

MONITORAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA SANEPAR DE CASCAVEL - ETE SUL

Miguel Angel Uribe Opazo, Bartolomeu Tavares, Rita de Cássia de Souza
(Orientadores/UNIOESTE), e-mail: mopazo@unioeste.br.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas/Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – Cascavel – PR.

Palavras-chave: lagoa de estabilização, eficiência de tratamento, esgoto doméstico.

Resumo:

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do sistema de tratamento de esgoto da Sanepar – Companhia de Saneamento do Paraná, unidade de Cascavel, o qual é composto por lagoas anaeróbias e facultativas, através da análise estatística dos dados obtidos por parâmetros físico-químicos, nas diferentes amostras, coletados durante janeiro de 2007 a outubro de 2008. Dentre os parâmetros físico-químicos selecionados para o estudo, visou-se dar ênfase a 10 parâmetros de qualidade compostos por (Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido), para monitoramento da redução da carga orgânica do processo e (Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total) como fatores diretos de influência no processo de eutrofização e (pH, Sólidos Totais Sedimentáveis e Turbidez) para monitoramento da característica de qualidade sensorial do meio. A motivação principal para o desenvolvimento da pesquisa foi a dificuldade desse tipo de sistema de lagoas de estabilização para atender aos limites de qualidade da água impostos pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, para os corpos receptores de despejos. A hipótese formulada foi a de que o pós-tratamento do efluente de lagoa anaeróbia pode produzir resultados iguais ou superiores a quando aplicado ao efluente de lagoa facultativa, levando à reflexão sobre a utilização destas quando se necessita de eficiência elevada na remoção de nutrientes do esgoto. Na obtenção dos resultados, verificou-se um padrão de homogeneidade constante apenas para o pH em ambos os pontos de coleta. Para os demais parâmetros, os dados dos coeficientes de variação obtidos indicaram heterogeneidade nas dispersões e segundo gráficos de controle individual, ambos os componentes tiveram comportamentos diferenciados para os três pontos de controle. Tendo alguns parâmetros apresentado valores pontuais em desacordo com o padrão de lançamento imposto pela resolução 357/2005 do CONAMA.

Introdução

Esgotos são os despejos provenientes das diversas modalidades do

uso das águas. Os esgotos são compostos de 99,9% de água e 0,1% de matéria sólida. (VON SPERLING, 1996).

O esgoto urbano possui perfil característico que variam de acordo com as características, costumes, hábitos e poder aquisitivo da população de cada região, necessitando assim, de métodos específicos para tratamento, além de monitoração acompanhada de análises que servem para verificar valores de parâmetros como Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO₅, Oxigênio Dissolvido – OD, Demanda Química de Oxigênio – DQO, potencial hidrogeniônico – pH, fósforo total, sólidos sedimentáveis, amônia, temperatura, turbidez, coliformes totais, coliformes termotolerantes e outros utilizados para determinar a eficiência do tratamento e se os efluentes finais atendem a Resolução CONAMA 020/86 no que diz respeito a qualidade do corpo receptor. (SANEAMENTO DE GOIÁS, S.A. – SANEAGO, 2000)

O lançamento de efluente contendo nitrogênio e fósforo é bastante prejudicial, principalmente em lagos e lagoas, pois são os nutrientes que dão suporte ao crescimento de algas, ou seja, estes são, dentre outras substâncias, os responsáveis pelo processo de eutrofização das águas naturais (VON SPERLING, 1994).

O fator limitante para a eutrofização desses corpos d'água é a quantidade de fósforo, pois certas algas são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico, caso este não esteja disponível no meio aquático, já a única fonte de fósforo seria por meio do lançamento do mesmo juntamente com os despejos de esgoto doméstico e/ou industrial (THOMANN e MUELLER, 1987).

Grande parte dos problemas de qualidade dos efluentes das lagoas fotossintéticas está relacionada com o crescimento da biomassa vegetal - algas. Em decorrência disso, é comum que o esgoto tratado possua maior concentração de sólidos em suspensão que à sua entrada, caso seja precedida por uma lagoa anaeróbia. (VON SPERLING, 1994).

Materiais e Métodos

Para análise dos dados obtidos em amostras representativas de esgoto in natura e tratado, coletas no período de janeiro de 2007 a outubro de 2008, agrupou-se os parâmetros analíticos de interesse, em três grupos em função do que se deseja avaliar em relação ao desempenho da ETE - Sul. Taís separações ficaram estabelecidas da seguinte forma:

Grupo 01 (DBO₅, DQO e OD), para avaliar a redução da carga orgânica no tratamento;

Grupo 02 (Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato), para monitorar o comportamento dos nutrientes que influenciam no crescimento biológico e na eutrofização;

Grupo 03 (pH, Sólidos Totais Sedimentáveis e Turbidez) como parâmetro de avaliação sensorial do material em estudo.

Para análise estatística das amostras do estudo, separaram-se os valores obtidos em tabelas, relacionando os parâmetros desejados, a exemplo de (A1 – DBO₅, A2 - DQO, A3 – OD, A4 – Fósforo Total, A5

Nitrogênio Amoniacal, A6 - Nitrito, A7 – Nitrato, A8 – pH, A9 Sólidos Totais Sedimentáveis e A10 Turbidez), em função dos meses seqüenciais, em que se efetuaram as coletas representativas das amostras.

Localização

A Estação de Tratamento de Esgoto da Sanepar ETE Sul fica localizada na região Sul do município de Cascavel e é composta, por dois módulos em paralelo de lagoas anaeróbias que são sincronizadas com lagoas facultativas. O sistema opera recebendo a carga de 146 L s^{-1} , e opera desde sua implantação (1989) sem remoção de lodo acumulado no fundo das lagoas.

Procedimento de Coletas

Os pontos de coleta adotados foram P1 como ponto da entrada na lagoa anaeróbia, P2 na entrada da lagoa facultativa e P3 referente a saída final da ETE Sul, para as lagoas anaeróbias e facultativas respectivamente.

Para assegurar a integridade das amostras, para os parâmetros de DQO, Fósforo total, Nitrato, Nitrito e Nitrogênio Amoniacal, as amostras foram coletadas em frasco de 500 ml, com adição de solução conservante específica.

Para a determinação do OD, as amostras foram coletas em frascos de *winkler* sem a adição de conservante, sendo os frascos mergulhados a no mínimo 20 cm a baixo da superfície, em sentido contrário a corrente, na seqüência enchendo-se completamente e tampando-se cuidadosamente, para evitar a entrada de bolhas de ar. Para as amostras restantes, o processo de coleta foi efetuado em frasco de polietileno de 3 L, sem a adição de conservante.

Metodologia para Determinação dos Parâmetros Analíticos

A metodologia para a determinação dos parâmetros analíticos seguiu os procedimentos recomendados pelo “*Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater*” (APHA, AWWA & WPCF, 21ª edição de 2005).

Metodologia para Análise Estatística dos dados

Para análise estatística dos dados utilizou-se o programa Minitab versão 14, para análise exploratória de valores obtidos, das vinte e duas coletas realizadas no período de 15 de Janeiro de 2007 a 20 de Outubro de 2008, referentes a entrada da lagoa anaeróbia (P1), entrada da lagoa facultativa (P2) e efluente final da ETE Sul (P3). São analisadas as estatísticas de posição e dispersão para avaliar a tendência dos dados, assim como a dispersão e homogeneidade. Ainda se utilizou nesse estudo de Gráficos de Controle individual, para os dez parâmetros estudados. Estes gráficos foram construídos com limites de ± 03 desvios padrões.

Metodologia da Análise de Correlação entre Atributos

A maioria dos métodos de ligação entre dois caracteres, baseia-se na análise das dependências lineares entre as variáveis do estudo. Esta análise de dependência ou ausência linear entre dois atributos é pesquisada por dois pontos de vista: quantificando a “força” dessa relação e explicando a forma dessa relação. É estudado o coeficiente de correlação linear de *Pearson* para os dez parâmetros em estudo, assim como, sua significância.

Resultados e Discussão

Análise Exploratória dos Dados

A análise estatística dos dados de monitoramento do comportamento dos nutrientes, através dos parâmetros físico-químicos realizados segue nas Tabelas 1 a 3.

Tabela 1. - Análise Estatística do Comportamento dos Nutrientes na Lagoa Anaeróbia (N=22 observações)

Variáveis	Média	DP	CV(%)	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DBO ₅ -P1	167,4	129,2	77,21	25,7	76,8	145,8	210,9	623,8
DQO-P1	329,2	250,6	76,11	57,0	158,3	311,5	435,5	1247,5
OD-P1	0,255	0,852	334,61	0,0	0,0	0,0	0,0	3,90
PO ₄ -P1	4,45	1,956	43,94	1,52	2,55	4,605	5,240	8,83
NH ₃ -P1	56,3	55,5	98,68	23,4	34,9	42,9	50,8	286,7
NO ₂ -P1	0,278	0,3766	135,43	0,0	0,017	0,125	0,47	1,59
NO ₃ -P1	5,26	6,67	126,85	0,25	1,76	3,96	6,39	32,92
pH-P1	7,511	0,2531	3,37	7,05	7,35	7,51	7,71	7,96
ST Sed-P1	4,655	2,522	54,19	1,0	2,18	4,95	6,85	9,0
Turbid.-P1	74,21	44,60	60,09	11,80	33,92	67,45	109,50	171,0

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Na Tabela 1, pode se observar que o coeficiente de variação (C.V.) para os parâmetros analisados com exceção do pH, nas coletas referentes a entrada da lagoa anaeróbia, apresentam-se superior a 20%, revelando elevada heterogeneidade dos dados obtidos em relação à suas médias. Para o pH, o coeficiente de variação (C.V.) foi inferior a 10%, o que configura a alta homogeneidade das medidas, obtidas em relação a média, assim como, baixa dispersão dos dados. Tal fato pode ser explicado devido as seguintes condições: os valores dos parâmetros analisados dependem da atividade biótica do meio, sazonalidade, temperatura ambiente e radiação solar. O número de amostras coletadas durante o estudo, (22 amostras), abrange todas as estações climáticas do ano, ocorrendo a grande variação de temperatura e conseqüentemente grande modificação na atividade da fauna, o que reflete significativamente nos valores finais obtidos durante o monitoramento

Tabela 2. - Análise Estatística do Comportamento dos Nutrientes na Lagoa Facultativa (N = 20 observações)

Variáveis	Média	DP	CV(%)	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DBO ₅ -P2	53,45	17,73	33,18	22,6	37,35	56,20	64,35	95,9
DQO-P2	120,75	40,34	33,41	73,0	87,75	118,00	129,75	214,0
OD-P2	0,025	0,1118	447,21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
PO ₄ -P2	4,003	1,745	43,58	1,15	3,13	3,51	4,79	8,66
NH ₃ -P2	42,0	47,5	113,06	14,0	25,0	32,4	38,4	240,0
NO ₂ -P2	0,0076	0,0194	257,53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,08
NO ₃ -P2	6,052	2,767	45,72	0,80	4,59	6,84	7,26	13,54
pH-P2	7,106	0,2841	4,00	6,49	6,88	7,10	7,29	7,81
ST Sed-P2	0,108	0,0545	50,67	0,0	0,10	0,10	0,10	0,20
Turbidez-P2	25,90	12,52	48,32	9,30	15,65	22,10	36,88	53,0

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Observa-se na Tabela 2, comportamento semelhante ao observado na tabela 01.

Tabela 3 - Análise Estatística do Comportamento dos Nutrientes no Efluente Final da ETE Sul (N =21 observações)

Variáveis	Média	DP	CV(%)	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DBO ₅ -P3	52,03	30,76	59,12	15,80	30,4	43,66	64,75	147,0
DQO-P3	122,1	52,9	43,32	22,0	90,0	118,0	142,5	294,0
OD-P3	4,59	3,225	70,33	0,00	1,80	3,90	7,0	11,80
PO ₄ -P3	3,24	1,127	34,78	1,87	2,58	2,90	3,635	6,15
NH ₃ -P3	18,35	11,54	62,89	5,32	8,83	16,60	22,05	52,5
NO ₂ -P3	1,539	3,044	197,77	0,0	0,0	0,0	1,107	8,95
NO ₃ -P3	4,854	3,383	69,69	0,0	1,2	6,15	8,005	9,66
pH-P3	7,99	0,47	5,86	7,00	7,725	7,92	8,405	8,78
St Sed-P3	0,095	0,063	66,21	0,00	0,05	0,10	0,10	0,30
Turbidez-P3	60,7	46,4	76,45	15,2	20,9	43,6	107,8	147,0

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Observando-se na Tabela 3, assim como, nas entradas das lagoas, o comportamento dos nutrientes observado na saída final da ETE Sul, apresentou resultado semelhante, no referente a heterogeneidade dos parâmetros avaliados, tendo o coeficiente de variação (C.V.) alto, com exceção do pH que tem um c.v. de 5,86%, caracterizando uma baixa dispersão linear.

Comparando-se valores médios de DBO₅ e DQO da entrada e saída da lagoa anaeróbia e saída da lagoa facultativa, pode-se observar a eficiência na redução da carga orgânica do meio. A partir destas médias, pode-se dizer que a lagoa anaeróbia cumpriu sua atividade de maneira a não necessitar de um pós tratamento. O comportamento do OD ficou dentro do esperado, pois a elevação na concentração desse composto ocorre na lagoa facultativa, através da atuação de organismos fotossintetizantes característicos da biota de lagoas de estabilização.

Para o comportamento do nitrogênio pode se observar a partir de suas médias (Tabelas 1 a 3), que houve uma redução ao longo de todo o processo, e tanto a lagoa anaeróbia como a lagoa facultativa, mostraram eficiência na minimização desse componente ao meio.

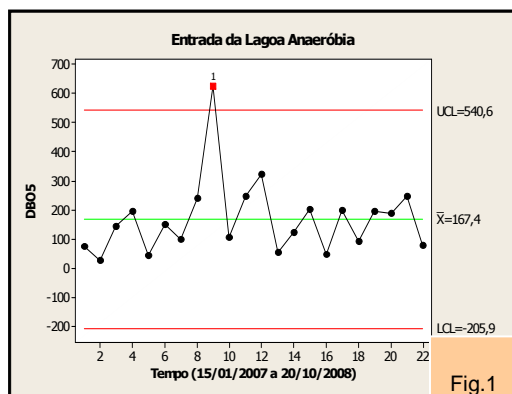
O nitrito mostrou-se com média reduzida ao entrar na lagoa facultativa, porém no efluente final, valores elevados de nitrito foram encontrados. Isso revela a possível atividade de bactérias nitrificantes no meio, as quais convertem o nitrogênio em nitrito, estes processos de desnitrificação e nitrificação, mediados por alguns gêneros de bactérias, são altamente dependentes das condições de oxigenação, pH e temperatura do meio, variáveis que podem interferir na transformação e destino do nitrogênio em lagoas facultativas. Tal fenômeno indica a necessidade de um monitoramento constante e medidas operacionais que visem a minimização desse impacto ambiental, no momento do lançamento desse efluente no corpo receptor, em função da toxicidade desse composto químico.

Para a turbidez, as médias obtidas durante o estudo, mostram uma redução inicial da lagoa anaeróbia para a facultativa. Isso se deve em função da redução da carga orgânica ocorrida em condições de anaerobiose. Porém da lagoa facultativa para o efluente final, foi observado (Tabelas 2 e 3) um aumento médio considerável, e isso pode ser entendido, através do crescimento de algas nesta lagoa, as quais contribuem para a elevação da turbidez do meio, em função do tamanho de seu corpo celular.

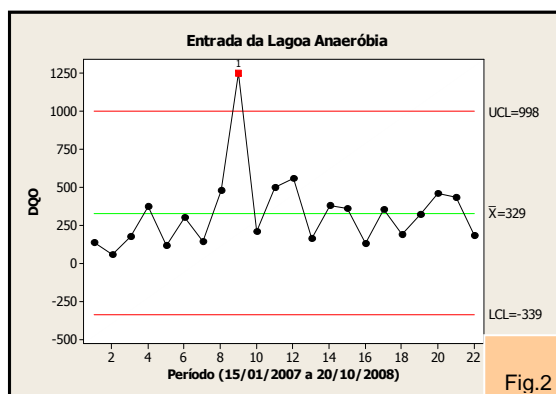
Análise dos Gráficos de Controle Individual para os Parâmetros em Estudo

A seguir apresentamos os gráficos de controle individual para a média dos diferentes parâmetros analisados nos três pontos das lagoas com amostras coletas no período de 15/01/2007 a 20/10/2008.

Entrada da Lagoa Anaeróbia



Fonte: Médias de DBO₅ (mg L⁻¹)



Fonte: Médias DQO (mg L⁻¹)

Entrada da Lagoa Facultativa

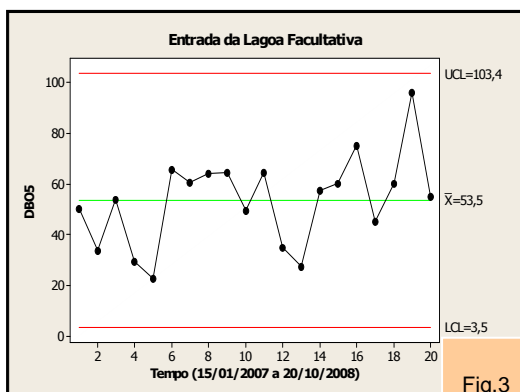


Fig.3

Fonte: Médias de DBO₅ (mg L⁻¹)

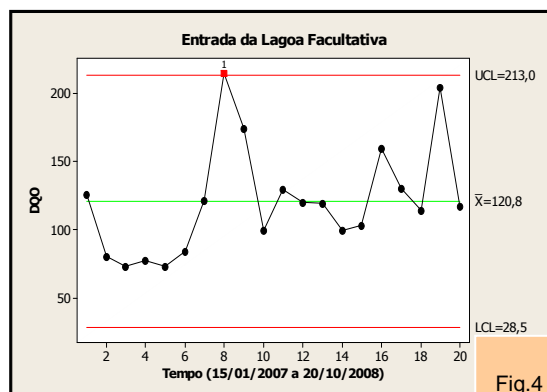


Fig.4

Fonte: Médias de DQO (mg L⁻¹)

Saída Final da ETE Sul

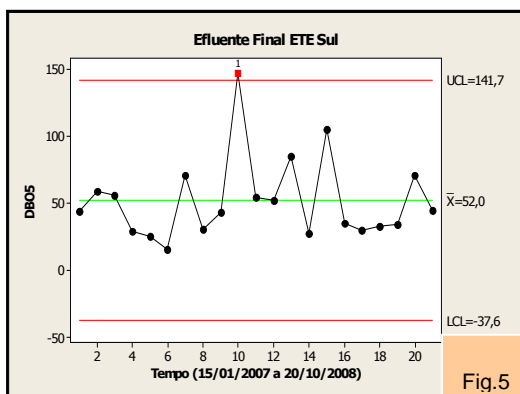


Fig.5

Fonte: Médias de DBO₅ (mg L⁻¹)

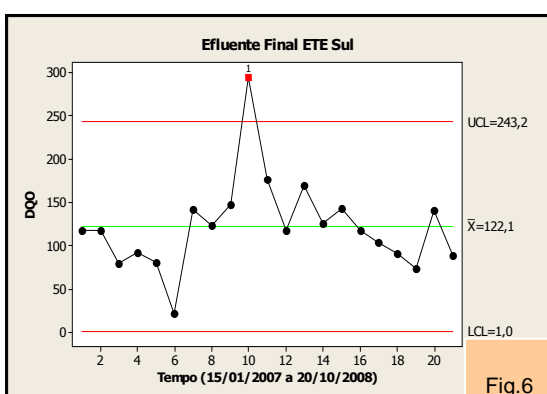


Fig.6

Fonte: Médias de DQO (mg L⁻¹)

Na Tabela 4, apresenta-se os resultados obtidos a partir dos Gráficos de Controle Individual das médias de cada parâmetro monitorado em relação aos pontos de coleta.

Tabela 4 - Estudo do Comportamento dos Nutrientes pelo Gráfico de Controle Individual

Parâmetros	Lagoa Anaeróbia	Lagoa Facultativa	Saída da Lagoa
DBO ₅	Fora de controle	Sob Controle	Fora de Controle
DQO	Fora de controle	Fora de Controle	Fora de Controle
OD	Fora de controle	Fora de Controle	Sob Controle
PO ₄	Sob Controle	Fora de Controle	Fora de Controle
NH ₃	Fora de controle	Fora de Controle	Fora de Controle
NO ₂	Fora de controle	Fora de Controle	Fora de Controle
NO ₃	Fora de controle	Fora de Controle	Fora de Controle
pH	Sob Controle	Sob Controle	Sob Controle
S.Sedimentável	Sob Controle	Fora de Controle	Fora de Controle
Turbidez	Sob Controle	Sob Controle	Fora de Controle

Fonte: Resultados da Pesquisa com Gráficos de Controle Individual.

Segundo a Tabela 4 na Lagoa Anaeróbia os parâmetros PO₄, pH, S.T. Sedimentáveis e Turbidez, estão sob controle estatístico no período em

estudo.

Análise dos Parâmetros por Grupos

Os parâmetros foram analisados em três grupos principais, e com base na verificação dos gráficos de controle individual, em relação ao comportamento dos nutrientes monitorados nas diferentes amostras coletadas no estudo, pode-se indicar que:

Grupo 1: Verificação do Comportamento de DBO₅, DQO e OD

Analisando o comportamento dos parâmetros pode-se perceber que a DBO₅ alterna seu desempenho nas diferentes lagoas observadas. Na lagoa anaeróbia e no efluente final valores da DBO₅ obtidos ficaram fora de controle apresentando, porém, um bom comportamento na entrada da lagoa facultativa, com valores sob controle.

A DQO apresentou comportamento constante e fora do controle em ambos os pontos monitorados, no estudo. Já o OD, manteve-se fora do controle em ambas as entradas das lagoas e após o processamento desse nutriente na lagoa de estabilização, ou lagoa facultativa teve seu desempenho melhorado, o que ficou caracterizado no gráfico de controle individual para a saída final da ETE Sul.

O comportamento do OD em relação a DBO₅ e DQO, na saída da lagoa facultativa, apresentou correlação forte. O valor máximo de OD nesse ponto ficou registrado em 11,8 mg L⁻¹ de O₂. Isso ocorre em função do elevado crescimento de organismos autotróficos nessa lagoa de estabilização, os quais promovem oxigenação do meio e paralelamente a redução da carga orgânica sinalizada pela DBO₅ e DQO, indicam redução do crescimento bacteriano e conseqüentemente redução no consumo de oxigênio.

O valor máximo para o OD na saída da lagoa anaeróbia é baixo, porém compreensível, pois não cabe a lagoa anaeróbia em função da elevada carga orgânica, contribuir com o aumento na concentração de oxigênio no meio. A elevação na quantidade de OD durante o processo de estabilização dos nutrientes que ocorre na lagoa facultativa é acentuada, apresentando o valor máximo de OD (tab. 3), observado na saída final do efluente. Pode-se, com isso, considerar tal valor satisfatório, quando comparado a literatura sugerida para lagoas do tipo facultativa. PEDRELLI (1997) encontrou valores de oxigênio dissolvido em lagoas facultativas variando entre 1,0 mg L⁻¹ a 15 mg L⁻¹ de O₂.

Grupo 2: Verificação do Comportamento de PO₄, NH₃, NO₂ e NO₃

Os valores de fósforo total obtidos durante o estudo, para o efluente final da lagoa facultativa, atendem aos padrões legais vigentes, segundo CONAMA Nº. 357/2005. Ficando em limites inferiores a 10 mg L⁻¹.

O efluente da lagoa, com média de nitrogênio amoniacal de 18,35 mg

L⁻¹, e valores máximos de 52,50 mg L⁻¹ e mínimos de 5,32 mg L⁻¹, quando comparado às médias das entradas das lagoas respectivamente (Tabelas 1, 2 e 3), apresentou uma redução considerável.

Grupo 3: Verificação do Comportamento de pH, Sólidos Totais Sedimentáveis e Turbidez

Na análise do comportamento dos parâmetros do grupo 3 pode-se notar que apenas o pH, apresentou com seu desempenho sob controle em ambos os pontos monitorados.

A concentração média de sólidos sedimentáveis no esgoto afluente da lagoa anaeróbia foi de 4,6 mg L⁻¹, com variações entre os valores mínimo e máximo de 1,0 mg L⁻¹ a 9,0 mg L⁻¹. O esgoto efluente da lagoa facultativa apresentou uma concentração média de sólidos de 0,11 ml L⁻¹, com valores mínimos e máximos de 0,0 ml L⁻¹ a 0,20 ml L⁻¹ e para o efluente a média ficou em 0,095 ml L⁻¹, com oscilação entre os valores mínimos e máximos de 0,0 ml L⁻¹ e 0,3 ml L⁻¹. A finalidade deste parâmetro é medir a quantidade de sólidos em suspensão grosseiros que pode ser retirada por decantação simples.

Estudo de Correlação Linear de Pearson dos parâmetros por Lagoas

Tabela 5. Correlação Linear de Pearson dos parâmetros analisados da Lagoa Anaeróbia

Variáveis	DBO ₅ -P1	DQO-P1	OD-P1	PO ₄ -P1	NH ₃ -P1	NO ₂ -P1	NO ₃ -P1	PH-3	S.Sed-P1
DQO-P1	<u>0,977</u> (0,000)								
OD-P1	-0,319 (0,148)	-0,315 (0,154)							
PO ₄ -P1	<u>0,649</u> (0,001)	<u>0,702</u> (0,000)	<u>-0,432</u> (0,045)						
NH ₃ -P1	0,088 (0,697)	0,188 (0,402)	-0,169 (0,451)	<u>0,578</u> (0,005)					
NO ₂ -P1	-0,013 (0,953)	-0,056 (0,805)	-0,155 (0,492)	<u>-0,447</u> (0,037)	-0,180 (0,423)				
NO ₃ -P1	0,152 (0,499)	0,099 (0,661)	0,164 (0,466)	-0,316 (0,152)	-0,008 (0,972)	<u>0,691</u> (0,000)			
pH-P1	-0,152 (0,500)	-0,141 (0,533)	0,112 (0,621)	-0,095 (0,674)	0,035 (0,877)	0,053 (0,82)	-0,006 (0,979)		
S.Sed-P1	<u>0,557</u> (0,007)	<u>0,576</u> (0,005)	<u>-0,438</u> (0,042)	<u>0,621</u> (0,002)	<u>0,558</u> (0,007)	0,013 (0,96)	0,177 (0,430)	-0,404 (0,062)	
Turb.-P1	<u>0,692</u> (0,000)	<u>0,660</u> (0,001)	-0,414 (0,056)	<u>0,596</u> (0,003)	0,249 (0,264)	-0,03 (0,89)	0,084 (0,709)	-0,303 (0,170)	<u>0,67</u> (0,00)

Entre parenteses são apresentados os níveis descritivos p-valor;

As correlações sinalizadas com traço são significativas a 5% de probabilidades.

Os dados da Tabela 5 mostram que o comportamento da correlação da DBO₅ em relação a DQO apresenta uma associação linear muito forte. Isso é confirmado com valores da DBO₅ em função da DQO apresentarem significância de 5%, de probabilidade. O fato desses parâmetros apresentarem uma correlação linear forte é entendido pelo fato da DBO₅

estar dependente o desenvolvimento bacteriano no meio, e ambos estarem diretamente relacionados a concentração de carga orgânica do meio.

Observando o comportamento do fósforo total na lagoa anaeróbia (Tabela 5) pode verificar uma correlação linear moderada positiva em relação aos valores de DBO₅, e moderada negativa com o OD, assim como, uma associação forte entre o fósforo total e a DQO do meio. Estas associações apresentam significância de 5% de probabilidade.

Na lagoa anaeróbia, os sólidos totais sedimentáveis apresentaram correlação linear moderada positiva com a DBO₅, DQO, o nitrogênio amoniacal, fósforo total e pH, e associação linear moderada e negativa com o OD. Em ambas as correlações moderadas tanto positivas como negativa, apresentaram significância de 5% de probabilidade em relação às medidas obtidas.

Tabela 6. Correlações Linear de Pearson dos Parâmetros da Lagoa Facultativa

	DBO ₅ -P2	DQO-P2	OD-P2	PO ₄ -P2	NH ₃ -P2
DQO-P2	<u>0,641</u> (0,002)				
OD-P2	0,143 (0,548)	<u>0,544</u> (0,013)			
PO ₄ -P2	0,179 (0,450)	0,416 (0,068)	0,273 (0,243)		
NH ₃ -P2	-0,269 (0,252)	0,061 (0,797)	-0,017 (0,944)	-0,015 (0,949)	
NO ₂ -P2	-0,125 (0,600)	-0,185 (0,434)	-0,091 (0,702)	-0,079 (0,740)	-0,060 (0,803)
NO ₃ -P2	-0,241 (0,306)	-0,187 (0,431)	0,124 (0,602)	0,060 (0,801)	-0,386 (0,093)
pH-P2	-0,025 (0,917)	0,264 (0,260)	0,335 (0,149)	0,273 (0,245)	-0,078 (0,743)
ST Sed-P2	-0,049 (0,839)	-0,160 (0,502)	-0,248 (0,291)	<u>-0,513</u> (0,021)	-0,064 (0,789)
Turbid.-P2	0,304 (0,193)	0,180 (0,448)	-0,126 (0,597)	0,051 (0,831)	-0,093 (0,696)
	NO ₂ -P2	NO ₃ -P2	pH-P2	ST.Sed-P2	
NO ₃ -P2	0,138 (0,561)				
pH-P2	0,412 (0,071)	0,087 (0,716)			
ST Sed-P2	0,406 (0,076)	-0,120 (0,614)	0,186 (0,433)		
Turbid.-P2	-0,218 (0,357)	0,152 (0,522)	-0,372 (0,106)	-0,348 (0,132)	

Entre parenteses são apresentados os níveis descritivos p-valor;

As correlações sinalizadas com traço são significativas a 5% de probabilidades.

Na lagoa facultativa, (Tabela 6), a DQO apresentou uma associação linear positiva e moderada.

O nitrito apresentou em sua dinâmica de comportamento uma correlação linear moderada e positiva com a DBO₅, DQO e nitrato, forte e positiva com o OD, fósforo total e nitrogênio amoniacal do meio.

Uma associação linear moderada foi observada entre o sólido total

sedimentável e o nitrito e moderada e negativa com o fósforo total. Esta última associação linear apresentou significância nas medidas obtidas para o comportamento desses nutrientes na lagoa facultativa.

Tabela 7. Correlações Linear de Pearson dos Parâmetros analisados do Efluente Final da ETE Sul

	DBO ₅ -P3	DQO-P3	OD-P3	PO ₄ -P3	NH ₃ -P3
DQO-P3	<u>0,829</u> (0,000)				
OD-P3	0,055 (0,812)	-0,072 (0,758)			
PO ₄ -P3	0,165 (0,475)	0,401 (0,072)	0,176 (0,446)		
NH ₃ -P3	0,070 (0,764)	0,155 (0,502)	0,043 (0,853)	<u>0,708</u> (0,000)	
NO ₂ -P3	0,257 (0,260)	0,007 (0,977)	0,375 (0,094)	-0,131 (0,573)	-0,398 (0,074)
NO ₃ -P3	-0,109 (0,639)	0,148 (0,522)	-0,149 (0,518)	0,278 (0,222)	0,365 (0,103)
pH-P3	0,300 (0,186)	0,393 (0,078)	<u>0,530</u> (0,013)	0,331 (0,142)	0,223 (0,331)
S.Sed-P3	0,301 (0,185)	0,173 (0,455)	0,255 (0,264)	0,141 (0,541)	0,385 (0,085)
Turbid.-P3	<u>0,629</u> (0,002)	<u>0,538</u> (0,012)	-0,101 (0,662)	-0,288 (0,206)	-0,341 (0,130)
	NO ₂ -P3	NO ₃ -P3	pH-P3	S.T.Sed.-P3	
NO ₃ -P3	<u>-0,590</u> (0,005)				
pH-P3	-0,080 (0,730)	-0,081 (0,726)			
S.Sed-P3	0,157 (0,496)	-0,243 (0,289)	0,232 (0,311)		
Turbid.-P3	0,276 (0,227)	-0,058 (0,804)	0,091 (0,693)	-0,156 (0,500)	

Entre parenteses são apresentados os níveis descritivos p-valor;
As correlações sinalizadas com traço são significativas a 5% de probabilidades.

No efluente final da lagoa facultativa a associação linear entre a DBO₅ e a DQO é forte e obteve-se uma significância de 5% de probabilidade.

Para o OD, foi observado, (Tabela 7), uma associação linear muito fraca e positiva com a DBO₅ e muito fraca e negativa com a DQO. Tal fato indica que à medida que valores obtidos de DQO diminuem os valores de OD aumentam, e isso é favorável, pois assegura que, o efluente final está em boa condição de qualidade, em razão da menor concentração de carga orgânica o que reflete em maior aeração da amostra, e menos impacto ao ser lançado junto ao corpo receptor, no caso da ETE Sul, o Rio Quati.

O fósforo total apresentou correlação linear moderada e positiva com a DQO e muito fraca com a DBO₅ e o OD. Isso pode ser entendido em função da atividade dos organismos fotossintetizantes atuantes na lagoa facultativa.

A associação entre o fósforo total e o nitrogênio amoniacal é forte, positiva e significativa em 5% de probabilidade. Essa correta medição no

desempenho desses nutrientes pode ser entendida em função da necessidade desses compostos pelos organismos autotróficos, em suas atividades metabólicas.

Conclusão

Conforme os resultados das análises para a caracterização físico-química dos afluentes e efluente da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Sul concluiu-se que:

O pH dos afluentes e do efluente final da ETE – Sul, monitoradas nesse estudo, apresentaram valores dentro dos padrões recomendados pela resolução CONAMA N° 357 (5 a 9).

O Sólido Total Sedimentável do efluente final, mostrou-se dentro dos padrões recomendados pela resolução CONAMA N° 357 ($< 1 \text{ ml L}^{-1}$).

O Fósforo total na saída final da lagoa facultativa teve seu desempenho atendendo aos padrões legais recomendados ($< 10 \text{ mg L}^{-1}$).

Para os indicadores de redução da carga orgânica monitorados neste estudo (DBO5, DQO e OD), assim como o nitrogênio amoniacal, ambos apresentaram comportamentos pontuais, em desacordo com os padrões legais vigentes, para lançamento de esgoto sanitário em corpos receptores, segundo normativas do CONAMA N°. 357/2005.

Nesse contexto, este estudo realizado no período que pode abranger todas as estações climáticas, pode servir de base, para estudos mais aprofundados em relação a dinâmica do comportamento dos nutrientes no sistema de tratamento de esgoto sanitário, através da utilização de lagoas seriadas. Para tal sugere-se um monitoramento *in locu* das variáveis de campo, tais como temperatura ambiente da amostra, vazão e clima, obtidas durante procedimento de coletas, seguindo normatização específica para tal procedimento.

Referências

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 th ed. Washington, APHA, 2005.
- Saneamento de Goiás, S.A. - SANEAGO, 2000.
- Thomann, R. V.; Mueller, J. A.; Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. Harper Collins Publishers Inc. New York. 644 p. ISBN 0-06-046677-4, 1987.
- Von Sperling, M. Lagoas de Estabilização. Principios do tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.3. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental de Minas Gerais, 1996.