

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE LAGOA SITUADA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Sibele Augusta Ferreira Leite

Universidade Federal de Viçosa- *Campus* Florestal, Mestre em Engenharia Química Professora e Coordenadora do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Federal de Viçosa- *Campus* Florestal.

Thaís Vasconcelos Silva, Brenda Bianca Marques Teixeira, Emanuela de Figueiredo Duarte, Brenno Santos Leite.

Email do Autor Principal: sibeleaugusta@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo sobre as características de uma lagoa localizada em *campus* universitário realizado a partir do monitoramento de parâmetros físico-químicos da água. Este estudo teve por objetivo analisar a influência das atividades realizadas no entorno da referida lagoa sobre a qualidade da água, bem como observar o comportamento dos parâmetros ao longo do tempo de estudo. Os parâmetros avaliativos escolhidos foram: oxigênio dissolvido (OD), pH, turbidez (uT), condutividade elétrica (CE) e temperatura (T). Os parâmetros foram medidos semanalmente, em dias e horários aleatórios, em três pontos: a montante (1), no centro (2) e no final da lagoa (3). Foram realizadas duas etapas de monitoramento: período chuvoso (PC) e de transição para período seco (PS). Todas as medidas foram efetuadas in loco, em triplicata. Os dados foram analisados a fim de se estabelecer uma comparação entre os pontos de amostragem e entre os períodos seco e chuvoso. A partir dos dados medidos obteve-se média, desvio padrão, media e percentual de infração. A interpretação dos dados foi feita com o auxílio de séries temporais e diagramas de caixa (Boxplot) e, sempre que pertinente, os dados foram comparados com padrões especificados na resolução CONAMA 357/05. Para auxiliar o trabalho de interpretação dos resultados, foram coletadas informações adicionais a partir da percepção do analisador (odor, nível da água, chuva, umidade do ar e presença de objetos flutuantes na água). Em linhas gerais, a análise dos dados permite observar uma semelhança maior entre os parâmetros dos pontos 2 e 3 (meio e final da lagoa), quando comparados ao ponto 1, que corresponde córrego que abastece a lagoa. A análise dos parâmetros físico-químicos indicou, em geral, bons resultados para a qualidade da água da lagoa em questão. Por se tratar de um tema de grande importância e por ter caráter não conclusivo, os aspectos considerados podem ser objeto de novos estudos.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento, parâmetros físico-químicos, análise, séries temporais, Boxplot

INTRODUÇÃO

A qualidade da água, de uma determinada bacia hidrográfica, pode ser entendida como suas características físicas, químicas e biológicas, que dependem das condições naturais do meio e das intervenções humanas nesta bacia. Para avaliar modificações na qualidade da água é necessário estabelecer parâmetros de monitoramento, que possuem capacidade de indicar alterações do sistema em estudo (VON SPERLING, 2003).

Dentre os parâmetros físico-químicos existentes para este monitoramento, destacam-se as medidas de oxigênio dissolvido (OD), do potencial hidrogeniônico (pH) e da turbidez (uT), ambos com padrões estipulados pela legislação brasileira, na resolução CONAMA 357 de 2005. O OD, embora em pequenas concentrações, cerca de 9 mg/L em águas naturais, a 25°C, é essencial à vida aquática (BIRD, 2002). O pH indica características químicas de acidez e basicidade do meio aquático, podendo ser influenciado pela presença de gases e sólidos dissolvidos na água. Finalmente, a turbidez é uma característica influenciada pela concentração de sólidos em suspensão presentes na água (LIBANIO, 2010).

A condutividade elétrica (CE) e a temperatura (T) também são parâmetros importantes para a caracterização de um corpo d'água apesar de não serem controladas pela legislação. A condução de corrente é proporcional à concentração total de íons, não sendo um indicador específico da espécie química presente. Apesar deste inconveniente, o monitoramento contínuo da condutividade pode indicar eventuais anomalias em corpos hídricos, tais como lançamentos de efluentes clandestinos. A temperatura é um parâmetro muito influenciado pela insolação e eventualmente pelo lançamento de efluentes industriais, como águas de refrigeração (LIBANIO, 2010).

Visando conhecer as características físico-química de uma lagoa presente no setor de alimentação da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Florestal, e da água afluente à mesma, um estudo de monitoramento dos parâmetros

oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade elétrica e temperatura foi realizado nos períodos entre os meses de outubro de 2010 a janeiro de 2011(período chuvoso) e nos meses de março e abril (transição para períodos secos). O objetivo foi avaliar de forma qualitativa se as atividades locais podem estar contribuindo para desvios da qualidade da água em estudo e conhecer o perfil do comportamento destes parâmetros ao longo dos meses, de acordo com o ponto de amostragem.

METODOLOGIA

Medição dos Parâmetros

As análises foram realizadas em três pontos específicos: a montante (1), no centro (2) e no final da lagoa (3), conforme Figura 1. A frequência foi semanal, em dias e horários aleatórios, entre os meses de outubro de 2010 a janeiro de 2011 (período chuvoso) e nos meses de março e abril de 2010 (transição para períodos secos), correspondendo respectivamente a primeira e segunda etapa de monitoramento. As medidas foram realizadas em triplicata. Todos os parâmetros físico-químicos foram medidos in loco, com um analisador portátil de qualidade de água (Horiba U-52).

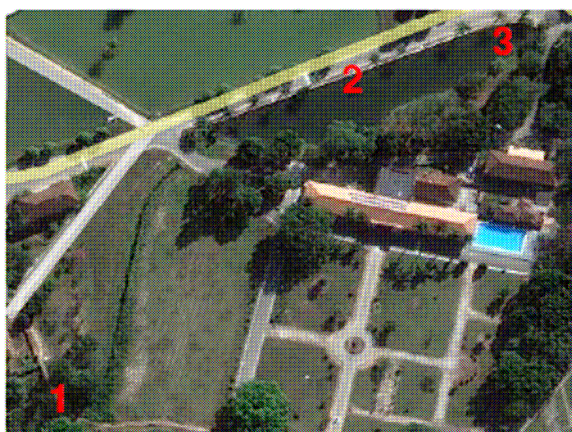


Figura 1. Pontos 1, 2 e 3 de monitoramento da lagoa

Tratamento dos dados

Para comparação entre os pontos de amostragem e entre os períodos seco e chuvoso os resultados foram analisados mediante estatística para descrição, exploração e comparação dos dados e sempre que pertinente, foram comparados com os padrões especificados pela resolução do CONAMA 357/05, para água doce Classe II (BRASIL, 2005). Para tanto, foram construídas tabelas reportando média, desvio padrão, mediana e percentual de infração. Os outliers identificados foram desconsiderados para cálculo da média, desvio padrão e mediana, quando pertinente. Séries temporais e diagramas de caixa (Boxplot) foram utilizados para auxiliar na interpretação dos dados.

Paralelamente às análises químicas, foram coletadas informações complementares referentes às características locais e temporais observadas. Esta coleta consistiu de avaliações qualitativas que contemplavam a percepção do analisador quanto aos parâmetros odor, nível da água, chuva, umidade do ar e presença de objetos flutuantes na água. As informações obtidas foram importantes para ajudar a interpretar os resultados das análises físico-químicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores para cada parâmetro indicam uma variação de resultados que interpretados em conjunto podem determinar um diagnóstico mais claro da situação do corpo d'água. Mediante essas informações é possível identificar os fatores que podem estar influenciando a qualidade da água deste corpo.

Conforme Tabelas 1, 2 e 3, a resolução CONAMA 357/05 apresenta valores de referência dos principais parâmetros para indicação da qualidade da água. Observa-se que os valores médios, em maioria, estavam dentro do exigido pela resolução CONAMA. Ressalta-se que, os valores da média e da mediana apresentam-se muito próximo (com exceção da turbidez) o que torna a média um valor representativo para os grupos analisados. Analisando a turbidez separadamente, ao utilizar a média como padrão de comparação, pode-se afirmar que valores muito discrepantes (altos) podem ter mascarado a situação real do corpo d'água. Neste caso, especificamente, os resultados das médias muito superiores aos resultados da mediana, bem como o alto desvio padrão, indicam que este parâmetro sofre grandes variações diante do valor central, neste caso, valores maiores que a média.

O percentual de infração indica a quantidade de dados obtidos que ultrapassaram o imposto pela legislação. No Ponto 1, as Infrações foram detectadas apenas no parâmetro pH, podendo ser destacado o alto valor de infração (81%) no período seco. No Ponto 2, os parâmetros pH e oxigênio dissolvido também apresentaram infrações em ambos períodos analisados. E, finalmente no Ponto 3, as infrações foram detectadas para pH, no período seco, e para turbidez, no período chuvoso.

Tabela 1. Resultado do monitoramento da lagoa, nos pontos de amostragem 1, nas campanhas em períodos chuvosos (PC) e secos (PS) e comparação com os padrões normativos.

Ponto 1	T (°C)		pH		OD (mg/L)		CE (mS/cm)		uT	
	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS
Média	25,5	25,1	6,3	5,5	7,2	8,6	0,11	0,08	41,2	31,1
DP	1,4	1,3	0,2	0,6	0,9	1,0	0,04	0,06	39,8	18,6
Mediana	25,32	24,53	6,31	5,65	7,31	8,2	0,127	0,076	25,8	24,8
% de Infração	0	0	7,14	81	0	0	0	0	0	0
CONAMA 357/05	-		6,0-9,0		>5,0		-		<100	

Tabela 2. Resultado do monitoramento da lagoa, nos pontos de amostragem 2, nas campanhas em períodos chuvosos (PC) e secos (PS) e comparação com os padrões normativos.

Ponto 2	T (°C)		pH		OD (mg/L)		CE (mS/cm)		uT	
	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS
Média	28,3	28,9	6,9	6,1	9,0	8,0	0,10	0,09	39,6	7,8
DP	1,2	2,0	0,8	0,4	1,5	0,8	0,02	0,05	19,0	16,0
Mediana	28,37	28,97	6,74	6,0	9,14	7,98	0,089	0,08	35,5	1,0
% de Infração	0	0	10,34	42,9	3,57	9,09	0	0	0	0
CONAMA 357/05	-		6,0-9,0		>5,0		-		<100	

Tabela 3. Resultado do monitoramento da lagoa, nos pontos de amostragem 3, nas campanhas em períodos chuvosos (PC) e secos (PS) e comparação com os padrões normativos.

Ponto 3	T (°C)		pH		OD (mg/L)		CE (mS/cm)		uT	
	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS
Média	28,4	27,7	7,4	5,7	9,4	8,5	0,09	0,08	50,9	17,3
DP	1,7	1,5	0,8	0,6	1,5	1,0	0,02	0,06	31,1	22,56
Mediana	28,01	28,60	7,1	5,73	9,15	8,32	0,088	0,08	49,3	9,90
% de Infração	0	0	0	61,9	0	0	0	0	10,34	0
CONAMA 357/05	-		6,0-9,0		>5,0		-		<100	

Os resultados apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 serão melhor interpretados a partir da análise dos gráficos de série temporal (Figuras 1 a 5) e *Boxplot* (Figuras 6 a 8) que serão discutidos seguir. Ressalta-se que os gráficos de série temporal foram elaborados a partir dos valores médios das triplicatas.

Mediante a análise das Figuras 1 a 5, observa-se que o comportamento dos parâmetros ao longo do tempo foram muito semelhantes para os Pontos 2 e 3, que correspondem a pontos de amostragem no meio e no final da lagoa. Por outro lado, no Ponto 1, que corresponde à montante da lagoa, o perfil do monitoramento é um pouco diferenciado, especialmente para os parâmetros pH, OD e turbidez.

A temperatura, conforme dados apresentados na Figura 1, apresenta grandes variações, com uma leve tendência à diminuição no período seco (transição de verão para o outono). Em ambas as estações analisadas, observou-se que, no Ponto 1, as temperaturas tendem a ser menores provavelmente pelo fato da água estar corrente e da presença da mata ciliar. Por outro lado, os Pontos 2 e 3 na sofrem diariamente a insolação, que com a ausência de mata ciliar ao longo da mesma é responsável por uma elevação de temperatura. Como consequência, nesta região pode-se ter o aumento de substâncias (íons) dissolvidas, o aumento de reações, inclusive de metabolismos de microorganismos e a diminuição de oxigênio dissolvido.

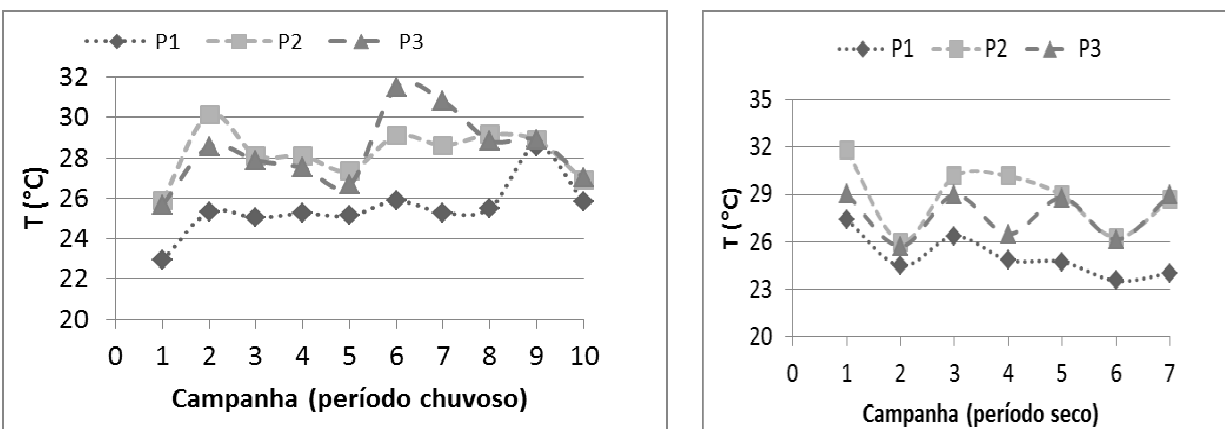


Figura 1: Série temporal para o parâmetro temperatura nas 10 campanhas realizadas no período chuvoso (meses de outubro de 2010 a janeiro de 2011) e nas 7 campanhas realizadas no período seco (nos meses de março e abril).

Como apresentado na figura 2, o pH médio variou no PC de 6,1 a 8,7 durante o período chuvoso, o que está em conformidade com a resolução CONAMA que estabelece valores entre 6-9. Ainda neste período, observa-se que o Ponto 1 apresenta menores valores, isso em decorrência da característica local (água corrente) que facilita a homogeneidade e o transporte do efluente para os Pontos 2 e 3. No PS, em conformidade com as Tabela 1, 2 e 3, houve altos índices de infração ao padrão legislativo, limite inferior (pH<6). Provavelmente, com escassez de chuvas no período, não houve a diluição de possíveis poluentes que são descartados neste corpo d'água, o que impactou nos valores de pH. Esta escassez de chuvas pode ter levado também à maior constância dos valores de pH, conforme observados na Figura 2. Ressalta-se que, para o PS, o primeiro monitoramento aconteceu em um dia chuvoso, o qual pode ter ocasionado a queda do pH pela influência da lixiviação causada pela chuva.

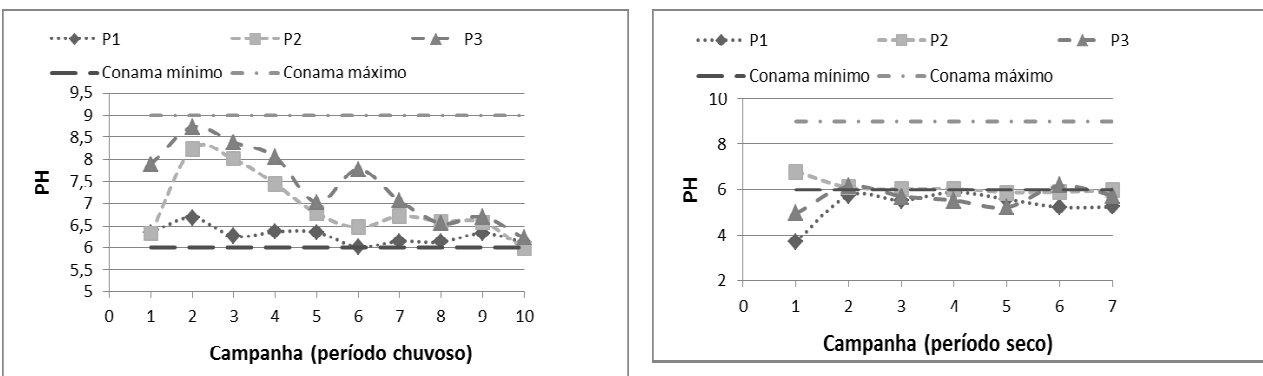


Figura 2: Série temporal para o parâmetro pH nas 10 campanhas realizadas no período chuvoso (meses de outubro de 2010 a janeiro de 2011) e nas 7 campanhas realizadas no período seco (nos meses de março e abril).

De acordo com a Figura 3, os valores médios de oxigênio dissolvido obtidos em ambos os períodos estão conforme o limite da resolução CONAMA 357/05. Observa-se uma maior variação dos valores no período de chuvas comparado ao

período de seca. Entretanto, como acontece nos parâmetros temperatura e pH, os valores de OD obtidos nos Pontos 2 e 3 apresentam perfil muito semelhante. Considerando 9 mg/L o valor máximo esperado para a concentração de OD (limite de saturação), observa-se que no PC este valor é ultrapassado em vários momentos. Este fato indica que existe na lagoa uma intensa atividade fotossintética, que pode levar à eutrofização do corpo d'água. Devido às atividades biológicas existentes no meio aquático, o ciclo diurno destes parâmetros pode ser elucidado utilizando medições contínuas ao longo do dia, em detrimento de medições pontuais, possibilitando melhores informações sobre o perfil da água (ANSA-ASARE et al., 2000). Também, devem ser acompanhados parâmetros como o pH, o qual tende a diminuir devido a presença de CO₂ dissolvido e a condutividade que tende a aumentar devido ao aumento das condições de solubilização (pH mais ácido).

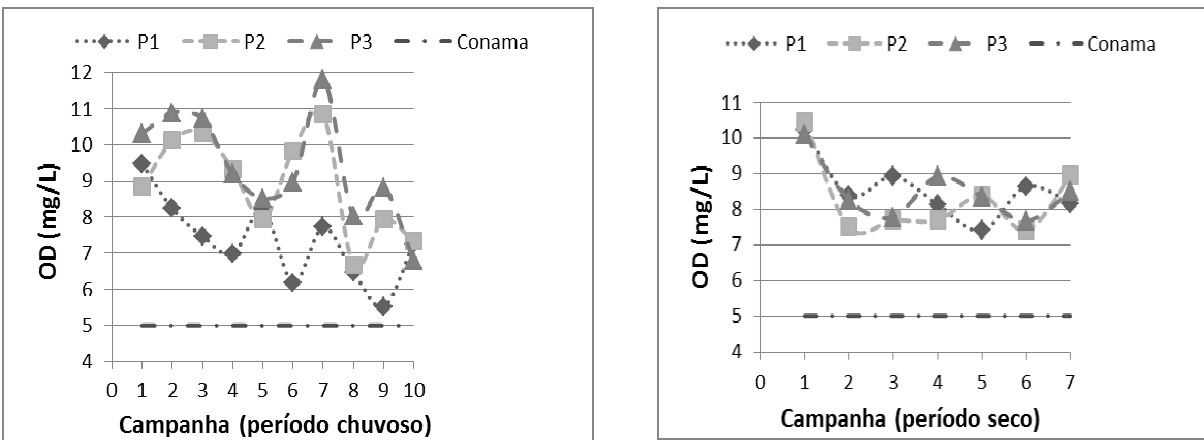


Figura 3: Série temporal para o parâmetro oxigênio dissolvido nas 10 campanhas realizadas no período chuvoso (meses de outubro de 2010 a janeiro de 2011) e nas 7 campanhas realizadas no período seco (nos meses de março e abril).

A condutividade elétrica, analisada na Figura 4, é um parâmetro não controlado pela resolução CONAMA, visto que, ele pode ser muito influenciado pela a qualidade “natural” dos corpos d'água, resultante de aspectos locais, que por sua vez influenciam na presença de íons condutores de correntes. Apesar de ser um parâmetro dependente da característica local, pode-se considerar que águas naturais não poluídas possuem condutividade elétrica inferior a 0,1 mS/cm ou 100 µS/cm (LIBANIO, 2010). Os resultados obtidos nos períodos secos e chuvosos apresentam, em geral, valores inferiores a 0,1 mS/cm. A condutividade não é superior a 0,25 mS/cm, indicando que o corpo d'água não está sujeito a grandes fontes de poluição. Também, pode-se observar que os valores mais elevados acontecem no período chuvoso, provavelmente devido ao maior carreamento de substâncias dissolvidas na água.

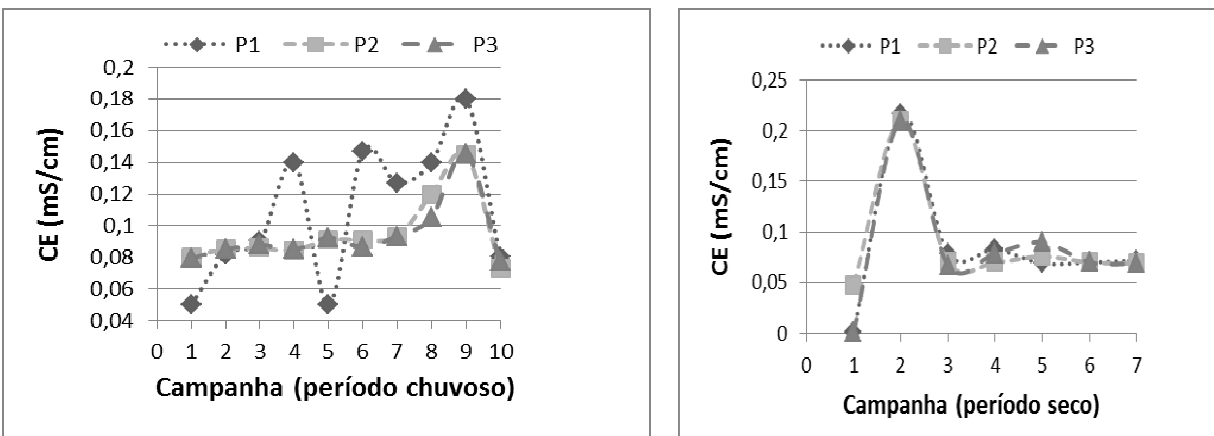


Figura 4: Série temporal para o parâmetro condutividade elétrica nas 10 campanhas realizadas no período chuvoso (meses de outubro de 2010 a janeiro de 2011) e nas 7 campanhas realizadas no período seco (nos meses de março e abril).

Na figura 5 pode-se ver que a turbidez apresentou um perfil de variação ao longo do tempo muito semelhante para os três pontos analisados. Em relação ao padrão legislativo, os valores médios estavam dentro do limite, exceto no PC, o qual na segunda campanha possui resultados que ultrapassaram o limite exigido pelo CONAMA. A variação do valor da turbidez está muito relacionada com a presença de chuva: em altos índices pluviométricos acontece o carreamento de partículas que contribuem para o aumento de sólidos suspensos, aumentando os valores da turbidez (LIBÂNIO, 2010). Esta afirmação é corroborada pelos resultados apresentados nas Tabelas 1 a 3, nas quais a turbidez é sempre maior no período chuvoso em ambos os pontos e no Ponto 3, existe uma violação ao padrão legislativo, correspondente a 10% dos dados obtidos.

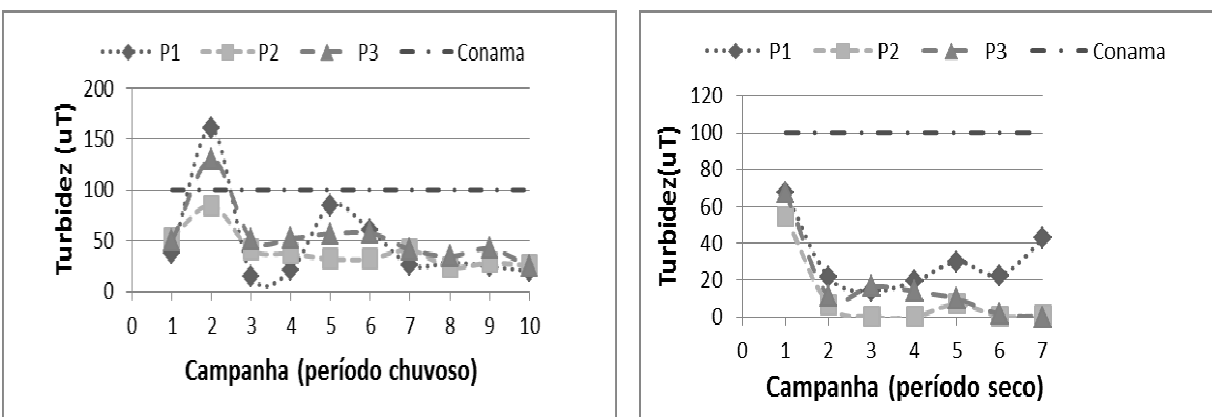


Figura 5: Série temporal para o parâmetro turbidez nas 10 campanhas realizadas no período chuvoso (meses de outubro de 2010 a janeiro de 2011) e nas 7 campanhas realizadas no período seco (nos meses de março e abril).

Para a análise de dados a partir do *Boxplot* foram escolhidos os parâmetros OD, pH e turbidez em função da importância dos mesmos frente ao padrão legislativo. Conforme Figuras 6 e 8, para os valores de OD e turbidez, respectivamente, observa-se no período chuvoso uma grande amplitude entre as valores máximos e mínimos medidos. Como já mencionado, as chuvas podem agir como diluentes de poluentes ou até mesmo carrear poluentes para a água, o que torna difícil obter um perfil constante nos corpos d'água devido a este fator. Vale ressaltar que os valores de turbidez tendem a apresentar valores máximos muito elevados em períodos chuvosos.

Por outro lado, em períodos secos, observa-se que nos Pontos 2 e 3 a turbidez tem uma grande queda, visto que a lagoa age como um local propício a sedimentação dos sólidos suspensos. O OD também apresenta valores mais baixos nestes pontos, que pode estar relacionado à diminuição da vazão, o que dificulta a renovação da água, tornando mais elevada a concentração de poluentes e podendo influenciar nos processos biológicos que ocorrem na lagoa. A partir da Figura 7, observa-se que o pH tende a ser mais ácido no período de seca comparado ao período chuvoso.

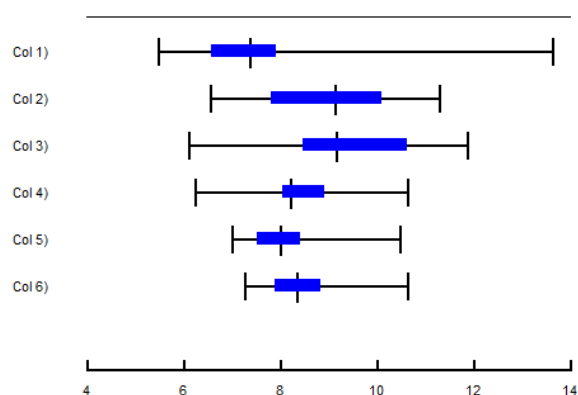


Figura 6: Boxplot referente ao monitoramento do parâmetro Oxigênio Dissolvido (mg/L), nos três pontos de coleta, nos períodos chuvoso e seco - col 1) ponto 1 chuvoso; col 2) ponto 2 chuvoso; col 3) ponto 3 chuvoso; col 4) ponto 1 seco; col 5) ponto 2 seco; col 6) ponto 3 seco.

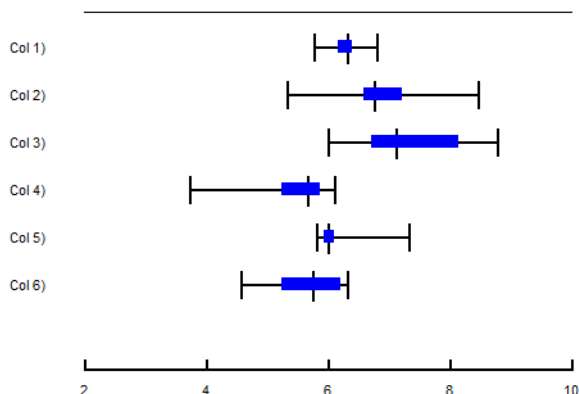


Figura 7: Boxplot referente ao monitoramento do parâmetro pH, nos três pontos de coleta, nos períodos chuvoso e seco - col 1) ponto 1 chuvoso; col 2) ponto 2 chuvoso; col 3) ponto 3 chuvoso; col 4) ponto 1 seco; col 5) ponto 2 seco; col 6) ponto 3 seco.

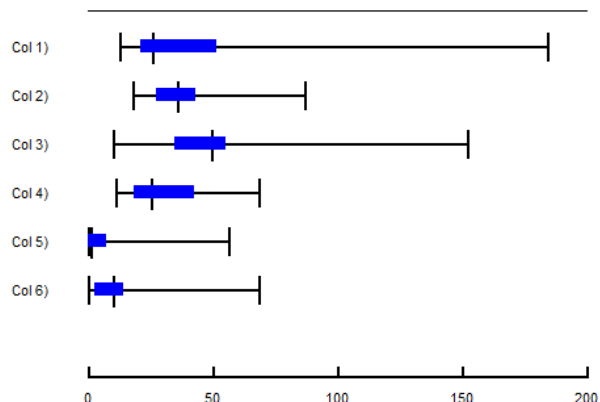


Figura 8: Boxplot referente ao monitoramento do parâmetro turbidez (uT) nos três pontos de coleta, nos períodos chuvoso e seco - col 1) ponto 1 chuvoso; col 2) ponto 2 chuvoso; col 3) ponto 3 chuvoso; col 4) ponto 1 seco; col 5) ponto 2 seco; col 6) ponto 3 seco.

CONCLUSÃO

O trabalho realizado apresentou uma visão geral dos padrões de qualidade da lagoa em estudo e não pode ser considerado conclusivo. Porém alguns indicativos merecem destaque e podem ser objeto de novos estudos:

- A qualidade da água que chega à lagoa pode ser considerada boa. Atenção especial deve ser dada ao pH, que apresentou um índice de 81% de infração no período seco e pode ser consequência do descarte de efluentes poluídos. Em decorrência deste pH de entrada, observa-se ainda um alto índice de violação nos Pontos 2 e 3 (menor, porém considerável).
- Os altos índices de turbidez, inclusive as violações aos padrões da CONAMA 357/05 acontecem no período chuvoso.
- A temperatura nos Pontos 2 e 3 são mais elevadas, visto que a lagoa possui um grande espelho d'água exposto à insolação e ausência de mata ciliar.
- A condutividade elétrica apresenta valores adequados para corpos d'água naturais e não poluídos.
- Além da função paisagística, a lagoa parece propiciar a saída de uma água com melhor qualidade, visto que tende a estabilizar os valores de turbidez (mais críticos no período chuvoso) e do pH (mais críticos nos períodos de seca).
- A medição contínua do oxigênio dissolvido poderá ser útil para investigar as atividades biológicas no meio aquático e compreender melhor o perfil de concentração que foi apresentado neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MACÊDO, J. A. B. Métodos Laboratoriais de Análises Físico-químicas e Microbiológicas. 2. ed. Belo Horizonte. 2003.
2. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 357, 17 de março de 2005. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nos corpos receptores e dá outras providências.
3. LIBÂNIO, M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água, 2010, 3 ed. Campinas SP, P.30,42, 2010.
4. ANSA-ASARE, O.D., MARR, I.L., CRESSER, M.S. Evaluation of modeled and measured patterns of dissolved oxygen in a freshwater lake as an indicator of the presence of biodegradable organic pollution. **Wat. Res.**, v. 34, n 4, p. 1079-1088, 2000.
5. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. UFMG, 2003.