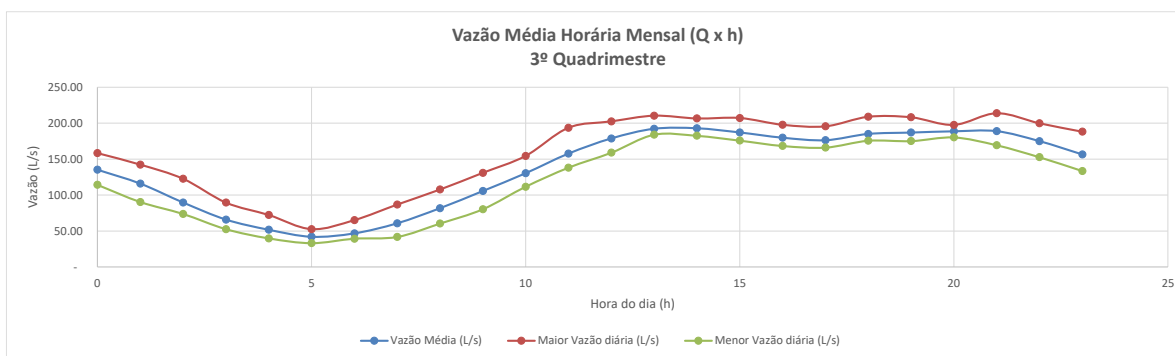


Figura 7 – Variação horária da vazão média mensal do 3º Quadrimestre

- Na determinação das concentrações e cargas poluidoras diárias médias afluentes à ETE Recanto das Emas, foram utilizados os dados de 2020, tendo em vista que possuíam informações das vazões médias diárias e concentrações para todos os meses. Ressalta-se que as concentrações de DBO, DQO, NT, PT e SST são informações de um dia da semana, sendo que as cargas de nitrogênio foram as mais incompletas referentes ao 1º e 2º Quadrimestre. As Tabelas 1 a 5 e as Figuras 8 a 12 apresentam os dados existentes, com médias das cargas por quadrimestre.

Na composição dos gráficos e tabelas devem ser observadas a multiplicação na base 10 para as cargas diárias.

Tabela 1 – Dados de vazão média, concentração e carga total de DBO por dia

Data	Q média (L/s)	DBO (mg/L)	Carga total (kg/dia) x 10 ²	Média DBO (kg/dia) x 10 ²
01-01-20	174.87	407.00	61.49	Primeiro Quadrimestre
07-01-20	176.20	602.00	91.65	
14-01-20	191.86	705.00	116.87	
21-01-20	196.41	563.50	95.63	
28-01-20	194.10	535.00	89.72	
04-02-20	158.90	607.00	83.33	
11-02-20	173.20	377.00	56.42	
18-02-20	184.80	703.00	112.25	
03-03-20	194.00	407.00	68.22	
10-03-20	192.90	433.00	72.17	
29-03-20	186.10	420.00	67.53	
05-04-20	190.60	340.00	55.99	
12-04-20	203.80	408.00	71.84	
19-04-20	195.70	325.00	54.95	
26-04-20	184.00	362.00	57.55	77.04
03-05-20	186.00	400.00	64.28	Segundo Quadrimestre
10-05-20	189.00	399.00	65.16	
17-05-20	156.00	623.00	83.97	
26-05-20	188.00	638.00	103.63	
02-06-20	136.00	520.00	61.10	
09-06-20	137.00	662.00	78.36	
16-06-20	136.00	522.00	61.34	
30-06-20	128.00	585.00	64.70	
14-07-20	104.60	445.00	40.22	
21-07-20	122.80	513.00	54.43	
28-07-20	120.70	525.00	54.75	
04-08-20	114.22	559.00	55.17	
11-08-20	117.77	480.00	48.84	
18-08-20	131.42	709.00	80.51	
27-08-20	119.27	459.00	47.30	64.25
10-09-20	122.00	656.00	69.15	Terceiro Quadrimestre
17-09-20	122.00	636.00	67.04	
24-09-20	115.00	557.00	55.34	
01-10-20	190.00	603.00	98.99	
08-10-20	181.00	607.00	94.93	
15-10-20	186.00	307.00	49.34	
22-10-20	227.00	512.00	100.42	
29-10-20	222.00	525.00	100.70	
05-11-20	139.00	485.00	58.25	
12-11-20	152.00	509.00	66.85	
26-11-20	122.00	521.00	54.92	
15-12-20	137.00	534.00	63.21	
15-12-20	137.00	534.00	63.21	
22-12-20	154.00	438.00	58.28	
29-12-20	142.00	579.00	71.04	71.44
Média	160.72	516.37	70.91	

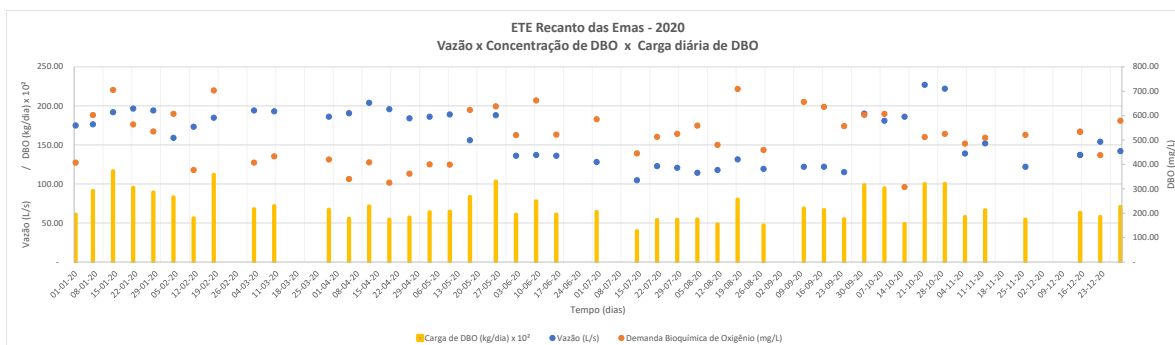


Figura 8 – Variação diária da vazão, da concentração e carga de DBO

Tabela 2 – Dados de vazão média, concentração e carga total de DQO por dia

Data	Q (L/s)	DQO (mg/L)	Carga total (kg/dia) x 10 ²	Média DQO (kg/dia) x 10 ²
01-01-20	174.87	841.74	127.18	Primeiro Quadrimestre
07-01-20	176.20	827.80	126.02	
14-01-20	191.86	992.52	164.53	
21-01-20	196.41	726.28	123.25	
28-01-20	194.10	758.98	127.28	
04-02-20	158.90	923.14	126.74	
11-02-20	173.20	758.62	113.52	
18-02-20	184.80	1,085.30	173.29	
03-03-20	194.00	732.12	122.72	
10-03-20	192.90	772.28	128.71	
17-03-20	204.20	521.84	92.07	
29-03-20	186.10	759.85	122.18	
05-04-20	190.60	485.56	79.96	
12-04-20	203.80	436.08	76.79	
19-04-20	195.70	715.28	120.94	
26-04-20	184.00	856.35	136.14	122.58
03-05-20	186.00	897.77	144.28	Segundo Quadrimestre
10-05-20	189.00	1,075.30	175.59	
17-05-20	156.00	1,106.96	149.20	
26-05-20	188.00	1,197.80	194.56	
02-06-20	136.00	782.00	91.89	
09-06-20	137.00	1,081.00	127.96	
16-06-20	136.00	906.00	106.46	
23-06-20	142.00	879.00	107.84	
30-06-20	128.00	855.00	94.56	
07-07-20	127.10	552.00	60.62	
14-07-20	104.60	693.00	62.63	
21-07-20	122.80	557.00	59.10	
28-07-20	120.70	967.00	100.84	
04-08-20	114.22	1,110.00	109.55	
11-08-20	117.77	744.00	75.70	
18-08-20	131.42	814.00	92.43	
27-08-20	119.27	740.00	76.26	107.61
03-09-20	123.00	980.00	104.15	Terceiro Quadrimestre
10-09-20	122.00	815.50	85.96	
17-09-20	122.00	659.00	69.46	
24-09-20	115.00	895.00	88.93	
01-10-20	190.00	671.00	110.15	
08-10-20	181.00	914.00	142.93	
15-10-20	186.00	757.00	121.65	
22-10-20	227.00	846.00	165.92	
29-10-20	222.00	816.00	156.52	
05-11-20	139.00	593.00	71.22	
12-11-20	152.00	877.00	115.17	
19-11-20	172.00	445.00	66.13	
26-11-20	122.00	899.00	94.76	
08-12-20	142.00	686.00	84.16	
15-12-20	137.00	896.00	106.06	
15-12-20	137.00	896.00	106.06	
22-12-20	154.00	691.00	91.94	
29-12-20	142.00	868.00	106.49	104.87
Média	159.66	810.90	111.34	

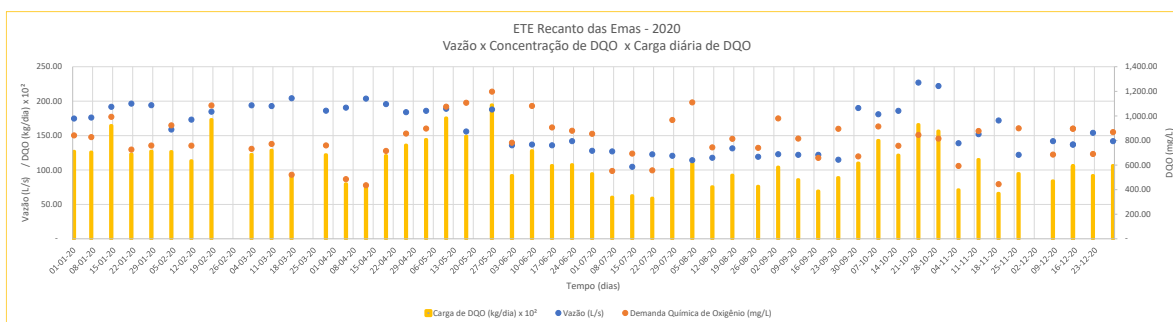


Figura 9 – Variação diária da vazão, da concentração e carga de DQO

Tabela 3 – Dados de vazão média, concentração e carga total de PT por dia

Data	Q (L/s)	PT (mg/L)	Carga total (kg/dia)	Média PT (kg/dia)
01-01-20	174.87	12.2	184.33	Primeiro Quadrimestre
07-01-20	176.20	9.3	141.58	
14-01-20	191.86	14.3	237.05	
21-01-20	196.41	8.4	142.55	
28-01-20	194.10	8.9	149.25	
04-02-20	158.90	10.7	146.90	
11-02-20	173.20	6.8	101.76	
18-02-20	184.80	9.6	153.28	
03-03-20	194.00	8.0	134.09	
10-03-20	192.90	7.2	120.00	
17-03-20	204.20	9.2	162.31	
29-03-20	186.10	14.7	236.36	
05-04-20	190.60	8.4	138.33	
12-04-20	203.80	8.7	153.19	
19-04-20	195.70	8.8	148.79	
26-04-20	184.00	9.1	144.67	156.65
03-05-20	186.00	8.8	141.42	Segundo Quadrimestre
10-05-20	189.00	10.9	177.99	
17-05-20	156.00	10.9	146.91	
26-05-20	188.00	11.1	180.30	
02-06-20	136.00	8.9	104.58	
09-06-20	137.00	9.0	106.53	
16-06-20	136.00	10.7	125.73	
23-06-20	142.00	8.6	105.51	
30-06-20	128.00	9.5	105.06	
07-07-20	127.10	8.8	96.64	
14-07-20	104.60	7.9	71.40	
21-07-20	122.80	11.1	117.77	
28-07-20	120.70	11.5	119.93	
04-08-20	114.22	8.5	83.89	
11-08-20	117.77	10.1	102.77	
18-08-20	131.42	10.1	114.69	
27-08-20	119.27	9.6	98.93	119.09
03-09-20	123.00	11.5	122.21	Terceiro Quadrimestre
10-09-20	122.00	10.7	112.79	
17-09-20	122.00	8.7	91.70	
24-09-20	115.00	9.8	97.37	
01-10-20	190.00	10.0	164.16	
08-10-20	181.00	10.7	167.33	
15-10-20	186.00	8.8	141.42	
22-10-20	227.00	9.0	176.52	
29-10-20	222.00	10.0	191.81	
05-11-20	139.00	8.9	106.89	
12-11-20	152.00	10.8	141.83	
19-11-20	172.00	5.4	80.25	
26-11-20	122.00	7.0	73.79	
08-12-20	142.00	9.0	110.42	
15-12-20	137.00	7.4	87.59	
15-12-20	137.00	7.4	87.59	
22-12-20	154.00	8.5	113.10	124.41
Média	160.01	9.48	131.23	

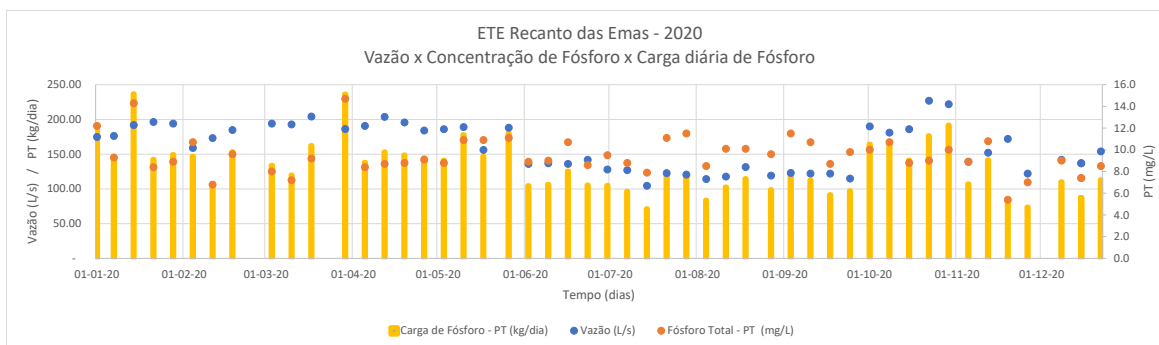


Figura 10 – Variação diária da vazão, da concentração e carga de PT

Tabela 4 – Dados de vazão média, concentração e carga total de SST por dia

Data	Q (L/s)	SST (mg/L)	Carga total (kg/dia) x 10 ²	Média SST (kg/dia) x 10 ²
01-01-20	174.87	265.0	400.39	Primeiro Quadrimestre
07-01-20	176.20	260.0	395.82	
14-01-20	191.86	272.0	450.89	
21-01-20	196.41	224.0	380.13	
28-01-20	194.10	188.0	315.28	
04-02-20	158.90	276.0	378.92	
11-02-20	173.20	148.0	221.47	
18-02-20	184.80	316.0	504.55	
03-03-20	194.00	208.0	348.64	
10-03-20	192.90	224.0	373.33	
17-03-20	204.20	288.0	508.11	
29-03-20	186.10	236.0	379.47	
05-04-20	190.60	148.0	243.72	
12-04-20	203.80	150.0	264.12	
19-04-20	195.70	190.0	321.26	
26-04-20	184.00	271.4	431.46	
				365.74
03-05-20	186.00	302.0	485.33	Segundo Quadrimestre
10-05-20	189.00	300.0	489.89	
17-05-20	156.00	385.2	519.19	
26-05-20	188.00	392.6	637.71	
02-06-20	136.00	208.0	244.41	
09-06-20	137.00	264.0	312.49	
16-06-20	136.00	296.0	347.81	
23-06-20	142.00	284.0	348.43	
30-06-20	128.00	248.0	274.27	
07-07-20	127.10	124.0	136.17	
14-07-20	104.60	144.0	130.14	
21-07-20	122.80	100.0	106.10	
28-07-20	120.70	345.0	359.78	
04-08-20	114.22	432.0	426.34	
11-08-20	117.77	235.0	239.11	
18-08-20	131.42	300.0	340.65	
27-08-20	119.27	204.0	210.22	
				337.14
03-09-20	123.00	405.0	430.40	Terceiro Quadrimestre
10-09-20	122.00	304.0	320.44	
17-09-20	122.00	220.0	231.90	
24-09-20	115.00	375.0	372.60	
01-10-20	190.00	136.0	223.26	
08-10-20	181.00	404.0	631.79	
15-10-20	186.00	236.0	379.26	
22-10-20	227.00	348.0	682.53	
29-10-20	222.00	348.0	667.49	
05-11-20	139.00	108.0	129.70	
12-11-20	152.00	410.0	538.44	
19-11-20	172.00	84.0	124.83	
26-11-20	122.00	355.0	374.20	
08-12-20	142.00	172.0	211.02	
15-12-20	137.00	302.0	357.47	
22-12-20	137.00	302.0	357.47	
22-12-20	154.00	188.0	250.15	
				378.36
Média	160.01	258.50	356.17	

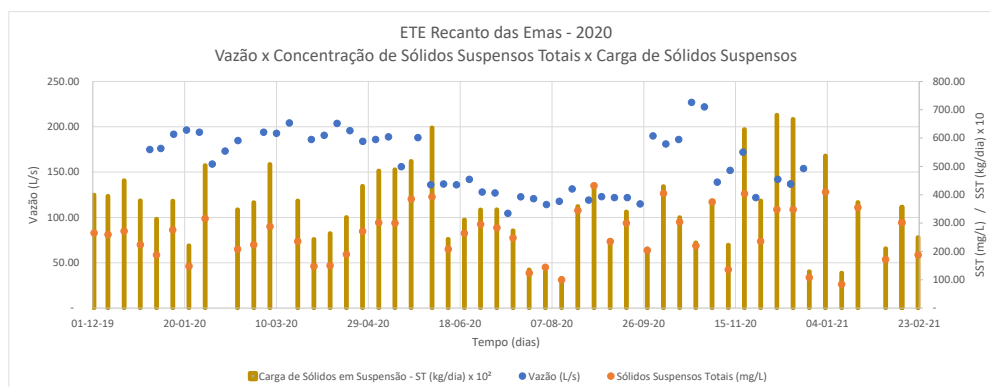


Figura 11 – Variação diária da vazão, da concentração e carga de SST

Tabela 5– Dados de vazão média, concentração e carga total de NT por dia

Data	Q (L/s)	NT (mg/L)	Carga total (kg/dia) x 10	Média NT (kg/dia) x 10
10-03-20	192.90	75.0	125.00	1º Quadri
17-03-20	204.20	83.0	146.44	135.72
17-05-20	156.00	106.0	142.87	2º Quadri
26-05-20	188.00	114.0	185.17	164.02
01-10-20	190.00	86.0	141.18	Terceiro Quadrimestre
08-10-20	181.00	76.0	118.85	
15-10-20	186.00	76.0	122.14	
22-10-20	227.00	83.0	162.79	
29-10-20	222.00	97.0	186.05	
05-11-20	139.00	91.0	109.29	
12-11-20	152.00	97.0	127.39	
19-11-20	172.00	71.0	105.51	
26-11-20	122.00	65.0	68.52	
08-12-20	142.00	79.0	96.92	
15-12-20	137.00	69.0	81.67	
15-12-20	137.00	69.0	81.67	
116.83				
Média	171.76	83.56	125.09	

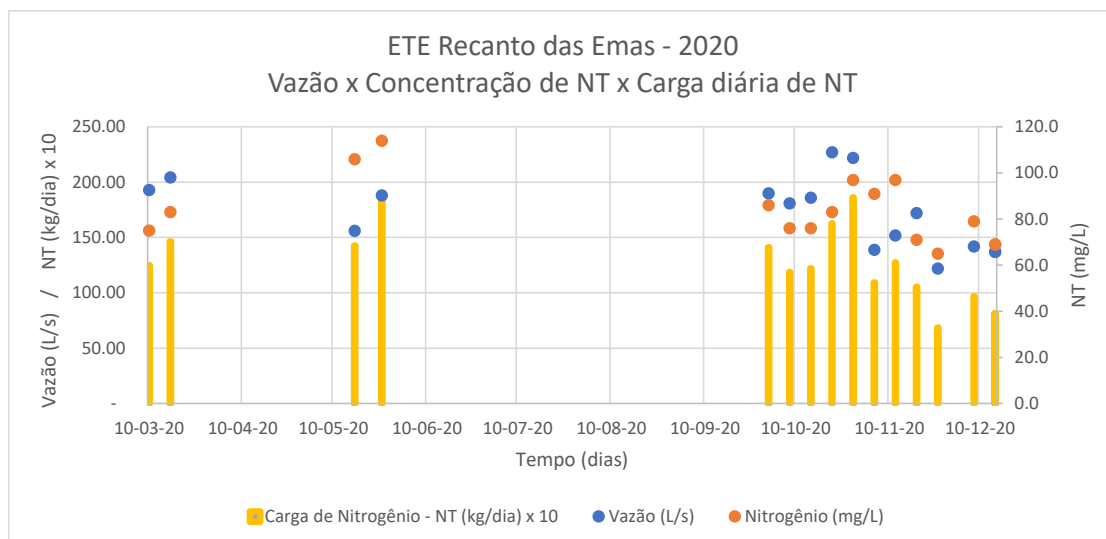


Figura 12 – Variação diária da vazão, da concentração e carga de NT

A variação diária das concentrações dos poluentes e, conseqüentemente, das cargas poluidoras, não apresenta nenhum tipo de sequência, não sendo possível estabelecer uma identidade matemática. Percebe-se que são aleatórias e independentes da vazão ou da época do ano.

Chama a atenção que a menor média da carga dos poluentes acontece, em sua maioria, no 2º Quadrimestre, onde estão os meses com menor índice pluviométrico.

Comparando as cargas médias anuais de todos os poluentes no ano de 2020 com o ano de 2021 para a ETE Recanto das Emas, verifica-se que estão um pouco mais baixas, mas dentro do que se pode considerar numa faixa máxima de 10%. Apenas o nitrogênio tem percentual inferior a 20%, mas também são poucas as informações do 1º e 2º quadrimestres.

A variação de DBO e DQO estão equivalentes nos 3 quadrimestres. Já as vazões médias horárias mensais, nesse período, têm a mesma variação ao longo das 24h do dia, sendo que a maior e a menor vazão, estão no 2º quadrimestre.

A partir das vazões e das cargas médias de cada quadrimestre, foi possível obter a variação horária das cargas poluentes, conforme se mostra nas Figuras 13 a 15. Nessas figuras estão apresentadas as variações das vazões média, máxima e a mínima horária. Além das cargas afluentes à ETE Recanto das Emas ao longo das horas do dia para os 3 Quadrimestres.

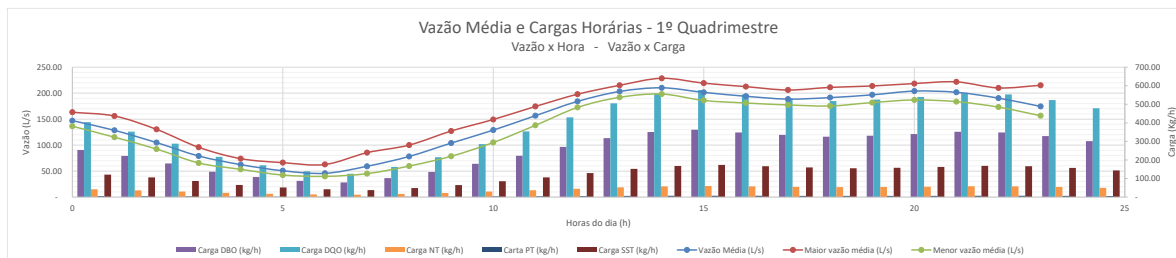


Figura 13 – Variação da vazão e das cargas poluentes médias horárias para o 1º Quadrimestre

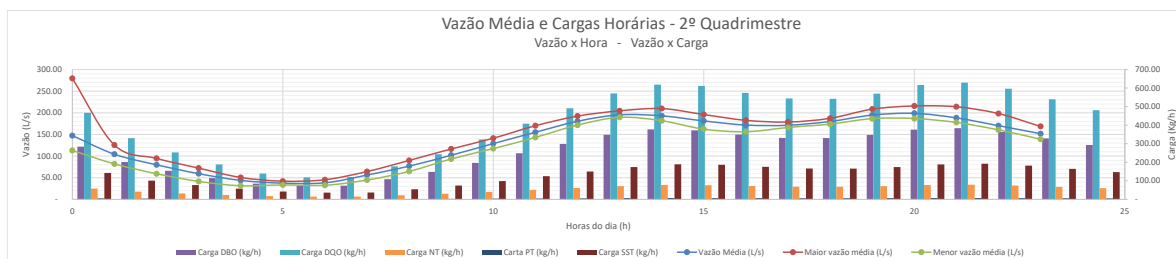


Figura 14 – Variação da vazão e das cargas poluentes médias horárias para o 2º Quadrimestre

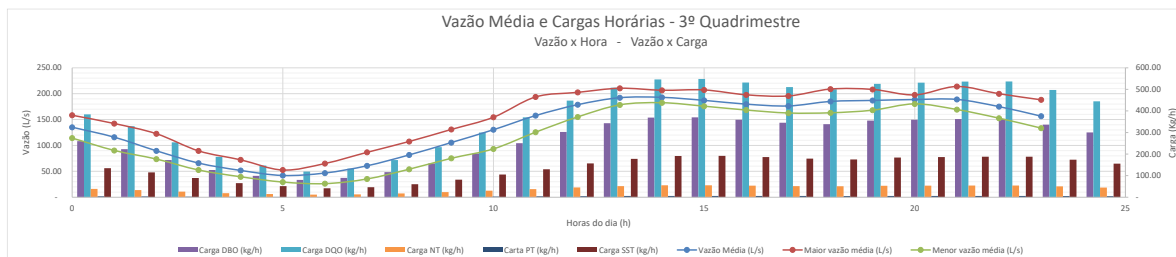


Figura 15 – Variação da vazão e das cargas poluentes médias horárias para o 3º Quadrimestre

Os resultados observados nos gráficos 13 a 15 mostram que as vazões, de fato, seguem uma sequência muito parecida em todos os quadrimestres. Ao se trabalhar com as médias das cargas, também se obter algo muito parecido, ao longo do dia. Como as cargas de fósforo total (PT) são próximas de 5,0 kg/h, nos gráficos quase não são visíveis, mas variam entre 1,32 a 7,27 kg/h nos 3 períodos observados.

Nesse ponto é necessário fazer uma consideração importante, com relação à DBO: nos gráficos por quadrimestre observa-se um leve aumento dessa carga no 2º quadrimestre, no entanto, quando se observa as médias diárias (Tabela 1 e Figura 8), nota-se que a média é menor do que os outros períodos. Como a variação é muito pequena, é possível que ajustes no gráfico possam ter causado essa distorção.

Para ampliar a discussão das informações colhidas e preparadas, a Tabela 6 e a Figura 16, mostram a média da vazão ao longo do ano de 2021 e as concentrações médias afluentes ao longo dos meses. Foi possível constatar a variação mensal média das concentrações de DBO, DQO, NT, PT e SST em função da vazão de entrada em L/s, conforme a Figura 16.

Tabela 6 – Desempenho Operacional da ETE Recanto das Emas - 2021

Desempenho Operacional - ETE Recanto das Emas													
2021													
Dados	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
Vazão (m³)	tratada	386.733	382.346	398.853	371.973	371.690	345.587	333.131	350.189	339.052	367.938	358.002	387.474
	trat./proj.	58.7%	64.2%	60.5%	58.3%	56.4%	54.2%	50.6%	53.1%	53.2%	56.1%	58.8%	56.7%
	efluente	433	478	463	438	658	601	539	524	493	600	590	527
DBO (mg/L)	afluente	23.1	19.8	20.9	20.7	27.9	24.8	23.5	33.1	27.0	17.5	16.2	19.0
	Rem (%)	94.7%	95.9%	95.5%	95.3%	95.8%	95.9%	95.6%	93.7%	94.5%	97.1%	97.3%	96.2%
	Rem (%)	94.7%	95.9%	95.5%	95.3%	95.8%	95.9%	95.6%	93.7%	94.5%	97.1%	97.3%	96.2%
DQO (mg/L)	afluente	755	776	676	658	857	969	971	1.017	791	945	980	865
	efluente	121.8	91.5	116.8	114.0	129.9	122.4	149.0	179.8	135.8	114.0	91.4	101.0
	Rem (%)	83.9%	88.2%	82.7%	82.7%	84.8%	87.4%	84.7%	82.3%	82.8%	87.9%	90.7%	85.7%
NT (mg/L)	afluente	104.3	95.7	98.0	96.0	94.8	96.4	111.8	106.8	115.3	100.3	106.2	88.5
	efluente	81.0	72.7	83.2	87.0	84.3	80.8	88.3	90.3	81.0	81.0	76.0	68.0
	Rem (%)	22.3%	24.0%	15.1%	9.4%	11.1%	16.2%	21.0%	15.5%	29.8%	19.2%	28.4%	23.2%
PT (mg/L)	afluente	11.0	9.6	9.3	8.8	10.0	10.0	10.5	10.3	9.6	10.4	10.8	9.5
	efluente	2.5	1.8	2.8	2.2	2.6	2.5	2.4	3.3	2.1	2.8	1.3	1.8
	Rem (%)	77.3%	81.7%	69.8%	75.5%	73.5%	74.9%	77.2%	68.2%	78.5%	73.3%	87.6%	76.6%
SST (mg/L)	afluente	359	224	225	199	296	322	283	298	216	299	323	283
	efluente	58.2	40.4	45.8	33.0	36.7	35.9	40.9	41.5	28.8	22.5	25.8	35.5
	Rem (%)	83.8%	82.0%	79.6%	83.4%	87.6%	88.9%	85.6%	86.1%	86.7%	92.5%	92.0%	89.8%
E. coli (NMP/100mL)	afluente	1.30E+07	1.70E+07	2.40E+06	1.70E+07	2.40E+07	8.20E+06	7.70E+06	1.00E+07	1.60E+07	1.70E+06	2.00E+07	1.70E+07
	efluente	2.40E+05	2.40E+05	1.30E+05	9.20E+04	1.00E+06	5.20E+05	3.10E+05	1.10E+06	2.00E+05	4.60E+05	5.20E+05	4.2E+05
	Rem (%)	98.1538%	98.5882%	94.5833%	99.4588%	95.8333%	93.6585%	95.9740%	89.0000%	98.7500%	85.8824%	97.7000%	96.9412%

Obs.:

A Partir de setembro de 2015, em cumprimento do artigo 21 parágrafo 3º do CONAMA 430/2011, para a determinação da eficiência de remoção de carga poluidora em termos de DBO para sistemas de tratamento com lagoas de estabilização, a amostra do efluente é filtrada.

Legenda:

DBO - demanda bioquímica de oxigênio

PT - fósforo total

SST - sólidos suspensos

NA - Não analisado

DQO - demanda química de oxigênio

NT - nitrogênio total

E. coli - Escherichia coli

trat./proj. - vazão tratada/vazão de projeto

Fonte: CAESB/2022

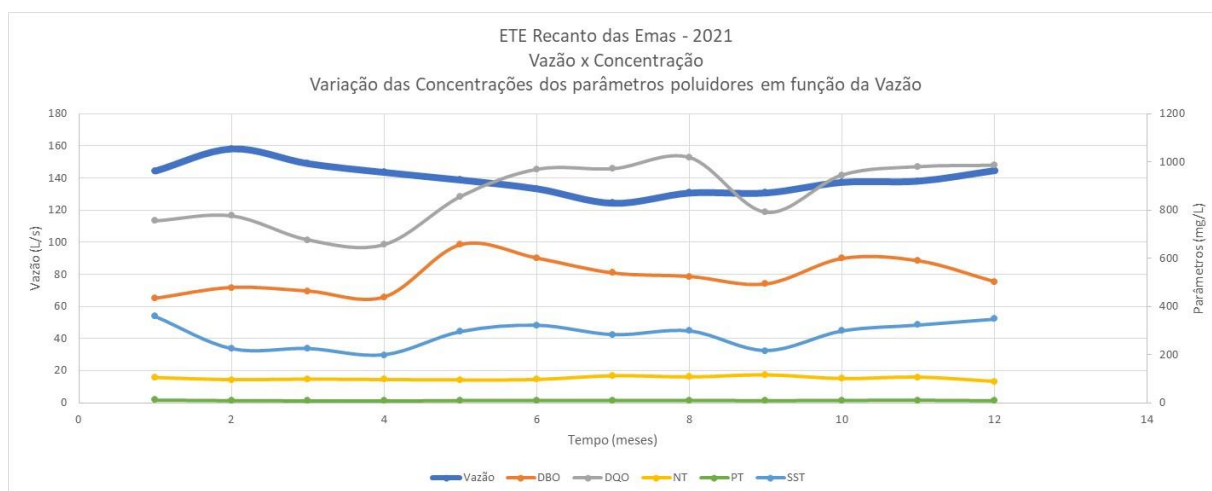


Figura 16 – Média mensal da variação das concentrações poluentes em função da vazão de entrada

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O que se observa na análise de vazão afluente a ETE Recanto das Emas, ao longo dos anos, é que a vazão horária, independente da época do ano, obedece a uma função regular, com picos inferiores por volta da 5h da manhã e picos superiores em 2 momentos do dia: entre 14-15h e entre 20-21h.

A vazão média diária avaliada no ano de 2020 foi de 138,34 L/s e para 2021 de 139,40 L/s, enquanto a vazão de projeto é de 246,0 L/s (CAESB, 2022).

A vazão de entrada no período compreendido entre maio e agosto (2º Quadrimestre), considerados meses de seca no DF, é mais regular com flutuações inferiores entre máximas e mínimas. Com a redução das vazões nesse período, há um ligeiro aumento das cargas orgânicas, mantendo-se dentro da estabilidade os percentuais de Nitrogênio e Fósforo. Importante ressaltar que os dados desses elementos (NT e PT) possuem falhas nas informações recebidas.

É fato que as concentrações calculadas refletem os resultados de 24h de coleta em um dia da semana, e essa média é utilizada para representar a variação existente que ocorre durante todos os dias do mês e para se avaliar as cargas afluentes à ETE Recanto das Emas. Os resultados perseguidos são os da outra ponta: o efluente de lançamento, onde há informações da mesma forma com dados de 24h que refletem o desempenho da Estação de Tratamento. A variação da carga horária para cada um dos elementos poluentes, foram definidos a partir das concentrações médias para cada um dos quadrimestres. A variação apresentada nas Tabelas 1 a 5 e

nas Figuras 8 a 12, demonstram que é possível realizar uma revisão da operação da estação em função das cargas de entrada ao longo do dia.

O funcionamento da ETE Recanto das Emas é preparado para a vazão de final de plano e pode estar utilizando equipamentos e consumo de elementos químicos para redução de fósforo para o lançamento final, em quantidades superiores ao necessário para determinadas horas do dia e mesmo para determinadas épocas do ano. Essa avaliação sugere que alternativas de operação sejam revistas e repensadas, considerando as diferenças de entrada de cargas em determinados horários.

Tomando como exemplo a DQO, a carga média do 1º Quadrimestre em relação ao 2º Quadrimestre é de 20% a mais, e com relação ao 3º é de 10%. No caso do fósforo total (NT), essa variação do 1º Quadrimestre para o 2º é de 31,5% e para o 3º é de 25%.

A implementação de alternativas que possam diferenciar os períodos de maior ou menor inserção de carga no sistema de tratamento, implica em possíveis reduções de funcionamento dos aeradores, ou na quantidade de $Al_2(SO_4)_3$ nas lagoas em determinados períodos do dia, ou em quadrimestres diferentes, e podem justificar a modernização nos equipamentos utilizados atualmente.

Um ponto importante de se destacar é que nos períodos de chuva, meses que correspondem a parte do 1º Quadrimestre e do 3º Quadrimestre, é ainda possível trabalhar a questão da diluição dos compostos devido ao aumento da vazão na estação, possibilitando menor dispêndio de energia nas etapas da unidade.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Atualmente, a concessionária responsável pela ETE Recanto das Emas (DF) opera uma unidade com capacidade de tratamento superior à vazão média que vem sendo observada. Trabalha, também, com valores de outorgas de lançamento final do efluente tratado, independente da capacidade de diluição no córrego Monjolo, afluente do rio Ponte Alta.

As verificações apresentadas ao longo desse trabalho informam que a variação das cargas afluentes ao ETE Recanto das Emas, devem resultar no dimensionamento e funcionamento dos equipamentos e das unidades de tratamento e não se trabalhar com o máximo previsto para a carga de fim de plano. Tendo como objetivo sempre atingir as características do efluente outorgado.

Algumas observações são importantes após a verificação e o trabalho estatístico realizado com todos os dados recebidos.

- Quando se avalia os dados a longo prazo é possível observar que com a tendência do aumento do custo da água, a concentração das cargas poluidoras, tendem a crescer, ampliando a necessidade de diluição;
- Essa questão de maior concentração já ocorre nos meses de seca;
- Nos períodos de menor carga afluente há possibilidade de redução da energia dos aeradores e redução do uso de $Al_2(SO_4)_3$ e mesmo assim, atender à normativa ambiental;
- Revisões no projeto e ajustes na rotina de operação, podem ser alternativas importantes para o tratamento do efluente de esgoto, prevendo-se a variação horária e nos quadrimestres analisados.

Existem muitos dados que podem e devem ser utilizados para uma melhor avaliação dessas alternativas propostas. Como algumas dessas atividades são de fácil implementação, como a variação da quantidade de sulfato de alumínio em função da vazão, sugere-se que a operação da estação elabore a sua rotina em função da vazão e os resultados possam ser avaliados ao longo de um período.

Como recomendações, é possível apresentar o que segue.

- Estudos que possam justificar a solicitação de uma outorga de lançamento sazonal da ETE Recanto das Emas, considerando os quadrimestres analisados em função das variações das cargas afluentes à unidade de tratamento;

- Revisão da outorga de lançamento em função da capacidade de diluição do corpo receptor, evitando-se custos desnecessários ao tratamento;
- Novos projetos devem prever a variação das vazões e das cargas nas estações de tratamento ao longo dos períodos de funcionamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Águas. (ANA) Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília, 2017. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASeESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.
2. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. (ADASA). Relatório de Monitoramento do Atendimento ao Padrão de Lançamento Outorgado pelas ETES no Distrito Federal, nº 21/2019. Brasília-DF, 2020.
3. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. (ADASA). Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Distrito Federal. Brasília-DF, 2021.
4. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. (ADASA). Sistema de Esgotamento Sanitário. Brasília-DF, 2021. Disponível em: <https://www.adasa.df.gov.br/legislacoes/leis-distritais/17-pagina/562-sistema-de-esgotamento-sanitario>. Acesso em: 10 nov. 2022.
5. BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.
6. BRASIL, Resolução CONAMA nº430, de 16 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Publicado no D.O.U.
7. BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto. Brasília-DF, 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento>. Acesso em: 15 nov. 2022.
8. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal. Brasília-DF, 2000.
9. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal. Brasília-DF, 2019.
10. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Estações de Tratamento de Esgoto. Brasília-DF, 2021. Disponível em: <https://atlascaesb.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=9babae05a8a1444180cdf3df83f67fb7>. Acesso em: 15 nov. 2022.
11. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Dados das ETES do DF – 2017 a 2022.
12. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). SIESG – Sistema de Informações de Esgoto Sanitário, 2014.
13. Batista, L. F. Souza, M. A. A. Aptidão dos lodos gerados na Estações de Tratamento de Esgotos no Distrito Federal para condicionamento, utilização e disposição final. Revista DAE, São Paulo. V. 68, n 226. 2020.